

Начальные соображения

1.1. ПОЗИЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

Правление нефтяной компании должно быть знакомо с принципами получения, обработки, и интерпретации данных 3D сейсморазведки. Если правление компании имело представление о

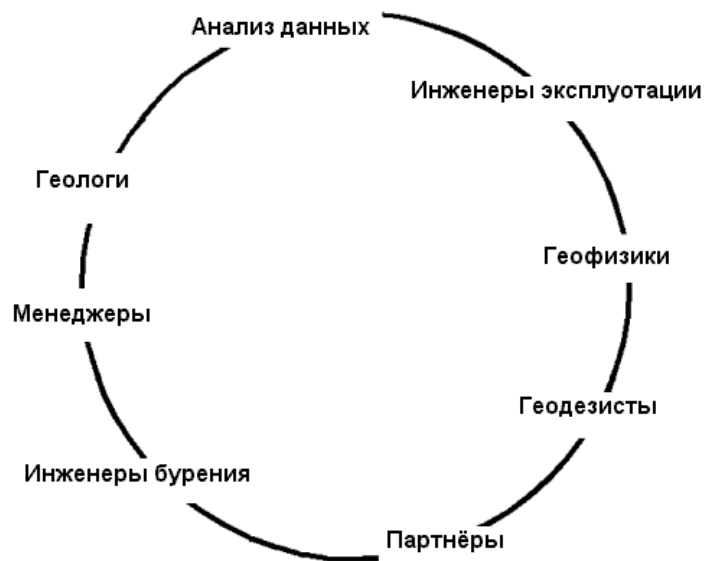


Рисунок 1.1. Геофизик как часть производственной группы

работах 3-D до этого, то оно должно осознавать что, технический штат (обычно геофизики) должен быть достаточно компетентны для проведения такого рода работ. Могут возникнуть предвзятые предположения относительно конечных результатов на различных стадиях исследований. Важно отметить, что успехи или неудачи в прошлых работах 3-D, не обязательно будут повторяться в будущих исследованиях. Изменение методов наблюдения и обработки результатов может делать существенные улучшения. Наоборот, результаты могут не оправдать ожидания, если неправильная методика была выбрана.

Геофизики могут обслуживать одного или несколько клиентов. Как только данные 3-D получены и проинтерпретированы, они становятся точкой соприкосновения

большого числа исследователей различных направлений (Рисунок 1.1). Данные также станут рыночным товаром.

Все заинтересованные лица должны быть проинформированы на ранних стадиях относительно запланированных действий, чтобы они смогли подготовить требуемые финансовые и человеческие ресурсы. Они могут захотеть оказать влияние на выбор области для 3-D работ, или на планирование методики, или на что-нибудь ещё. Получить их одобрение намного легче, если они вовлечены в планирование с самого начала. Этот подход дает заинтересованным лицам чувство собственности. Иногда компания, которая производит исследование района, вносит не самый большой вклад в 3-D съёмку. Возможно, например, что другая фирма может производить на площади обширные сейсмические работы.

Информационный обмен - очень важный аспект выполнения качественной 3-D съёмки.

1.2. ЦЕЛИ

Компания должна сразу чётко установить, почему выбрана именно методика 3-D (некоторые возможные причины проиллюстрированы на рисунке 1.2). Эти цели должны учитываться на всех стадиях планирования. Любые данные сейсмических исследований должны быть запланированы, зарегистрированы, обработаны, и проинтерпретированы вовремя, чтобы дать достаточное количество информации заказчику, чтобы он мог оценить все результаты наряду с другой информацией и ограничениями, которые могут у него быть.

Большая часть причин для проведения сейсмических исследований по методике 3-D отражена на Рисунке 1.2., и не нуждается в объяснениях. Например, мониторинг резервуаров может быть необходим для улучшения методов работы на больших площадях. Различия в данных 3-D съёмки по одной и той же площади с периодом в несколько лет могут показать

процесс осушения и обводнения пород. Такие "4-D" исследования становятся все более распространенными.

Исследование



Эксплуатация

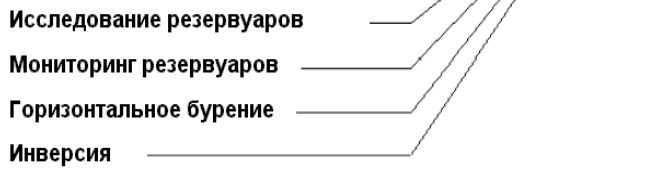


Рисунок 1.2. Различные причины проведения 3-D съёмки

1.3. ТЕНДЕНЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И большие и маленькие компании теперь используют высокотехнологичные приборы, чтобы получить качественные данные. Эта практика повсеместно используется в энергетическом секторе, особенно при работах 3-D. Рейтинги нефтяных компаний увеличиваются за счёт использования 3-D данных. Мировую известность получила одна большая компания за счёт увеличения рейтинга успеха с 13 % в 1991, используя 2-D данные, до 44 % в 1996, интенсивно используя 3-D технологию (Aylor, 1997). В то время как рейтинг успеха при использовании только 2-D данных остаётся постоянным, технология 3-D демонстрирует невероятное развитие.

Маленькие компании могут проводить небольшие 3-D работы, чтобы помочь детализировать

относительно маленькие площади окружающие существующие разработки. Большие

нефтяные компании могут получать 3-D данные по большим областям в 10 или даже 100 км². Часто эти данные используются только в исследовательских целях. Одна важная новая тенденция состоит в том, что заказчики теперь запрашивают огромные 3-D работы не только на расстоянии от берега, где это делалось до некоторого времени, но также и на шельфе.

Некоторые расчёты для Северной Америки показывают, что к 2007 году, по существу все области в США и Канаде, которые являются пригодными для применения сейсмических технологий 3-D, будут исследованы (Рисунок 1.3). Начиная с этого момента, предполагается, что будет существовать много областей, которые будут охвачены более раза 3-D съёмками, без намерения выполнять 4-D исследования. В связи с быстрым падением цены и увеличением канальности сейсмического оборудования, 3-D съёмка становится более привлекательной по сравнению с 2-D.

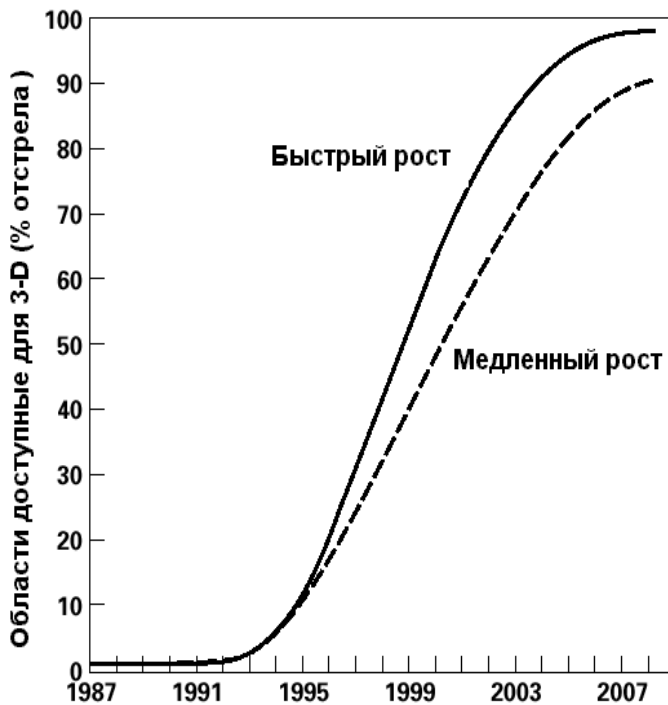


Рисунок 1.3. Использование сейсмических технологий 3-D на доступных для этого площадях в Северной Америке (Koen, 1995 after A. Cranberg, Aspect Management Corp.).

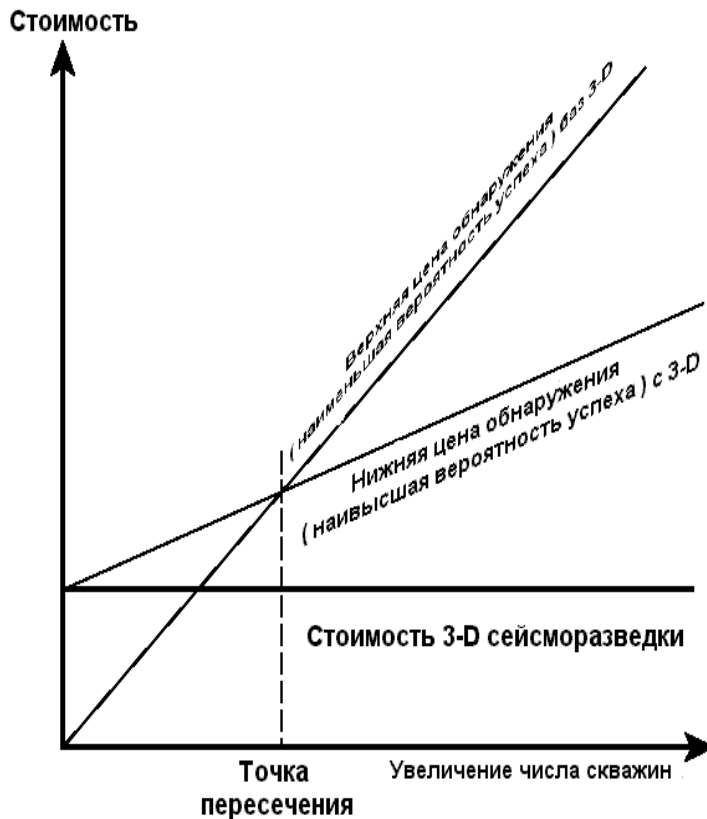
Основные нефтяные гиганты имеют необходимые ресурсы и возможности планировать, получать, обрабатывать, и интерпретировать 3-D данные, в то время как средние и маленькие компании полагаются на знание и опыт своих консультантов. Постоянно работая в области 3-D, легче получить необходимый опыт при планировании и производстве такого рода работ.

1.4. ФИНАНСОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Стоимость играет важную роль в принятии решения относительно проведения 3-D работ. Группа исследователей должна доказать правлению, что плотная сетка геофизической данных, привязанных к геологической информации от существующих скважин обеспечивает существенные экономические выгоды, сокращая число пустых скважин и затраты. В прошлом была необходима, по крайней мере, одна давшая нефть скважина на перспективной области, чтобы убедить правление потратить дополнительные ресурсы на 3-D сейсморазведку. Недавно имела тенденция к использованию 3-D технологий даже на разведочных областях. Стоимость проведения нескольких 2-D программ, возможно растянутая на много лет, будет также высока, как и 3-D. Кроме того, проблемы интерпретации и соединения 2-D данных полученных в различные годы ведут к неизбежным и возможно непреодолимым трудностям. Поэтому, получение 3-D сейсмических данных обеспечивает большую рентабельность и в перспективе обеспечивает увеличение конфиденциальности сейсмической интерпретации и новой технической информации.

Бюджетные ограничения должны быть ясно очерчены на ранних стадиях планирования, иначе могут возникнуть нереалистичные проекты. Если бюджетные показатели слишком низки, 3-D работы не встретят понимания правления и могут быть отменены. С другой стороны, если денег слишком много, проектировщики 3-D съёмки могут увеличить область исследования или применить дополнительные технические средства. Важно отметить что тот, кто, в конечном счете, управляет расходами, одобряет любые непредвиденные изменения, особенно стоимость переделки, должен учесть - насколько трудно получить своевременное одобрение, для соблюдения графика работ, если группа планирования собирается только по специально определённым датам или вообще нерегулярно.

Правление должно уметь оценивать экономические затраты на пересмотр любого вопроса в проекте. Перспективы и возможные риски должны гарантировать окупаемость сейсмических работ 3-D. Обычно, основываясь на данных 1 скважины, трудно сделать прогноз 3-D съёмки. Однако если пропуск месторождения нежелателен, то хорошо спланированные сейсмические



работы 3-D могут помочь. Разработка рискованных скважин - как раз та самая ситуация. Работы 3-D могут сделать рискованное предприятие менее рискованным и привести к существенным успехам в бурении. Стоимость упущенных возможностей очень высока.

Проект, в котором присутствуют многочисленные исследованные месторождения, или даже дешевое бурение относительно мелких скважин, экономически оправдан с точки зрения 3-D исследований. Если ожидается много высокодебитных скважин и богатых месторождений, то с экономической точки зрения необходимо проводить 3-D исследования. Точно так же для планирования горизонтального бурения могут потребоваться хорошо проверенные сейсмические данные. Например, если целевой горизонт относительно тонок, буровики могут нуждаться в высокоточных объёмных данных, чтобы попасть точно в резервуар.

Рисунок 1.4. Экономический проект на скважинные и 3-D работы

Даже маленькое увеличение вероятности успеха бурения при 3-D наблюдении (например, 1:5) относительно не 3-D наблюдения (например, 1:6) может оправдать стоимость таких работ (Рисунок 1.4). Пусть пробурено 6 пустых скважин стоимостью \$ 500,000 за каждую, с использованием 3-D технологий будет пробурено только 5 подобных скважин за ту же цену.

$$6 * \$500,000 = \$ 3,000,000 \text{ без 3-D}$$

$$5 * \$500,000 = \$ 2,500,000 \text{ с 3-D}$$

разница = \$ 500,000.

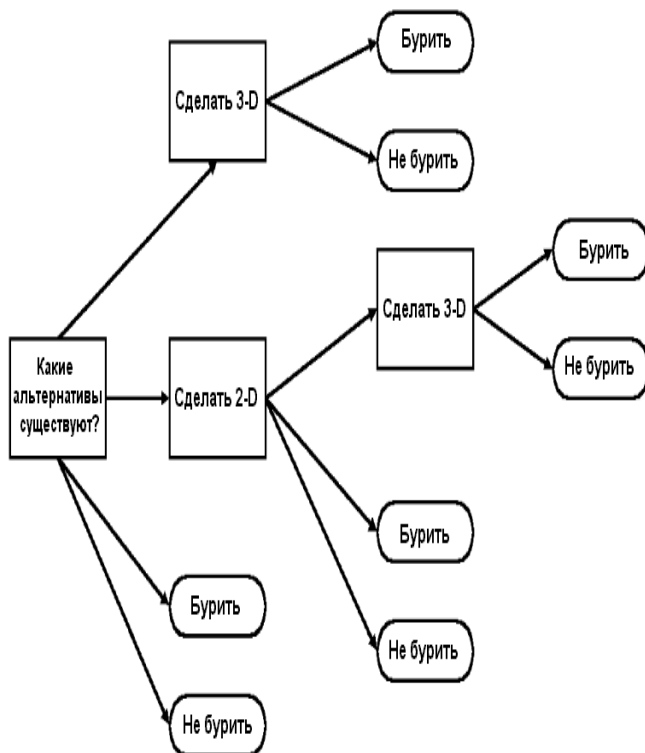


Рисунок 1.5. Схема помогающая принять исследовательские решения

Этот показывает, что можно было бы вложить \$ 500,000 в проведение 3-D работ. В текущих экономических условиях этого хватило бы на 10 квадратных миль или даже большее количество сейсмических исследований 3-D. Более полный анализ ценности 3-D данных, который может помочь исследователю в принятии решения, приведён на Рисунке 1.5. Имеются многочисленные способы решения вопроса проводить ли бурение и/или получить дополнительные 2-D или 3-D сейсмические данные. На Рисунке 1.6. приведены сведения, помогающие оценить результаты, которые могут быть достигнуты при использовании 3-D съёмки (см. также таблица 1.1). Используя терминологию Таблицы 1.1, вероятность экономического успеха P_{ES} равна:

$$P_{ES} = P_{SOURCE} * P_{MIGRATION} * P_{RESERVOIR} * P_{TRAP}, \quad (1.1)$$

а ожидаемая денежно-кредитная ценность EMV:

$$EMV = NPV_{SUCCESS} * P_{ES} + NPV_{FAILURE} * P_{EF}. \quad (1.2)$$

Благодаря такому анализу можно достичь максимума экономической прибыли используя 3-D метод. Различие в ожидаемом доходе (EMV) от проекта без 3-D и с использованием 3-D определяет максимальное количество денег, которое может быть потрачено на такие работы. Полная экономическая стоимость и возможное увеличение или уменьшение проектного NPV не приняты во внимание на Рисунке 1.6. Айлор (1995) отмечает, что многие 3-D работы добавляют ценности исследовательским и разрабатываемым проектам потому, что можно пробурить больше скважин.

Таблица 1.1. Таблица прибыльности.

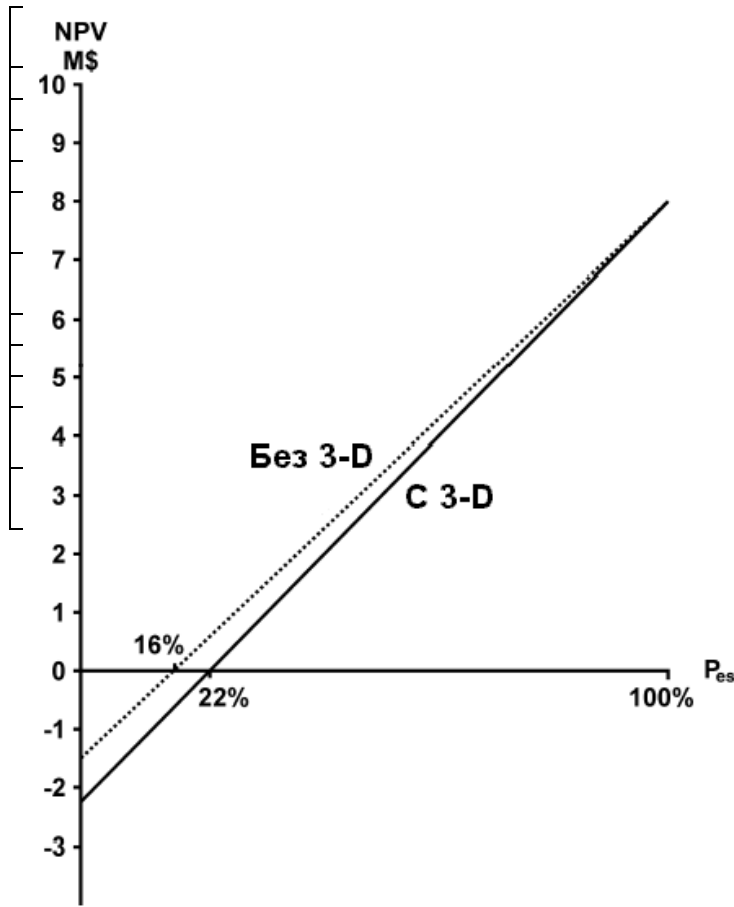


Рисунок 1.6. Вероятности экономического успеха (P_{es}) в зависимости от расходов (NPV)

без 3-D	с 3-D	% изменения
90%	90%	0%
80%	80%	0%
70%	80%	14%
30%	40%	33%
\$8,000,000	\$8,000,000	
\$1,500,000)	(\$1,500,000)	
15%	23%	52%
85%	77%	9%
(\$63,600)	\$688,800	
	(\$752,400)	
16%	22%	39%

Затраты на 3-D наблюдения меняются в зависимости от области проведения работ, готовности оборудования и персонала, и сложности географических условий. Как правило можно ожидать затрат порядка \$10000 - \$50000 на км². Работы с высоким разрешением для бинов меньших размеров и наблюдений с большей кратностью могут стоить дороже. С другой стороны редкая сеть наблюдения (Bouska, 1995) или фокусированное 3-D (Servodio и другие, 1997) может обеспечивать снижение стоимости. Экономический анализ различных параметров съёмки необходим при

оценке того нужно ли высокое отношение сигнал/шум и маленькие размеры бина. Такой анализ возможен при просмотре существующих данных и отдельной интерпретации некоторых из них (Schroeder и Farrington, 1998).

Затраты на обработку обычно изменяют в диапазоне 5-10 % от стоимости съёмки. Детальная интерпретация будет стоить столько же сколько обработка.

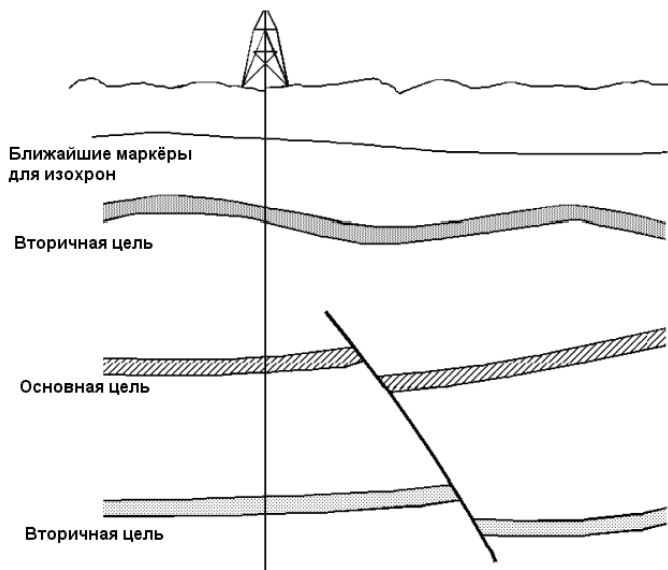


Рисунок 1.7. Основные целевые горизонты по отношению к второстепенным

1.5. ЦЕЛЕВЫЕ ГОРИЗОНТЫ

3-D сейсморазведка должна быть разработана для отдельной зоны исследований (первичная цель). Эта зона будет определять экономику проекта, влияя на параметры сейсмических наблюдений 3-D. Кратность, размер бина, и величина выносов - все связано с главной целью. Расположение основных геологических объектов, типа складок или трещин, может влиять на направление линий приема и возбуждения.

Вторичные зоны или другие региональные цели могут также оказывать существенное воздействие на 3-D. Неглубокая вторичная цель, например, может потребовать очень короткие ближние выносы. Более глубокие региональные цели и миграционные преобразования могут потребовать существенное увеличение дальних выносов, по сравнению с

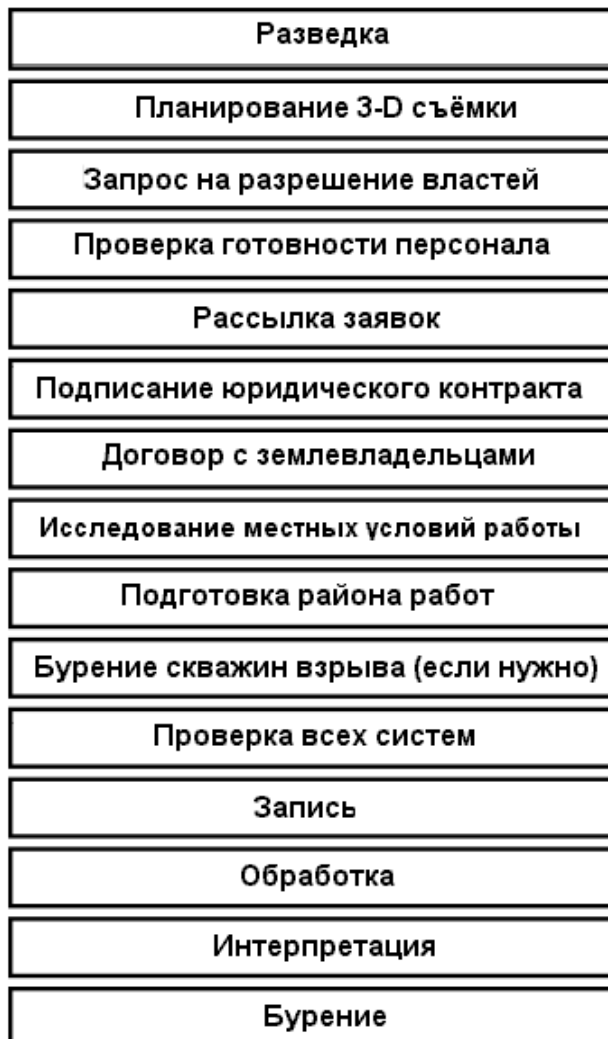
максимальным выносом, используемом на целевом горизонте (Рисунок 1.7).

1.6. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СОБЫТИЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ДАННЫХ

Разработка процесса получения данных поможет избежать неожиданностей и приблизит ожидания к действительности. На сей раз планирование должно также помочь при достижении критических сроков типа продаж земли, истечения аренды, или даты подачи заказа. Техническая команда должна точно следовать проектно-временной линии, так, чтобы вовлечённые партии, не отставали. Реалистическая линия времени должна быть установлена так, чтобы в ней был весь процесс получения данных (Рисунок 1.8). Требуемое время для каждого шага на линии времени значительно меняется от области к области. Маленькие 3-D работы могут быть закончены (от разведки до бурения) за 6 - 8 недель, в то время как большие в трудно доступных областях могут требовать два года или больше. Необходимо углублённое знание отдельных временных затрат.

Предварительные исследование на проектных площадях могут обеспечить существенную информацию для 3-D проектирования, например, существующая изрезанность рельефа может определять интервалы линий и/или их направление, или приповерхностный слой может влиять на глубину скважин взрыва и силу заряда. Все технические параметры должны быть учтены при проектировании съёмки. Проект должен быть обновлен, если больше элементов и параметров на линии времени станут известны. Операторы должны получить все необходимые одобрения и близко контактировать с органами госнадзора, чтобы гарантировать гладкость действий, помня об учёте требований прошлого наблюдения и таких затратах как инструкции лесоводства, различные повреждения, истощение почв, и проблемы эрозии.

Критические вопросы типа " Есть ли где-нибудь поблизости опытная команда для производства 3-D съёмки?" должны быть решены как можно быстрее. Если персонал должен



приехать из другой части страна, или даже из-за рубежа, или другого континента, основные временные задержки могут возникнуть на таможне. Некоторое 3-D сейсмическое оборудование часто трудно перевести через таможню потому, что должностные лица обычно не понимают что это такое и зачем нужно. Умение пользоваться запасными частями необходимо на случай поломок в поле. Например, если поврежденные кабели, сколько запасного оборудования может быть доставлено и сколько времени на это потребуется?

Другой ключевой вопрос, который нужно рассмотреть - какие данные надо получить и какие процедуры с ними сделать на деньги заказчика? Сколько времени даётся на все работы от заказа до фактического представления результатов? Сколько времени нужно подрядчикам, чтобы совместить и проанализировать все данные вместе? Хотят ли заказчики исследовать местные условия, и в какой степени? Нефтяная компания может потребовать отчёт о стоимости работ очень специфическим способом, например, стоимость должна быть

Рисунок 1.8. Временная линия 3-D съёмки

представлена в виде стоимости/км², стоимости / пункт взрыва, стоимость / день, или общая проектная стоимость, названная несколькими разными способами. Список требований должен быть ясно известен каждому вовлечённому в процесс. Если подрядчик должен подписать стандартный контракт перед началом работ, нефтяная компания может захотеть включить этот контракт в стадию заказа. Важно заключить удовлетворительный контракт, который содержит требования нефтяной компании в случае непредвиденной ситуации и также отражает политическую ситуацию.

Многие подрядчики вносят в контракт главы типа: разбивка профилей, бурение скважин взрыва, и бульдозерные работы. Затраты на эти подпункты обычно рассматриваются как дополнительные расходы и поэтому не могут быть включены в полную стоимость. Основное усилие нужно сделать, чтобы оценить степень этих сверхрасходов и подойти к реальной стоимости 3-D съёмки. Эти так называемые сверхрасходы могут удвоить стоимость работ. Непредвиденные расходы из-за плохой погоды могут также быть представлены в общей стоимости.

Принцип сдачи объекта по ключ также помогает установить цену в большинстве случаев. Такая политика даёт заказчику уверенность в том, что партия будет работать быстро. Некоторый элемент контроля должен быть применён, чтобы получить требуемое качество работ. Ежедневные нормы, с другой стороны, не дают партии стимул работать быстро. Однако если у сотрудников экспедиции нет других вакансий, лучший уровень работы может быть достигнут за счёт выполнения ежедневной нормы.

Некоторые компании могут нанимать сотрудников на весь сезон исследований или даже на несколько лет. При таких обстоятельствах, потребность вести переговоры по каждой сейсмической программе исчезает, и планирование наилучшим образом должно быть применено для непрерывного действия. Ценовая гарантия, которая обычно сопровождает такие мероприятия - большое преимущество по сравнению с неуверенностью, которую промышленность испытывает на колеблющихся рынках.

Часто юридический контракт, который предлагает подрядчик не является исчерпывающим. Если любые полевые проблемы, несчастные случаи, или недостатки возникают, неполный контракт может ограничить юридическую защиту для подрядчика и клиента. Желательно иметь юридических представителей, контролирующих контракт, и гарантирующих достаточную защиту для обеих сторон. Если опыта работы с такими контрактами у организации не существует, тогда необходимо получить совет.

Может потребоваться разрешение на въезд от владельцев земли. Такое разрешение, должно быть запрошено так рано насколько возможно потому, что решение такой проблемы, может отразиться на 3-D съёмке. Разрешение должно быть получено задолго до начала процесса представленного на рисунке 1.8. Землевладельцы могут не захотеть пустить членов сейсмической партии на свою территорию во время сезона роста, даже если ущерб урожаю будет возмещён. Небольшое изменение в проекте расположения приемников и источников может иметь огромное значение для некоторых землевладельцев. Например, переместив часть линии к соседней неплодородной земле, избежав ущерба урожаю, все равно придётся оплатить другому землевладельцу разрешение на проведение работ. Это выгодный сценарий для всех заинтересованных лиц. Хорошая связь с землевладельцами должна пройти длинный путь для легкого доступа к их землям, а сведение ущерба к минимуму поможет следующей сейсмической партии, работающей в том же районе. Часто разрешение на км² дешевле, чем разрешение на км линии профиля. Разрешение на площадь также даёт большее количество свободы выбора пространства в поле.

Если землевладелец контролирует большой процент территории 3-D работ и отрицательно настроен по отношению к сейсморазведке, вся программа может оказаться в опасности. Большие промежутки, не охваченные 3-D съёмкой - нежелательны, и такая оппозиция может нанести вред запланированным работам и возможно придётся отменить часть исследований.

По крайней мере, в одном американском штате (например, Штат Техас), незаконно делать записи геофизических измерений любого вида без разрешения на это владельца (геофизическое вторжение). Имеется значительная проблема относительно того, как местные законы должны интерпретироваться.

Большинство операторов теперь заботятся о том, чтобы получить разрешения по всем рабочим районам и защитить себя от возможной ответственности. Большинство операторов во время 3-D работ тщательно корректируют геометрию, чтобы гарантировать непопадание в области, не охваченные разрешениями (например, необстреливаемые углы).

Заинтересованные читатели должны посмотреть выпуск AAPG Explorer за июнь 1995, для обсуждения статьи Burr Ranch и связанные с ней вопросы.

Ключевые вопросы к рассмотрению включают следующее: Как много известно относительно эксплуатационных условий? Какие подрядчики имеют опыт работ на данной площади, чтобы внести вклад в успешное выполнение программы? Будет ли подрядчик предоставлять эту информацию во время подачи предложения или если только он выиграет контракт?

Если знание местных эксплуатационных условий ограничено или качество данных, которое нужно ожидать неизвестно, тогда испытательная 2-D линия может потребоваться, и иногда это существенно необходимо для правильного выбора параметров. Тесты источников и приемников намного легче проводить, особенно на маленьких 3-D площадях, когда тестовая 2-D линия рассматривается как первая оценка возможной перспективы. На большой 3-D площади, оправдано было бы провести требуемые испытания в начале работ. Большие площади могут потребовать разнообразия источников или приемников (например, в переходной зоне), и нескольких испытаний, которые могут быть выполнены в течение работ. Иногда местные условия известны настолько хорошо, что 3-D съёмка может быть проведена вообще без испытаний.

Инспекторы должны выдвинуться в поле и установить периметр сейсмической 3-D площади перед её заполнением линиями специальных источников и приёмников. Технология (GPS) обеспечивает хорошую точность и работает быстрее, чем более традиционные средства Электронного Измерения Расстояния (EDM). Дифференциальный GPS, который использует показания станции стоящей на пункте с известными координатами, предлагает ещё большую точность: горизонтальная точность - 1 м вертикальная точность - от 2 до 3 м. Точность в несколько сантиметров может быть достигнута при помощи большого времени измерения на каждом пункте. Как только сетка профилей разбита, геодезисты отмечают каждое местоположение групп источников и приемников. GPS работает плохо в плотно покрытых растительностью районах или в глубоких ущельях, где спутники невидны. Для дальнейшего ознакомления с GPS, см. Harris и Longaker (1994).

Бурение скважин взрыва можно начинать сразу после, или даже параллельно с этим. Обычно область 3-D работ полностью разбуривается перед прибытием группы регистрации, при условии, что все исходные параметры были предварительно установлены. Такой способ бурения уменьшает шумовое воздействие на приборы регистрации данных. Имеется также гарантия того, что буровики не окажутся на пути группы приёма.

Вибраторы могут начинать работать, как только все параметры свипа проверены. Всегда желательно закончить тесты фазы, максимального усилия и корреляции до начала режима эксплуатации. Эти испытания должны быть повторены несколько раз во время сбора данных и более одного раза ежедневно.

Если программа не позволяет или не гарантирует никаких испытаний, нужно попытаться найти данные прошлых испытаний. Испытания важны и для динамитных, и для вибраторных способов возбуждения (или любого другого источника). Такие тесты могут быть полезны для будущих программ, даже если текущие работы не получают от результатов испытаний никакой выгоды.

Команда регистрации размещает приёмники на земле в указанных точках. Геофоны, связанные в приемные группы, передают цифровую информацию регистратору разнообразными путями. Системы регистрации связанные посредством кабелей требуют непрерывной связи между регистратором и геофоном, таким образом, каждый приёмник оказывается связанным с регистрирующим средством. Помимо этого существует техника передачи данных телеметрическим способом, которая использует радиосигналы вместо кабелей. В случае I/O RSR системы, данные регистрируются на месте, а затем передаются для хранения на ленте. Для этой системы радио используется для инициирования регистрации и в качестве устройства контроля качества, но не используется для передачи данных.

Регистратор имеет полный набор электроники, которая позволяет корреляцию данных (для вибраторов), регистрацию и визуализацию сейсмотрасс, соответствующих всем геофонам в группах.

Некоторые партии работают по 24 часа в сутки, чтобы уменьшить стоимость пункта взрыва. Необходимо проверить разрешают ли местные власти и/или законы, и службы безопасности такое круглосуточное действие. Ограничения на процесс регистрации существенно увеличивают число дней, необходимых, чтобы сделать запись сейсмической информации.

Полевые ленты посылаются на обработку для анализа и визуализации, или могут быть обработаны в поле. Выбор систем обработки должен быть сделан прежде, чем партия

выезжает в поле. Данным должны быть присвоены итоговые координаты, и затем отправлены на обработку.

Интерпретация на бумаге и/или на автоматизированном рабочем месте обычно дает ясное представление относительно геологических условий в районе сейсмических работ. Разведочное бурение должно начаться только после того, как было потрачено достаточно времени на доскональную интерпретацию.

1.7. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ПОГОДА

Проблемы окружающей среды играют важную роль в сегодняшнем мире и особенно в сейсморазведке. Нужно защитить окружающую среду настолько, насколько это возможно в течение всей деятельности в поле. Линия вырубki, при пересечении профилем лесистой местности, должна быть максимально сужена. Необходимо защищать древние леса и диких животных. В гористых или других труднодоступных ландшафтах, поддержка вертолета может быть необходима для бурения скважин взрыва или для раскладки кабелей приёмников, чтобы минимизировать повреждения, наносимые окружающей среде.

Проблемы защиты живой природы должны включать такие пункты, как сезоны брачных игр и пути миграции. В переходных зонах, в некоторые времена года нерест рыбы может стать препятствием. В некоторых частях света, грызуны могут перегрызать кабели и препятствовать передаче данных. Использование деревянных флажков для отметки станций уменьшает повреждение, наносимое сельскохозяйственному оборудованию и животным, типа коров, которые часто жуют такие отметки. Некоторые области настолько чувствительны к любому воздействию, что партии зелёных могут лоббировать в местных правительственных органах законы, запрещающие любое сейсмическое воздействие, или вмешиваться непосредственно в сейсмические или буровые работы. Последние тенденции в экологии показали, что опасения, которые останавливают сейсмическую разведку, обычно останавливают и нефтегазовые исследования, поэтому, хорошее обсуждение планов работ со всеми заинтересованными лицами является экономией сил и времени.

Погодные условия могут ограничивать сейсмические работы в некоторые времена года. Дождь или снег может изменять почвенные условия до такой степени, что качество данных сильно ухудшится. Передвижение персонала по земле может также сильно затрудниться. В холодных климатических условиях может быть необходимым дожидаться заморозков перед раскладкой геофонов, чтобы улучшить их сцепление с землёй и минимизировать отрицательное воздействие, оказываемое условиями заземления на сейсмоприёмники. Снег должен быть удалён с земли, чтобы позволить морозу скрепить грунт быстрее потому, что он действует как тепловой изолятор. Часто линии приёма должны отчищаться несколько раз, если за время записи выпадает существенное количество осадков. В более теплых климатических условиях, чрезвычайно высокая температура может препятствовать эффективной деятельности персонала и даже представлять серьезную угрозу его безопасности.

1.8. ОСОБЫЕ РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ 2-D И 3-D СЪЁМКОЙ

Цели 3-D съёмки необходимо определить более точно, чем 2-D потому, что параметры первой труднее изменить во время полевых работ. Например, в 3-D (как противопоставление 2-D) намного больше линий вырубki потребуются в лесистых областях. Это увеличивает трудности получения разрешений от официальных лиц и даже, когда одобрение получено, можно оказаться ограниченным использованием только существующих просек или быть принуждённым пользоваться ручными рубящими средствами, что может замедлить работы. При 3-D съёмке, оборудование относится значительно дальше, чем при 2-D. Этот предъявляет 3-D оборудованию значительные требования относительно всепогодности, транспортабельности, защиты от кражи и ущерба наносимого живой природе.

Пространственные измерения в 3-D программах обычно делаются по более грубой сети, чем в 2-D (размер бина в 3-D 20 - 40 м. против 5 - 15 м. в 2-D). Важно решить, способна ли такая разреженная геометрия обнаружить структурные неоднородности и отобразить геологические особенности. Для 2-D профилей линейное расположение источников и геофонов - норма.

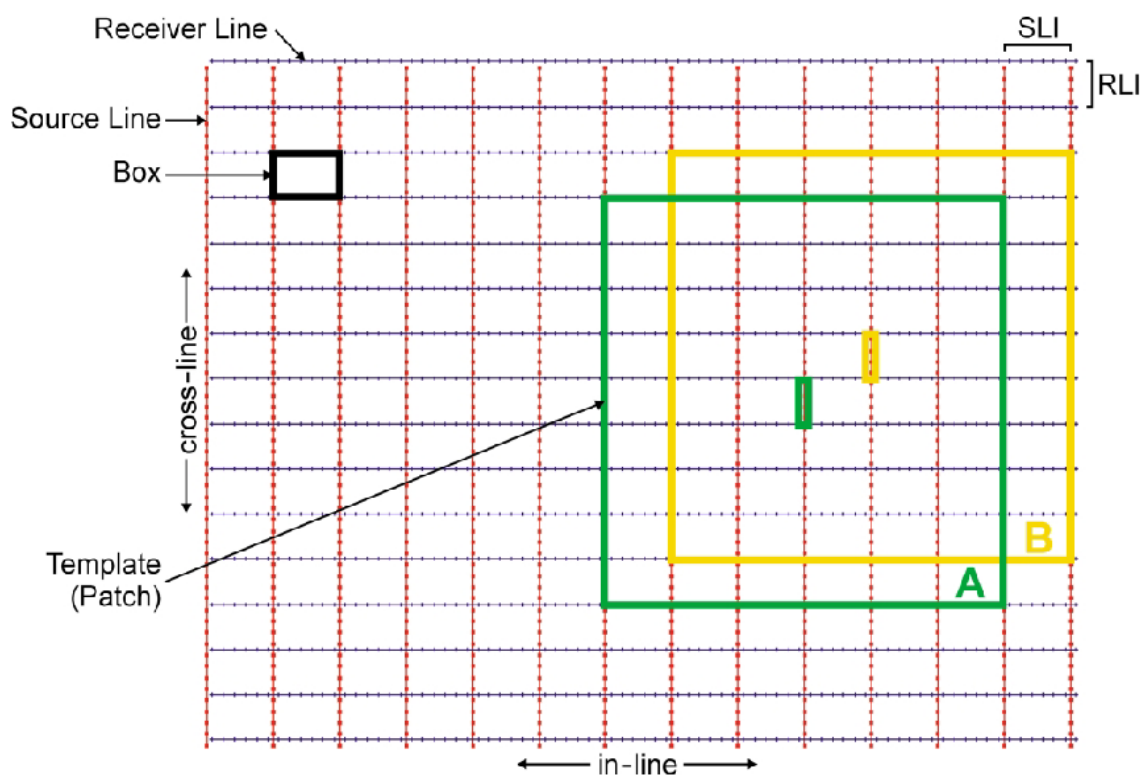


Рисунок 1.9. Термины 3-D геометрии

Влияние, оказываемое углом между линией приёма и возбуждения на данные - тема последних статьи и исследований. До сих пор нет согласия в терминах описывающих различные типы расстановок в 3-D съёмке.

В конечном счёте, расположение источников и приемников, а также угол регистрации в 3-D разительно отличается от 2-D. Хорошее азимутальное распределение обычно, но не всегда, желательно.

Если любая внеплановая аномалия существует на 2-D профиле, часто бывает невозможно определить - чем она вызвана. Напротив, 3-D миграция может хорошо выявить такие аномалии.

Можно спорить относительно множества отличий 3-D и 2-D съёмки. 3-D данные имеют обширный набор параметров полученных на большой площади и поэтому более легки в интерпретации, чем ряд 2-D профилей различных длин и направлений. 3-D данные представляют собой плотное множество, из которого можно извлекать профили в любом направлении. Однако, в некоторых ситуациях, 2-D данные могут оказаться более выгодными, чем 3-D, например, когда имеется потребность получить региональную перспективу или детализировать местную съёмку.

1.9. РАСШИФРОВКА ТЕРМИНОВ 3-D

На Рисунках 1.9 и 1.10 представлен план ортогональной 3-D съёмки, который содержит большую часть терминологии использованной в этой книге.

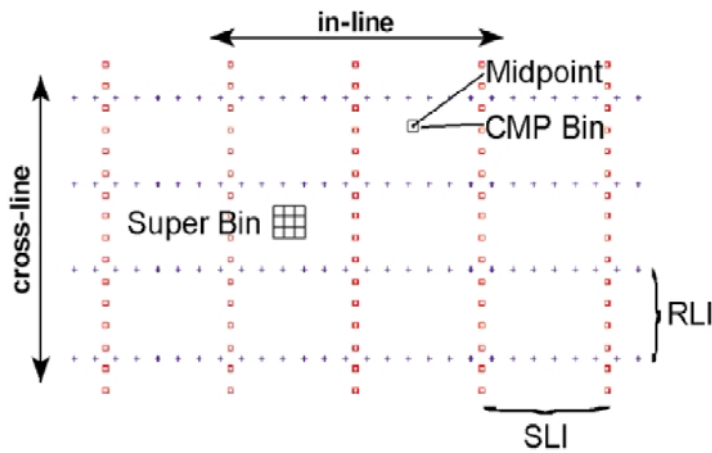


Рисунок 1.10. Термины бина 3-D

Заметка: в этой книге как стандарт используется система СИ, однако, многие примеры представлены также в английской системе, и они напечатаны курсивом. Вместо перевода метрических единиц в английские, мы, в особых ситуациях, решили выбрать последние (например, бин размером 30 м равен бину в 110 футов).

BOX (Ячейка) (иногда называемый "Unit cell"). В ортогональной 3-D съёмке, этот термин применяют к области ограниченной двумя линиями приёма и двумя линиями

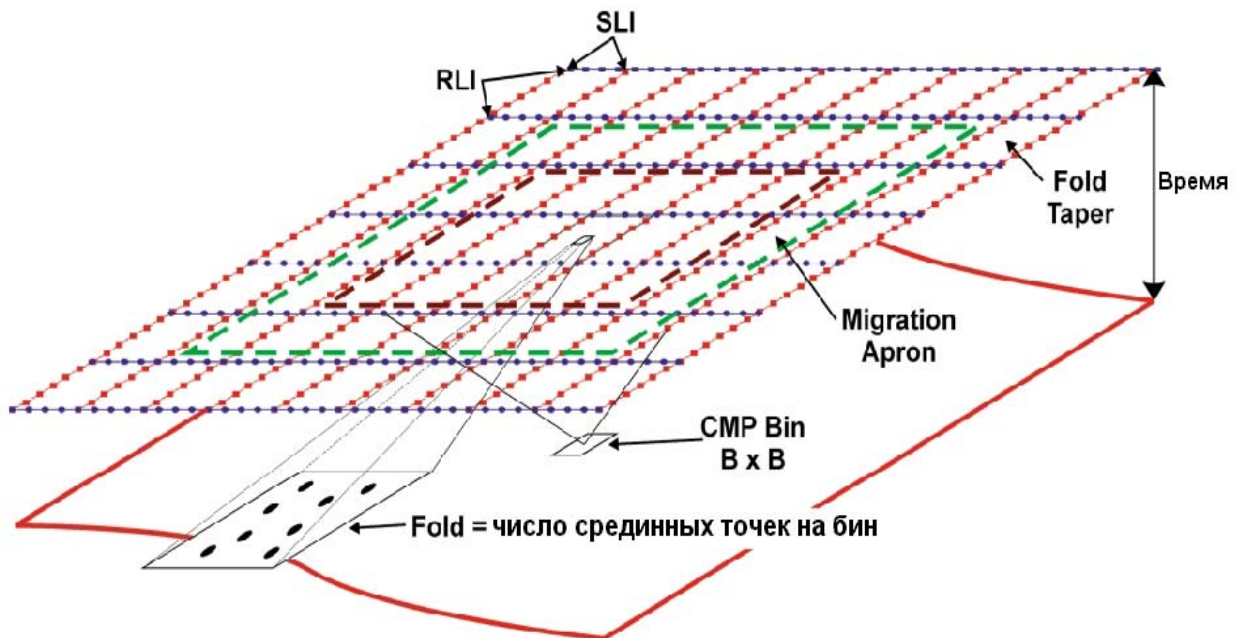


Рисунок 1.11. Термины 3-D съёмки

возбуждения (Рисунок 1.9 и 1.12). Она обычно представляет собой самую маленькую область в пределах 3-D съёмки, которая содержит полный набор параметров съёмки (в пределах района с полной кратностью). В ортогональной съёмке, центральная точка бина, расположенная в точном центре этого квадрата, имеет вклады от многих пар источников и приёмников, наименьший вынос, принадлежащий этому бину, является также самым маленьким на всей площади. Другими словами, среди всех минимальных выносов во всех бинах ОСТ, минимальные вынос бина в центре ячейки имеет наибольший X_{min} . Различные методики по-разному стараются уложиться в эту схему.

Бин ОСТ (или просто Бин). Маленький прямоугольник, который обычно имеет размерность $(SI/2) \cdot (RI/2)$. Все срединные точки, которые находятся внутри этой области, или бине, объединяются друг с другом (Рисунок 1.10). Другими словами, все трассы, находящиеся в одном и том же бине, будут суммироваться по ОСТ, и вносить вклад в его кратность. В некоторых случаях, можно выбрать область суммирования, которая будет отличаться от

размера бина для увеличения кратности. Это вызывает размазывание данных и должно быть выполнено с осторожностью, потому, что воздействует на пространственное разрешение.

Cross-line direction (Поперечное направление). Направление перпендикулярное приёмной линии.

Fold (Кратность). Число срединных точек, которые суммируются в пределах бина ОСТ. Хотя обычно даётся среднее значение кратности для всей площади, оно, однако, изменяется от бина к бину на различных выносах.

Fold Taper (Зона наращивания кратности). Размер области, которая должна быть добавлена к 3-D площади, чтобы построить полную кратность (Рисунок 1.11). Часто имеется некоторое перекрытие между этой областью и областью миграции из-за уменьшенной кратности на краях последней.

In-line Direction (Продольное направление). Направление параллельное приёмной линии.

Midpoint (Срединная точка). Точка, расположенная точно между источником и приёмником. Если разложена 480-канальная приёмная линия, то каждый пункт взрыва создаст 480 СТ. Срединные точки бывают часто разбросаны и не обязательно формируют регулярную сеть.

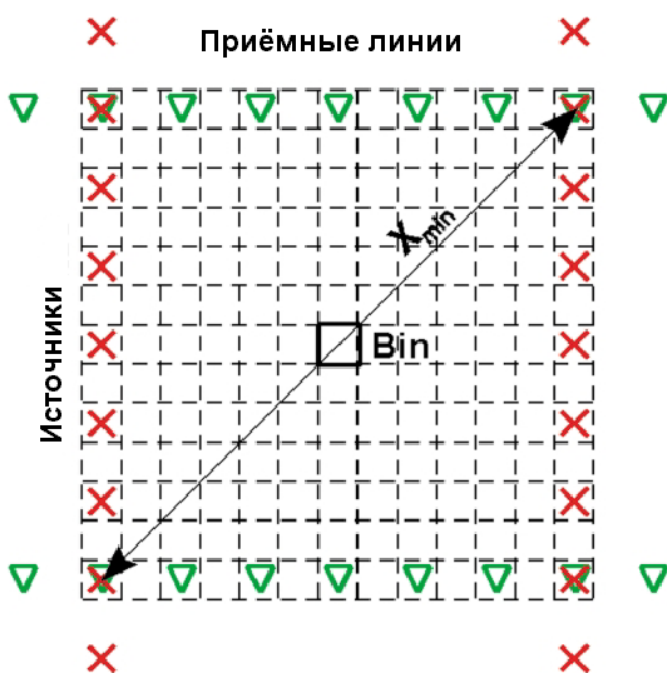


Рисунок 1.12. Определение X_{min}

Migration Apron (Зона миграции). Размер области, которая должна быть покрыта 3-D съёмкой, чтобы иметь возможность проводить полноценную миграцию глубинных неоднородностей (Рисунок 1.11). Этот размер не обязательно должен быть одинаковым в разных частях площади. Хотя этот параметр скорее расстояние, чем угол, он обычно относится к апертуре миграции. Качество изображений, получаемое 3-D миграцией, наиболее важное преимущество над 2-D.

Patch (Расстановка). Она включает в себя все "живые" станции приёма, которые записывают данные от пункта возбуждения. Она обычно представляет собой прямоугольник из нескольких параллельных линий приёма. Расстановка перемещается по всей площади и занимает различные шаблонные положения в зависимости от положения пункта возбуждения.

Receiver Line (Линия приёма). Линия (возможно дорога или просека в растительности) вдоль которой размещены приёмники с регулярным шагом. Продольное расстояние между пунктами приёма (интервал приёма - RI) обычно в два раза больше продольной величины бина ОСТ. Обычно полевые кабели регистратора разложены по этим линиям, а геофоны размещены по мере необходимости. Расстояние между соседними линиями приёма обычно обозначается как шаг приёмной линии (или RLI). Метод раскладки линий источников и приемников может меняться, но геометрия должна повиноваться простым руководящим принципам.

Scattering Angle (Угол рассеивания). Учитывая существование рассеивающих точек (точек дифракции) на глубине, угол рассеивания - это угол между вертикальной нисходящей лучевой траекторией от источника до точки рассеивания и восходящей траекторией.

Signal-to-Noise Ratio (Отношение сигнал/шум). Отношение энергии сигнал к энергии шума. Обычно обозначается как S/N.

Source Line (Линия Возбуждения). Линия (возможно дорога) вдоль которой пункты возбуждения (например, динамит или точки вибратора) расставлены равномерно. Продольное расстояние между источниками (интервал возбуждения - SI) обычно вдвое длиннее среднего поперечного размера бина общей срединной точки (ОСТ). Эта геометрия гарантирует, что срединная точка, связанная с каждым пунктом возбуждения, будет попадать точно в ОСТ, удалённую от точек, связанных с предыдущим возбуждением на линии. Расстояние между соседними линиями возбуждения обычно называется интервалом линий возбуждения (или SLI). SLI и SI определяют плотность пунктов возбуждения (или SD, пунктов возбуждения на квадратный километр).

Source Point Density (Плотность Пунктов Возбуждения) (иногда называемая плотностью стрельбы). SD - число ПВ / км² или ПВ / ми². Вместе с числом каналов, NC, и размером бина ОСТ, SD определяет кратность.

Super Bin (Супер Бин). Этот термин (и другие типа макро бин или макси бин) применяется к группе соседних бинов ОСТ. Группирование бинов иногда используется для скоростного анализа, вычисления статических поправок, подавления кратных и некоторых алгоритмов подавления шума.

Swath (Прореживание, полосовая расстановка). Этот термин имеет различные значения в промышленности. Первое, и наиболее распространенное, означает размер области, в пределах которой станции возбуждения записываются без каких-либо поперечных расстановок. Второе – термин, описывающий параллельную геометрию наблюдения, в которой, в отличие от ортогональной, имеются некоторые линии стеков, которые не имеют поверхностных профилей, связанных с ними.

Template (Приёмопередающая расстановка). Отдельная зона регистрации, в которой зарегистрировано некоторое количество возбуждений. Эти точки возбуждения могут быть внутри или вне зоны. В форме уравнения,

Template = Patch + Связанные ПВ.

Xmax. Максимальный записываемый вынос, который зависит от методики возбуждения и размера расстановки. Xmax обычно равен половине длины диагонали расстановки. Расстановки с внешними источниками имеют различную геометрию. Большой Xmax необходим, чтобы делать записи отражений от более глубоких объектов.

Xmin. Самый большой среди наименьших выносов в наблюдении (иногда обозначается как LMOS, наибольший минимальный вынос). См. рисунок 1.12. Маленький Xmin необходим, чтобы записать отражения от неглубоких объектов.

Принимая RLI и SLI по 360 м. (1320 футов), RI и SI по 60 м. (220 футов), параметры бина - 30 м. X 30 м. (110 футов X 110 футов). Ячейка (сформированная двумя параллельными линиями приёма и ортогональными им линиями возбуждения) имеет длину диагонали:

$$X_{min} = (360^2 + 360^2)^{1/2} \text{ м.} = 509 \text{ м.}$$

$$X_{min} = (1320^2 + 1320^2)^{1/2} \text{ фута} = 1867 \text{ футов.}$$

Величина Xmin определяет наибольший минимальный вынос, который будет зарегистрирован в бине, находящемся в центре ячейки. В этом примере станции возбуждения и приёма были, для простоты, преднамеренно совмещены в точке пересечения линий.

Xmute. «Заглушенное» расстояние для отдельного отражателя. Любые трассы после этого расстояния не вносят вклада в стек на глубине отражения. Xmute зависит от двойного времени пробега.

Контрольные вопросы к главе 1

1. Определение шага приёмной линии.
2. Что такое зона миграции?
3. Как можно определить X_{min} при ортогональной съёмке (линии приёма и возбуждения ортогональны)?
4. Насколько велик супер бин?

Планирование и проектирование

Проектирование съёмки зависит от такого большого количества входных параметров и ограничений, что представляет собой почти искусство. Размещение линий источников и приемников должно быть выполнено так, чтобы получить ожидаемый результат. Твёрдое понимание требуемых геофизических параметров должно быть на приоритетном месте в осуществлении 3-D работ (Керекес, 1998). Необходимы некоторые правила и руководящие принципы, чтобы помочь разобраться в лабиринте различных параметров, которые должны быть рассмотрены. Компьютерные программы сейчас могут помочь в решении этой задачи.

2.1. ТАБЛИЦА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЪЁМКИ

Таблица 2.1 показывает, как определять размеры кратности, бина, X_{min} , X_{max} , зоны миграции, зоны наращивания кратности, и длины записи, которые должны быть включены в проект. Эти параметры представляют собой основные проектные факторы, которые должны быть определены для 3-D съёмки. Каждый такой параметр рассмотрен в этой главе и в главе 3.

Таблица 2.1. Таблица выбора параметров съёмки

Кратность	Должна быть от 1/2 (если S/N - хорошее) до полной (если высокие частоты ожидаются) кратности 2-D. Продольная кратность = число приёмников * RI / (2 * SLI). Поперечная кратность = NRL / 2.
Размер бина	Использовать от 3 до 4 трасс поперек цели. Должен быть $< V_{int} / (4 * f_{max} * \sin(\theta))$ для аляйсинговой частоты. Должен обеспечить N (от 2 до 4) точек на длину волны центральной частоты. Доступное горизонтальное разрешение: λ / N или $V_{int} / (N * f_{dom})$.
X_{min}	Должен быть меньше в 1.0 - 1.2 раза, чем глубина ближайшего картируемого горизонта.
X_{max}	Должен быть приблизительно таким же, как глубина целевого объекта. Не должен быть слишком большим, чтобы не вызывать интерференцию прямых волн, интерференцию рефрагированных волн (первое вступление), или критических выносов для отражений от глубоких горизонтов, особенно в поперечном направлении, или неприемлемую длину NMO. Должен превысить вынос, требуемый, чтобы видеть самый глубокий LVL (отражатель), вынос, требуемый, чтобы сделать NMO $\delta t >$ длина волны на f_{dom} , вынос, требуемый, чтобы получить многократное разрешение > 3 длин волны, и вынос необходимый для AVO анализа. Должен быть достаточно большим, чтобы представить X_{max} как функцию от глубины.
Зона миграции (полная кратность)	Должна превысить радиус первой зоны Френеля, ширину дифракции (от вершины до усов) для восходящего рассеивания под углом 30 градусов, т.е., $Z * \tan 30 = 0.58 * Z$, и глубинное горизонтальное смещение после миграции равно $Z * \tan \theta$. <i>Может перекрываться с зоной наращивания кратности.</i>
Зона наращивания кратности	приблизительно размер расстановки / 4.

Длина записи	Должна быть достаточной, чтобы захватить целевые горизонты, зону миграции, и усы дифракции.
--------------	---

2.2. ОРТОГОНАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Часто линии приёма и возбуждения размещены ортогонально по отношению друг к другу в наземных 3-D работах. Такая расстановка проста для раскладки, и группа регистрации может двигаться прямо по нумерации станций. Линии приёма могут быть разложены с востока на запад, а линии возбуждения с севера на юг, как показано на Рисунке 2.1, или наоборот. Этот метод прост в раскладке и позволяет удобно разворачивать оборудования перед стрельбой и размоткой кабелей. В этой расстановке, все ПВ между смежными линиями приема записываются, зона приема вновь раскладывается по одной (или нескольким) линиям, и процесс повторяется. Часть 3-D расстановки показана на Рисунке 2.1a, а детальный вид на Рисунке 2.1b. В главах 2, 3, и 4, обсуждение концентрируется на этих методах регистрации. Другие методы, которые могут больше подходить для решения специфических проблем, описаны в Главе 5.

2.3 КРАТНОСТЬ

Кратность суммирования (или кратность покрытия) - число полевых трасс, которые вносят вклад в общую суммотрассу (стек), то есть, число срединных точек в бине ОСТ. Это также число перекрывающихся областей срединных точек (см. пункт 5.2). Кратность управляет отношением сигнал / шум (S/N). Если кратность удвоена, выполняется увеличение S/N на 41 % (Рисунок 2.2). Удвоение S/N требует увеличения кратности в четыре раза, принимая, что шум распределен случайно по закону Гаусса. Кратность должна быть определена при исследовании предыдущих 2-D и 3-D работ на области, через оценку X_{min} и X_{max} (Кордсен, 1995b), моделированием, и с четким пониманием того, что DMO и 3-D миграция может значительно её увеличить.

Крей (1987) показал, что отношение величины кратности 3-D к 2-D является функцией частоты и изменяется согласно уравнению

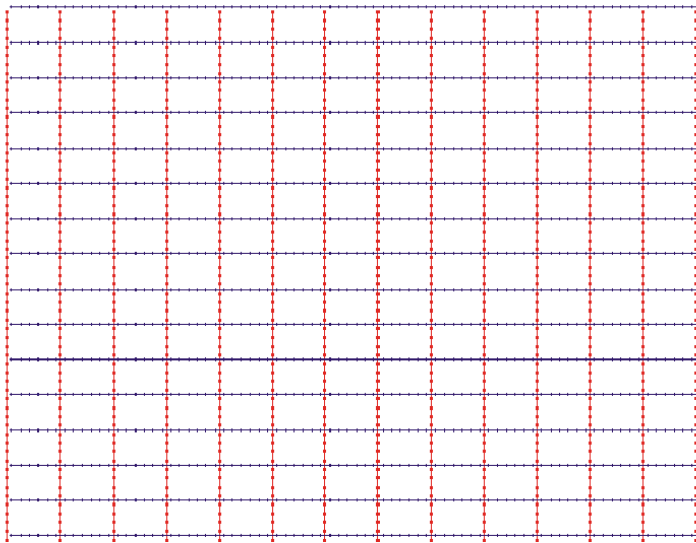


Рисунок 2.1a. Ортогональная геометрия наблюдения

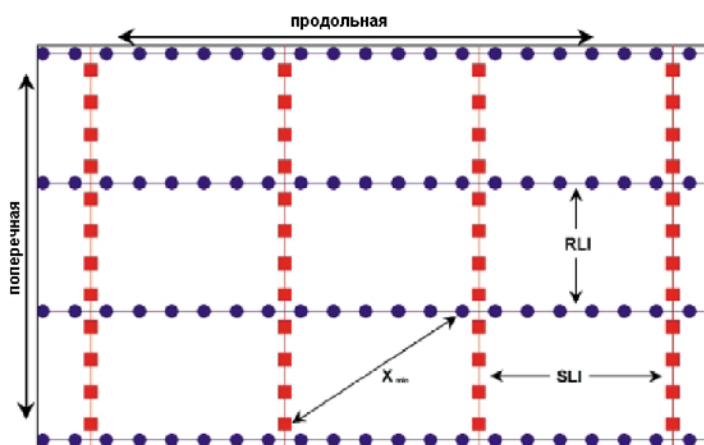


Рисунок 2.1b. Ортогональная геометрия - детальный вид

$$3-D \text{ кратность} = 2-D \text{ кратность} * \text{частота} * C, (2.1)$$

где C произвольная постоянная. Например, если $C = 0.01$ и 2-D кратность = 40, то 3-D кратность равна 20 на 50Гц и 40 на 100Гц. *Практическое правило: Многие проектировщики используют уравнение:*

$$3-D \text{ кратность} = \frac{1}{2} * 3 * 2-D \text{ кратность}$$

Например, если 2-D кратность = 40, то 3-D кратность = $\frac{1}{2} * 40 = 20$, обычно достигает сопоставимый результат по отношению сигнал / шум по сравнению с 2-D данными. Чтобы обезопасить себя (особенно, если ожидаются высокие частоты,

например, 100Гц), можно сделать 3-D кратность равной 2-D.

Некоторые проектировщики рекомендуют, чтобы 3-D кратность = $\frac{1}{3}$ 2-D или даже меньше. Это более низкое отношение может дать приемлемые результаты только, если область имеет превосходное отношение S/N, и если имеются незначительные проблемы со статикой. Трёхмерная протяжённость 3-D данных позволяет более легкую корреляцию между соседними

линиями, чем в 2-D данных, следовательно, более низкая 3-D кратность может быть приемлема.

Наиболее полная формула, предложенная Креем (1987) для 3-D кратности:

$$\text{3-D кратность} = \frac{\text{2-D кратность} * (\text{размер 3-D бина})^2 * \text{частота} * \pi * 0.401}{\text{размер 2-D бина} * \text{скорость}} \quad (2.2)$$

Как пример, если 2-D кратность = 30 тогда,

$$\text{3-D кратность} = 30 * \frac{30^2 \text{ м}^2 * 50 \text{ Гц} * \pi * 0.401}{20 \text{ м} * 4500 \text{ м/с}} = 19$$

или

$$\text{3-D кратность} = 30 * \frac{110^2 \phi^2 * 50 \text{ Гц} * \pi * 0.401}{55 \phi * 15000 \phi / \text{с}} = 28$$

Если расстояние между трассами в 2-D намного меньше, чем размер бина 3-D, тогда 3-D кратность должна быть относительно выше, чтобы достигнуть результата, сравнимого с 2-D. Однако большое число каналов означает, что может быть получено большое количество 2-D профилей с маленьким интервалом между каналами и большой кратностью.

Следовательно, можно записать больше 2-D данных с кратностью, превышающей требуемую. Нужно всегда помнить это, сравнивая 2-D и 3-D кратность. При дальнейшем понижении 3-D кратности, можно скорее рассматривать плотность трасс (или групп), чем ПП. Увеличение числа геофонов на группу, конечно, позволяет охватить недра более плотной сеткой, и может улучшать качество данных, когда, к примеру, все данные 24 приёмников складываются в одну трассу. Однако 24 приёмника в группе не обязательно обеспечивают лучшие данные, чем группы с 6 геофонами. Для источников всю информацию о параметрах возбуждения на квадратный километр можно

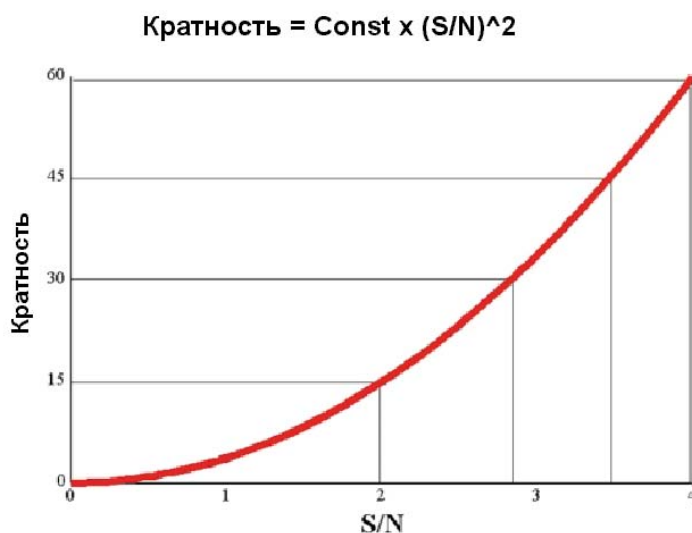


Рисунок 2.2. Зависимость кратности от отношения сигнал / шум

посмотреть в главе 6 [особенно пункт (6.2)].

Имеется много способов вычислить кратность, основной факт состоит в том, что один ПВ создаёт столько срединных точек, сколько записывающих каналов. Если все выносы находятся в пределах приемлемого диапазона регистрации, тогда основное уравнение для определения кратности записывается:

$$\text{Кратность} = \text{SD} * \text{NC} * \text{V}^2 * \text{U}, \quad (2.3a)$$

где SD - число ПВ на единицу площади, NC - число каналов, V - величина бина (для квадратных бинов), и

$$U = \text{Переводной коэффициент} (10^{-6} \text{ для м. / км}^2; 0.03587 * 10^{-6} \text{ для футов/мили}^2).$$

Вывод уравнения (2.3a):

$$\text{Число срединных точек} = \text{число ПВ} * \text{NC}$$

$$\text{Плотность источников SD} = \frac{\text{число ПВ}}{\text{площадь}}$$

размер площади

Объединяя, получим:

$$\frac{\text{Число СТ}}{NC} = SD * \text{размер области}$$

Размер области = число бинов * размер бинов B^2 .

Умножая на предыдущее уравнение:

$$\frac{\text{Число СТ}}{\text{число бинов}} = SD * NC * B^2$$

$$\text{Кратность} = SD * NC * B^2 * U$$

Пример: Предполагая, что $SD = 46/\text{км}^2$ ($96/\text{ми}^2$), число каналов $NC = 720$, и размер бина $B = 30\text{м}$. (110 футов) имеем,

$$\text{Кратность} = 46 * 720 * 30 * 30 \text{ м}^2/\text{км}^2 * U = 30,000,000 * 10^{-6} = 30$$

Или

$$\text{Кратность} = 96 * 720 * 110 * 110 \text{ футов}^2/\text{ми}^2 * U = 836,352,000 * 0.03587 * 10^{-6} = 30.$$

Эта формула - быстрый способ вычислить среднюю кратность. Чтобы определять кратность более детально, необходимо исследовать различные её компоненты. Следующие примеры показывают, что выбранный размер бина слишком мал, чтобы удовлетворить критериям исследования.

В ортогональной геометрии максимальный продольный и поперечный вынос, наряду с шагом линий приёма и возбуждения определяют кратность полностью. Различные комбинации интервалов станций не будут влиять на кратность, но будут изменять размер бина, плотность источников, и число требуемых каналов.

Другой путь решения уравнения (2.3а) состоит в том, чтобы определить число каналов NC . Как только определены требования к кратности и размеру бина, расстоянию между ПВ и линиями возбуждения будут определены, число каналов может быть рассчитано следующим образом:

$$NC = \frac{\text{Кратность}}{SD * B^2 * U} = \frac{\text{Кратность} * SLI * SI}{B^2}. \quad (2.3b)$$

2.4 ПРОДОЛЬНАЯ КРАТНОСТЬ

Для ортогональной прямолинейной съёмки, продольная кратность определяется также как при 2-D. Формула следующая:

$$\text{Продольная кратность} = \frac{\text{количество приёмников} * \text{интервал между станциями}}{2 * \text{шаг возбуждения вдоль линии приёма}}$$

или

$$\text{Продольная кратность} = \frac{\text{Число приёмников} * RI}{2 * SLI} = \frac{\text{продольный размер активной расстановки}}{2 * SLI}, \quad (2.4)$$

потому, что интервал линий возбуждения определяет - сколько ПВ находится на любой линии приёма. Важно использовать (число приемников) * (RI) в уравнении (2.4), чтобы описать область срединных точек, которая охвачена. Все приемники должны быть в пределах максимального выноса, чтобы их можно было использовать в этих формулах. Рисунок 2.3а показывает гладкое распределение продольной кратности, основанное на следующих параметрах съёмки [с одной живой линией приёма (показана синим цветом) и несколькими линиям возбуждения]:

Интервал между приёмниками 60 м. 220 футов
 Интервал линии приёма 360 м. 1320 фута
 Длина линии приёма 4320 м. 15 840 футов (в пределах активной расстановки)
 Интервал пунктов возбуждения 60 м. 220 футов
 Интервал линий возбуждения 360 м. 1320 футов
 Расстановка = 10 линий по 72 приемника.

Следовательно,

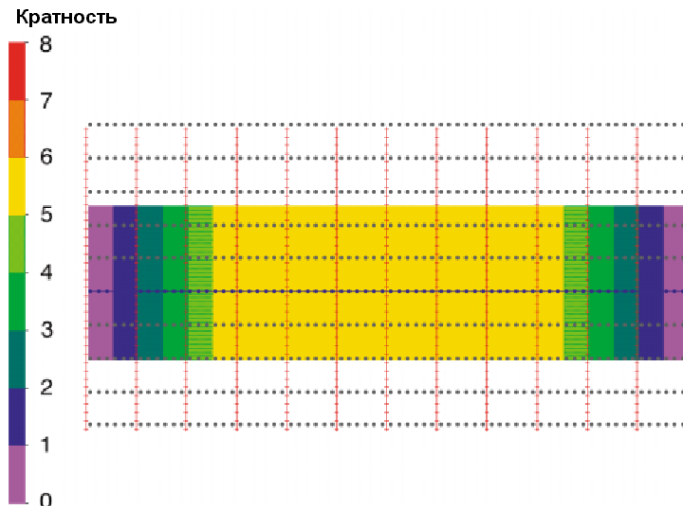


Рисунок 2.3а. Продольная кратность при размере зоны регистрации 10x72

Продольная кратность =

$$\frac{4320_m}{2 * 360_m} = 6$$

или

Продольная кратность =

$$\frac{5840\phi}{2 * 1320\phi} = 6$$

Если нужен большой вынос, нужно позаботиться об увеличении продольной длины. Если была бы использована расстановка 9 * 80 вместо 10 * 72, использовалось бы тоже число каналов (720), и длина линии приёма была бы 80 * 60 м. = 4800 м. (80 футов * 220 футов = 17 600), то в этом случае,

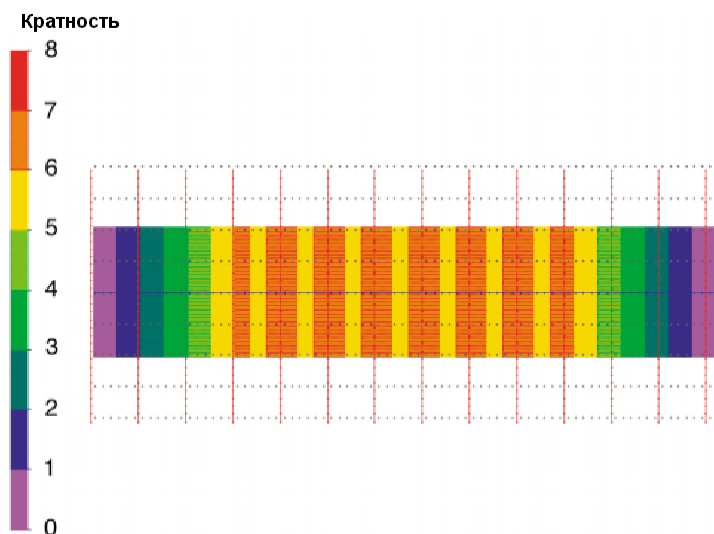


Рисунок 2.3б. Продольная кратность для зоны 9 * 80

Продольная кратность =

$$\frac{4800_m}{2 * 360_m} = 6.7$$

или

Продольная кратность =

$$\frac{17600\phi}{2 * 1320\phi} = 6.7$$

Выносы, разумеется, длиннее, но продольная кратность теперь нецелое число и создаёт полосы, показанные на Рисунке 2.3б. Некоторые из кратностей теперь равны 6, а некоторые - 7, создавая среднюю кратность 6.7 поперек

сетки. Эти полосы могут быть нежелательны (стек из 6 трасс может отличаться от стека из 7 трасс).

2.5 ПОПЕРЕЧНАЯ КРАТНОСТЬ

Аналогично продольной кратности, поперечная кратность вычисляется:

$$\text{Поперечная кратность} = \frac{\text{Длина линии возбуждения}}{2 * \text{Интервал приёмных линий}} = \frac{\text{Поперечный размер активной расстановки}}{2 * \text{RLI}}$$

(2.5)

Следовательно,

$$\text{Поперечная кратность} = \frac{\text{Число линий приёма} * \text{RLI}}{2 * \text{RLI}} = \frac{\text{NRL}}{2}. \quad (2.6)$$

Важно использовать (число линий приёма) * (RLI) в уравнениях (2.5) и (2.6), чтобы определить область срединных точек, которая охвачена. Легко заметить, что поперечная кратность равна половине числа "живых" линий приёма в расстановке (это истинно для большинства конфигураций, исключения будут обсуждены в главе 9). В первоначальном примере - 10 линий приёма по 72 приёмника в каждом,

$$\text{Поперечная кратность} = 10 / 2 = 5.$$

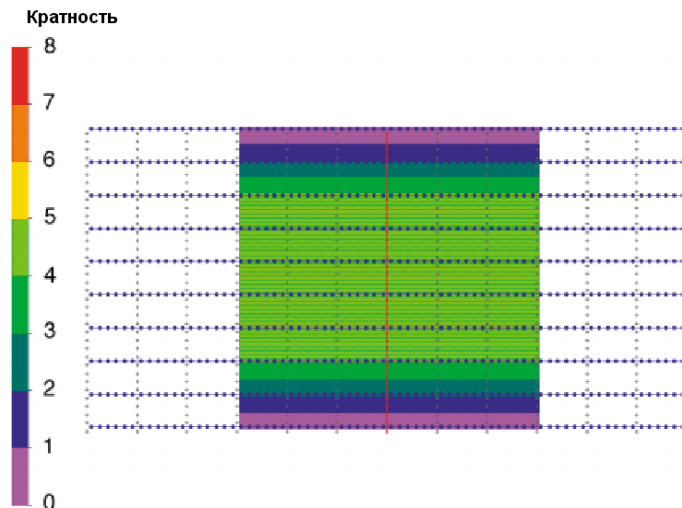


Рисунок 2.4а. Поперечная кратность для зоны 10 * 72

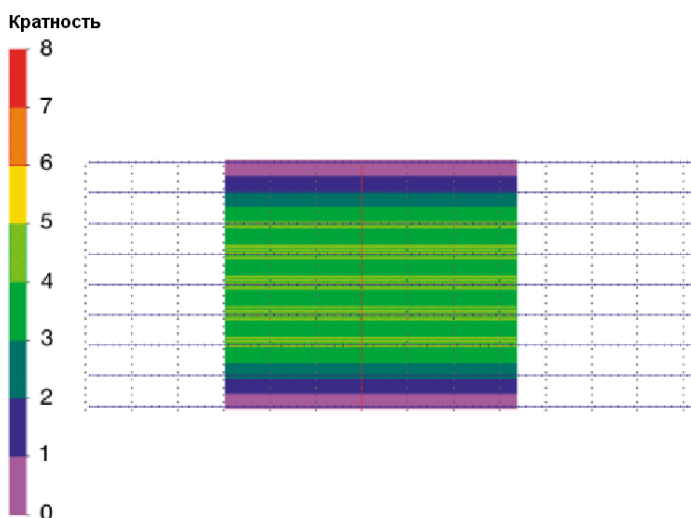


Рисунок 2.4б. Поперечная кратность для зоны 9 * 80

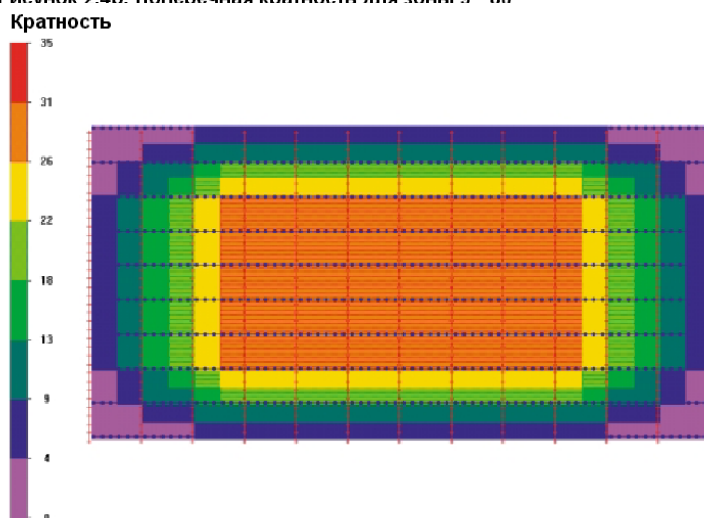


Рисунок 2.5а. Полная кратность для зоны 10 * 72

Рисунок 2.4а показывает такую поперечную кратность при одной активной линии возбуждения (показанной красным) на десять приёмных линий. Рисунок 2.4б, с другой стороны, демонстрирует то, что происходит, когда в пределах расстановки работает нечетное число линий приёма (например, 9 линий). В этом случае поперечная кратность меняется между 4 и 5, потому что

$$\text{Поперечная кратность} = 9 / 2 = 4.5.$$

Вообще проблема этих поперечных полос менее актуальна, когда увеличение числа приёмных линий происходит, например, до 15 потому, что изменение между 7 и 8 ($15 / 2 = 7.5$) - намного меньше в процентном отношении (12.5%), чем изменение между 4 и 5 (20%). Однако в любом случае, когда в расстановке находится нечетное число линий приёма, возникает некоторое количество поперечных полос. Поэтому большинство 3-D съёмок делается с чётным числом линий приёма в расстановке.

2.6 ПОЛНАЯ КРАТНОСТЬ

Полная номинальная 3-D кратность - произведение продольной и поперечной кратностей:

$$\text{Полная кратность} = \text{Продольная кратность} * \text{Поперечная кратность}. \quad (2.7)$$

Для примера расстановки 10 * 72 (Рисунок 2.5а), полная номинальная кратность = $6 * 5 = 30$. Такое же значение можно получить по формуле:

$$\text{Кратность} = \text{SD} * \text{NC} * \text{B}^2. \quad (2.8)$$

Однако, для расстановки 9 * 80, продольная кратность меняется между 6 и 7, а поперечная между 4 и 5; следовательно, полная кратность меняется между 24 и 35 (Рисунок 2.5b). Это колебание 3-D кратности нежелательно и является следствием удлинения линий приёма. Не было никаких изменений в интервалах между источниками или приёмниками, или в интервалах между линиями.

Обратите внимание: вышеупомянутые уравнения предполагают, что размер бина остается постоянным и равен половине интервала между приёмниками, который в свою очередь является равным половине интервала между источниками. Они также предполагают ортогональное расположение всех ПВ в расстановке.

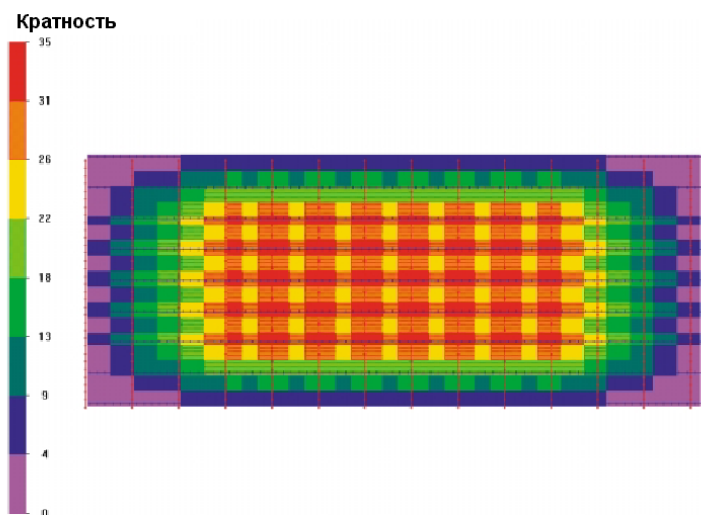


Рисунок 2.5b. Полная кратность для зоны 9 * 80

Делая число "живых" линии приёма чётным, вы делаете целой поперечную кратность, и её распределение сглаживается. Нецелая продольная и поперечная кратность вызывает полосы на схеме распределения кратности 3-D. Если максимальный вынос для стека превышает вынос от любого ПВ до любого ПП в пределах расстановки, тогда результатом будет гладкое распределение кратности, при условии что продольная и поперечная кратность являются целыми числами (Cordsen, 1995b). Осторожный выбор геометрической формы расстановки, очевидно, один из наиболее существенных

компонентов 3-D проектирования. Принципы проектирования, описанные в этой главе, могут быть подытожены следующим образом:

$$\text{Продольная кратность} = \frac{\text{Продольный размер активной расстановки}}{2 * SLI} \quad (2.9)$$

а

$$\text{Поперечная кратность} = \frac{\text{Поперечный размер активной расстановки}}{2 * RLI} \quad (2.10)$$

Эти уравнения могут быть объединены, чтобы получить

$$\text{Полная кратность} = \text{Продольная кратность} * \text{Поперечная кратность}, \quad (2.11)$$

или

$$\text{Полная кратность} = \frac{\text{Продольный размер активной расстановки}}{2 * SLI} * \frac{\text{Поперечный размер активной расстановки}}{2 * RLI} \quad (2.12)$$

Отсюда

$$\text{Полная кратность} = \frac{\text{Площадь активной расстановки}}{4 * SLI * RLI} \quad (2.13)$$

Таким образом,

$$\text{Полная кратность} = \frac{\text{Площадь активной расстановки}}{4 * \text{Размер ячейки}} \quad (2.14)$$

Эта формула остаётся верной для вкл. / выкл. имитации перемещения станций и линий (см. главу 9). Обратите внимание, что 1/4 расстановки является областью покрытой под землёй серединными точками. Следовательно, при раскладке ПП и линии приёма надо учитывать, что область срединных точек, которые, перекрываясь, создают кратность, в четыре раза меньше.

Так как отношения площади круговой и квадратной расстановки равно $\pi R^2 /$ (размер расстановки), кратность в пределах круга радиуса R [сравнить с уравнением (2.14)] равна

$$\text{Кратность } R = \frac{\pi R^2}{4 * SLI * RLI} = \frac{\pi R^2}{4 * \text{Размер ячейки}}, \quad (2.15)$$

если имеется непрерывный охват приемниками всей области, и используется квадратная расстановка, которая охватывает круг радиуса R. Эти уравнения оценивают кратность для каждого целевого горизонта (глубины), в соответствии со значением функции мьютинга для этого горизонта (или Xmute). Уравнение (2.15) оценивает кратность для круговых расстановок. Важно отметить, что это уравнение полностью независимо от интервалов станции, они просто определяют нормальный размер бина.

Гудвэй и Раган (1995) сравнили 2-D и 3-D кратность при различных выносах R. Для 2-D данных кратность рассчитывается как

$$\text{2-D кратность } R = \frac{\text{Вынос } R}{\text{Шаг источника}}. \quad (2.16)$$

Отношение 3-D и 2-D кратности при выносе R может тогда быть определено как

$$\text{Отношение кратностей } R (2-D / 3-D) = \frac{\pi R * \text{Шаг 2-D источника}}{4 * SLI * RLI}. \quad (2.17)$$

Это отношение кратностей линейно зависит от R. Большие интервалы между линиями (наблюдение по редкой сети) ведут к низкому отношению кратностей, они могут быть приемлемы для более глубоких целей (с большим увеличением кратности на дальних выносах). Уменьшение интервалов между линиями увеличивает отношение кратностей, следовательно, увеличивает кратность на ближних выносах, что хорошо для изучения малоглубинных объектов. Компромисс может быть достигнут при использовании узкоазимутальных расстановок (см. пункт 3.3) для сглаживания распределения кратности.

2.7 ЗОНА НАРАЩИВАНИЯ КРАТНОСТИ

Другой важный фактор, который нужно рассмотреть, когда вычисляется кратность - зона наращивания кратности. Этот параметр описывает площадь вокруг зоны полной кратности, где производится наращивание кратности. Ширина этой полосы необязательно одинакова в продольном и поперечном направлениях и должна быть рассчитаны отдельно, следующим образом:

$$\text{Продольная ширина зоны наращивания кратности} = (\text{Продольная кратность} / 2 - 0.5) * SLI, \quad (2.18)$$

и

$$\text{Поперечная ширина зоны наращивания кратности} = (\text{Поперечная кратность} / 2 - 0.5) * RLI. \quad (2.19)$$

Подставляя формулы для продольной и поперечной кратности, можно получить следующую полезную форму этих уравнений:

$$\text{Продольная ширина зоны наращивания кратности} = \frac{\text{Продольный размер активной расстановки} - SLI}{4} \quad (2.20)$$

$$\text{Поперечная ширина зоны наращивания кратности} = \frac{\text{Поперечный размер активной расстановки} - RLI}{4} \quad (2.21)$$

Практическое правило: размер зоны наращивания кратности приблизительно равен одной четверти размера расстановки в соответствующем направлении.

Эти уравнения определяют зону наращивания кратности в метрах (или футах). Лучше всего выразить размер этой зоны в интервалах линий приёма и возбуждения потому, что такое выражение делает более легким процесс изучения наращивания кратности на карте. Следовательно, термин "скорость кратности" определяется как увеличение кратности на интервал между линиями в указанном направлении, или

$$\text{Продольная скорость кратности} = \frac{\text{Полная кратность} * \text{SLI}}{\text{Продольная ширина зоны понижения кратности}}, \quad (2.22)$$

а

$$\text{Поперечная скорость кратности} = \frac{\text{Полная кратность} * \text{RLI}}{\text{Поперечная ширина зоны понижения кратности}}. \quad (2.23)$$

В примере с расстановкой 10 * 72 зона наращивания кратности и скорость кратности следующие:

$$\text{Продольная ширина зоны наращивания кратности} = \left(\frac{6}{2} - 0.5\right) * 360\text{м} = 900\text{м}$$

$$\text{Поперечная ширина зоны наращивания кратности} = \left(\frac{5}{2} - 0.5\right) * 360\text{м} = 720\text{м}$$

а

$$\text{Продольная скорость кратности} = \frac{30 * 360\text{м}}{900\text{м}} = 12 \text{ на SLI},$$

что эквивалентно 2.5 интервалам линии возбуждения зоны наращивания кратности, а

$$\text{Поперечная скорость кратности} = \frac{30 * 360\text{м}}{720\text{м}} = 15 \text{ на RLI},$$

что эквивалентно 2 интервалам линии приёма.

2.8 ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛ / ШУМ (S/N)

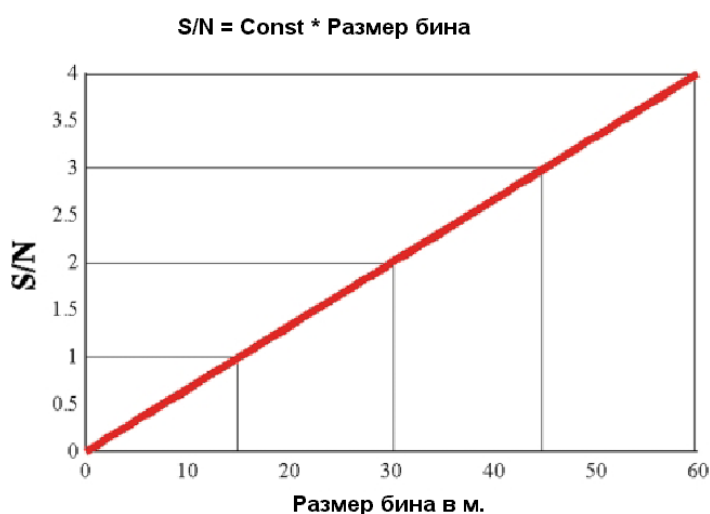


Рисунок 2.6. Связь отношения сигнал / шум с размером бина

Для квадратных бинов, S/N прямо пропорционально длине одной стороны бина (Рисунок 2.6). Поэтому, небольшое изменение размера бина может иметь огромное влияние на кратность и S/N. Проектировщик 3-D съёмки должен ясно и точно определить эти параметры, чтобы эффективно оптимизировать 3-D работы. Если кратность становится ниже требуемого уровня для нескольких бинов, это не обязательно означает, что 3-D съёмка плохо разработана. Увеличение кратности на несколько процентов в лучшем разработанном проекте, может стоить неприемлемое количество денег, которое необходимо, чтобы

удовлетворить требованиям кратности в нескольких бинах.

2.9 РАЗМЕР БИНА

Важно отделить размер бина от интервала бина. Размер бина это область, в которой складываются трассы. Интервал бина определяет, как далеко друг от друга эти суммированные трассы расположены. Часто размер бина и интервал бина используются совместно (как в этом тексте) потому, что они имеют одинаковую величину, но иногда они могут отличаться (например, в гибком бинировании морских съёмок).

Выбор размера бина и кратности происходит совместно. Кратность связана квадратичной зависимостью со стороной бина (Рисунок 2.7). Основное уравнение кратности, выведенной в пункте 2.3, показывает, что отношение кратности к (размеру бина)² равно плотности срединных точек (то есть, числу срединных точек на единицу площади), или

$$\text{Кратность} = SD * NC * B^2. \quad (2.24)$$

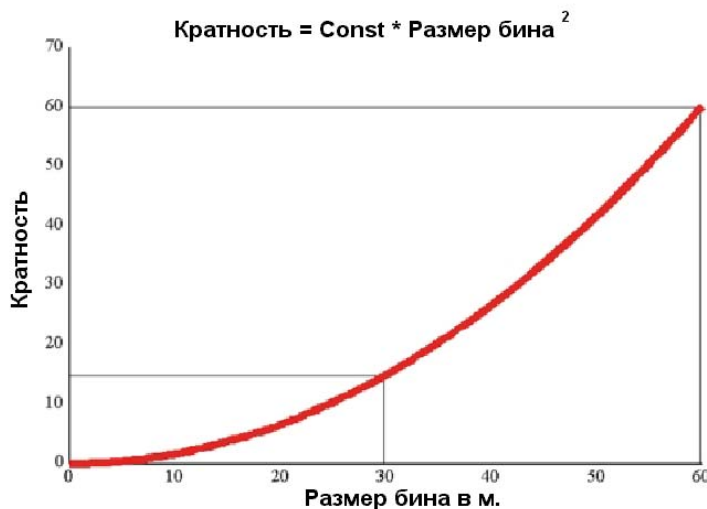


Рисунок 2.7. Зависимость кратности от размера бина

Предпочитаемая форма бина 3-D данных - квадрат. Прямоугольные бины могут быть использованы, чтобы выдвинуть на первый план определённые геологические особенности, если горизонтальное разрешение необходимое в одном направлении отличается от требуемого разрешения в другом направлении. Также, требования к пространственным измерениям для миграции могут быть различны в разных направлениях. Иногда вопросы стоимости определяют различные интервалы ПП а не ПВ, следовательно, размеры бина могут отличаться. В некоторых случаях, прямоугольные бины могут создавать проблемы потому, что небольшое

количество приповерхностных измерений в длинном направлении бина ограничивает разрешающую способность определения геологических объектов в этом направлении.

Размер бина может быть определен при исследовании трёх факторов: размер целевого объекта, максимальная частота на этой глубине, и горизонтальное разрешение, и затем наименьший размер бина, полученный такими исследованиями, принимается как параметр съёмки.

2.9.1 РАЗМЕР ЦЕЛЕВОГО ОБЪЕКТА

Обычно две - три трассы, расположенные так, что они содержат отражения от небольшого целевого объекта, позволяют увидеть его на 3-D записи потому, что это означает, что четыре - девять трасс будут связаны с объектом на временном срезе целевого горизонта. Например, если цель - маленький риф или узкий песчаный канал, то бин должен быть достаточно маленький, чтобы получить, по крайней мере, две (предпочтительно три) трассы сквозь объект. Это требование дает проектировщику 3-D начальное приближение (и строго говоря, завышенное) для размера бина, который равен

$$\text{Размер бина} \leq \frac{\text{Размер объекта}}{3}. \quad (2.25)$$

Рассмотрим следующий пример, где 3-D съёмка в Альберте пересекла широкий 300 м. (1/5 мили) канал (Кордсен, 1993b), который было трудно определить по 2-D данным. В пределах этого узкого канала, 100 метровая (1/16 мили) аномалия из песка, окруженного сланцем, была обнаружена на данных 3-D (Рисунок 2.8). Выбор размера бина - 24 м. * 24 м. (78 футов * 78 футов), позволил распознать эту песчаную аномалию на четырех трассах пересекающих канал. Эти отражения на 4 трассах - почти минимум того, что требуется для распознавания объекта большинством интерпретаторов. Если бы был выбран бин большей величины, то аномалия, возможно, не обнаружилась бы вообще.

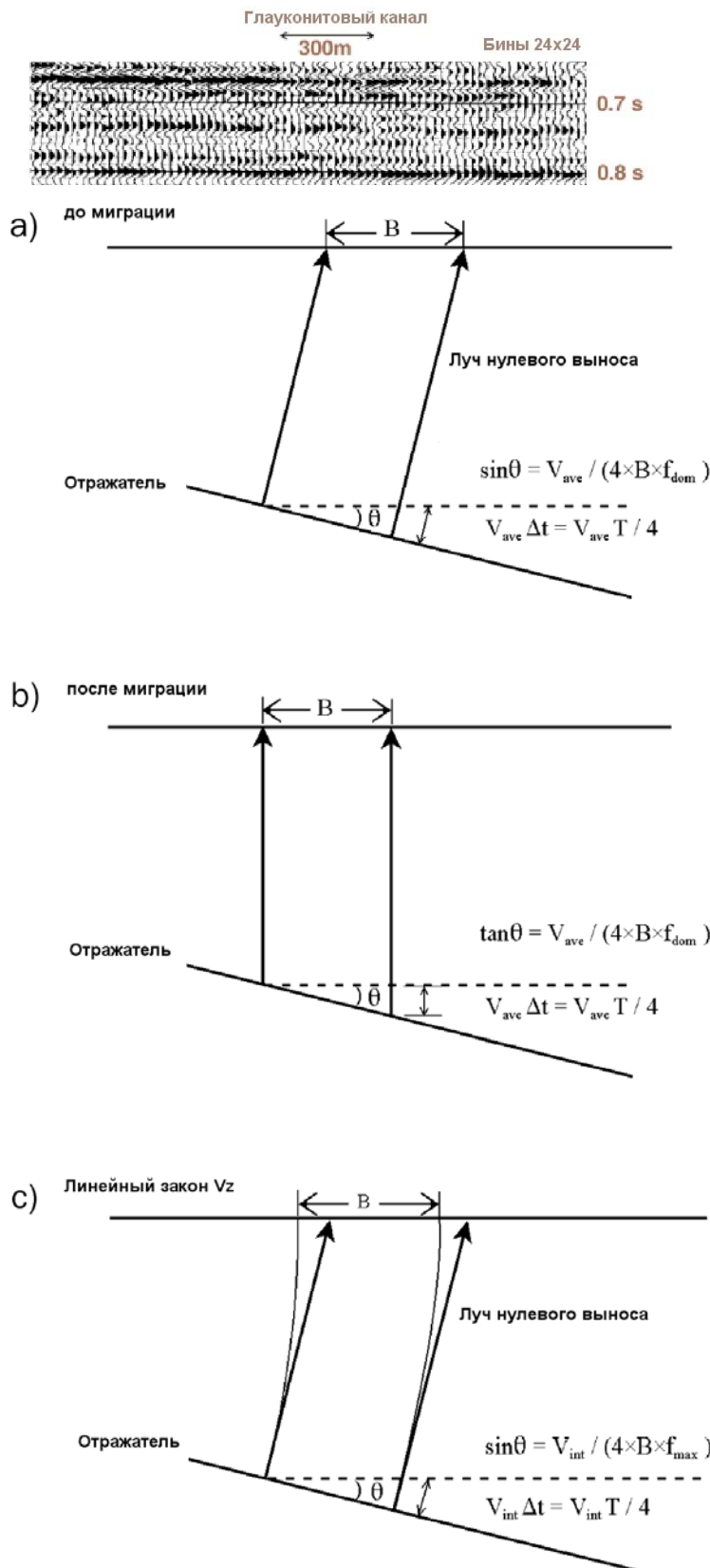


Рисунок 2.9. Размер бина В и максимальная частота; а. до миграции, б. после миграции, с. линейный скоростной закон.

Сила 3-D данных состоит в том, что интерпретатор может сравнивать аномалии на одном поперечном разрезе со следующим разрезом, и так продолжать сейсмическую интерпретацию непрерывно. Старые 2-D данные не убедили бы правление бурить этот узкое песчаное тело, но несколько успешных нефтяных скважин были пробурены в этом канале, основываясь на данных 3-D.

2.9.2 МАКСИМАЛЬНАЯ ЧАСТОТА

Каждый наклонный сейсмический отражатель до миграции имеет максимально возможную доэляйсинговую частоту f , которая зависит от скорости, величины геологического наклона θ , и размера бина - B . В соответствии с рисунком 2. 9а, эти параметры связаны так

$$\sin(\theta) = \frac{V * \Delta t}{B} \quad (2.26)$$

Нужно принимать во внимание тот факт, что Δt представляет собой 1/4 длины волны, так как измеряется двойное время пробега, и два отсчёта на длину волны необходимо сделать, чтобы избежать эффекта зеркальных частот. Таким образом

$$\Delta t = \frac{\lambda}{4 * V} = \frac{1}{4 * f} \quad (2.27)$$

и заменяя Δt

$$\sin(\theta) = \frac{V}{4 * B * f} \quad (2.28)$$

Поэтому,

$$f = \frac{V}{4 * B * \sin(\theta)} \quad (2.29)$$

а

$$B = \frac{V}{4 * f * \sin(\theta)}. \quad (2.30)$$

Наклон отражателя θ очень важен в этих двух уравнениях. Незначительный наклон приводит к сильному увеличению размера бина, чтобы не возникало зеркальных частот, и для достижения максимальной доплеринговой частоты. Наибольший угол в 90 градусов создаёт наибольшие ограничения в этих вычислениях. Главный вопрос состоит в том, чтобы решить какие скорости или частоты должны использоваться для расчётов размера бина. Обычно, используемая для сред с постоянной скоростью, средняя скорость V_{ave} и доминирующая частота f_{dom} (как на рисунках 2.9а и 2.9б), дают:

$$f_{dom} = \frac{V_{ave}}{4 * B * \sin(\theta)}. \quad (2.31)$$

Например:

$$f_{dom} = \frac{2500 \text{ м/с}}{4 * 25 \text{ м} * \sin(15)} = 97 \text{ Гц}$$

или

$$f_{dom} = \frac{7500 \phi / \text{с}}{4 * 82.5 \phi * \sin(15)} = 88 \text{ Гц}$$

Решение для размера бина В,

$$B = \frac{V_{ave}}{4 * f_{dom} * \sin(\theta)}, \quad (2.32)$$

получаем величину бина (если $f_{dom} = 60 \text{ Гц}$):

$$B = \frac{2500 \text{ м/с}}{4 * 60 \text{ Гц} * \sin(15)} = 40 \text{ м}.$$

или

$$B = \frac{7500 \phi / \text{с}}{4 * 60 \text{ Гц} * \sin(15)} = 121 \phi.$$

Большая часть геологических обстановок не гарантируют постоянную скорость в пласте. Скорость, которая увеличивается линейно с глубиной - лучшая аппроксимация в большинстве осадочных бассейнов. Скоростная функция выражается

$$V_z = V_0 + k * Z, \quad (2.33)$$

где V_z - изменяющаяся с глубиной скорость, V_0 - скорость на поверхности, k постоянная (обычно > 0), и Z - глубина. Марграв (1997) использовал эту изменяющуюся с глубиной скорость для определения размера бина.

Необходимо учесть лучевую рефракцию, чтобы избежать сверхограничений размера бина (см. Би и другие, 1994). Пример рефракции иллюстрируется на Рисунке 2.9с (по данным Линера и Гобели, 1997). Лучевые траектории параллельны для параметра луча p , пока не

достигают отражателя. Параметр луча p постоянен, независим от глубины и определяется как

$$p = \frac{\sin(\theta_0)}{V_z}, \quad (2.34)$$

где θ_0 - угол отражения луча, а не геологический наклон. Размер бина для модели, в которой скорость изменяется с глубиной, может быть рассчитан следующим образом:

$$B = \frac{V_z}{4 * f_{\max} * \sin(\theta)}. \quad (2.35)$$

Интервальная скорость V_{int} непосредственно над горизонтом [или V_z в уравнении (2.35)], а не средняя скорость, должна использоваться для вычислений размера бина для исследования целевого объекта. Такой выбор размера бина гарантирует, что максимальная частота на глубине целевого объекта f_{\max} не будет искажена за счёт угла наклона отражателя. Поэтому,

$$f_{\max} = \frac{V_{\text{int}}}{4 * B * \sin(\theta)}. \quad (2.36)$$

Например:

$$f_{\max} = \frac{3000 \text{ м/с}}{4 * 25 \text{ м} * \sin(15)} = 116 \text{ Гц}$$

или

$$f_{\max} = \frac{10000 \phi / \text{с}}{4 * 82.5 \phi * \sin(15)} = 118 \text{ Гц}.$$

Решение для размера бина B ,

$$B = \frac{V_{\text{int}}}{4 * f_{\max} * \sin(\theta)}. \quad (2.37)$$

Например, если $f_{\max} = 80 \text{ Гц}$, то

$$\text{Размер бина } B = \frac{3000 \text{ м/с}}{4 * 80 \text{ Гц} * \sin(15)} = 36 \text{ м}.$$

или

$$\text{Размер бина } B = \frac{10000 \phi / \text{с}}{4 * 80 \text{ Гц} * \sin(15)} = 120 \phi.$$

Любые частоты в исследуемой зоне, которые выше чем f_{\max} будут искажены до миграции. Другими словами, истинные углы наклона объектов будут содержаться только в частотах ниже, чем эта. Для последующих рассуждений будут использоваться максимальная частота и интервальная скорость целевого объекта.

Вышеупомянутые уравнения основаны на двух суммотрассах на длину волны при максимальной частоте. Некоторые компаний используют более строгие требования в три или четыре (или даже нецелочисленные значения типа 2.8) суммотрассы на длину волны на доминирующей частоте, что очень уменьшает размер бина и увеличивает стоимость работ.

Обратите внимание, что процесс миграции понижает частоты для всех наклонных объектов; правило состоит в том, что чем круче угол падения, тем ниже частоты после миграции. Любое наложение частот до миграции может выглядеть как частотная дисперсия после неё из-за специфики алгоритма, который используется. Правильный выбор размера бина успешно сохраняет желаемые максимальные частоты в процессе миграции. Связь между размером бина B и f_{max} после миграции отражена в элементарных формулах похожих на приведённые выше, в которых $\sin \theta$ заменен $\tan \theta$ (Рисунок 2.9b).

Пример в метрической системе:

Используя формулу (2.36), вычислить f_{max} для следующих трёх наборов чисел ($V_{int} = 3000 \text{ м./с.}$):

Угол падения(в градусах)	B (метры)	f_{max} (Гц)
5	100	
20	25	
35	15	

Используя формулу (2.37), вычислить размер бина B для следующих трёх наборов чисел ($V_{int} = 3000 \text{ м./с.}$):

Угол падения (в градусах)	f_{max} (Гц)	B (метры)
15	100	
25	60	
40	40	

Пример в английской системе:

Используя формулу (2.36), вычислить f_{max} для следующих трёх наборов чисел ($V_{int} = 10000 \text{ ф./с.}$):

Угол падения (в градусах)	B (футы)	f_{max} (Гц)
5	440	
20	110	
45	55	

Используя формулу (2.37), вычислить размер бина B для следующих трёх наборов чисел ($V_{int} = 10000 \text{ ф./с.}$):

Угол падения (в градусах)	f_{max} (Гц)	B (футы)
15	80	
20	60	
30	40	

Таблицы аляйсинговых частот
 $V_{int} = 3000 \text{ м./с.}$

Таблица 2.2. Вычисление f_{max} .

$$f_{\max} = \frac{V_{\text{int}}}{4 \times \text{Размер бина} \times \sin \theta}$$

Падение (градусы)	Расстояние между трассами в метрах							
	10	15	20	25	30	50	100	
5	861	574	430	344	287	172	86	
10	432	288	216	173	144	86	43	
15	290	193	145	116	97	58	29	
20	219	146	110	88	73	44	22	
25	177	118	89	71	59	35	18	
30	150	100	75	60	50	30	15	
35	131	87	65	52	44	26	13	
40	117	78	58	47	39	23	12	
45	106	71	53	42	35	21	11	В Гц

Таблица 2.3. Вычисление размера бина В.

$$B = \frac{V_{\text{int}}}{4 \times f_{\max} \times \sin \theta}$$

Падение (градусы)	f_{\max} в Гц							
	40	50	60	70	80	90	100	
5	215	172	143	123	108	96	86	
10	108	86	72	62	54	48	43	
15	72	58	48	41	36	32	29	
20	55	44	37	31	27	24	22	
25	44	35	30	25	22	20	18	
30	38	30	25	21	19	17	15	
35	33	26	22	19	16	15	13	
40	29	23	19	17	15	13	12	
45	27	21	18	15	13	12	11	В метрах

Таблицы аляйсинговых частот
 $V_{int} = 10000$ ф./с.

Таблица 2.4. Вычисление f_{max} .

$$f_{max} = \frac{V_{int}}{4 \times B \times \sin \theta}$$

Падение (градусы)	Расстояние между трассами в футах						
	41	55	82.5	110	165	220	440
5	700	522	348	261	174	130	65
10	351	262	175	131	87	65	33
15	236	176	117	88	59	44	22
20	178	133	89	66	44	33	17
25	144	108	72	54	36	27	13
30	122	91	61	45	30	23	11
35	106	79	53	40	26	20	10
40	95	71	47	35	24	18	9
45	86	64	43	32	21	16	8

В Гц

Таблица 2.5. Вычисление размера бина В.

$$B = \frac{V_{int}}{4 \times f_{max} \times \sin \theta}$$

Падение (градусы)	f_{max} в Гц						
	40	50	60	70	80	90	100
5	717	574	478	410	359	319	287
10	360	288	240	206	180	160	144
15	241	193	161	138	121	107	97
20	183	146	122	104	91	81	73
25	148	118	99	85	74	66	59
30	125	100	83	71	63	56	50
35	109	87	73	62	54	48	44
40	97	78	65	56	49	43	39
45	88	71	59	51	44	39	35

в футах

Такие таблицы аляйсинговых частот могут быть легко рассчитаны для других интервальных скоростей V_{int} для целевой площади.

2.9.3 ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ

До миграции, две точки дифракции неразделимы, если они ближе, чем первый диаметр зоны Френеля. Этот диаметр - обычно большая величина (500 м. или больше) и это означает, что на стеке ОСТ, небольшие, близко расположенные разломы могут быть пропущены. После миграции, горизонтальное разрешение зависит от максимальной частоты волны отражённой от исследуемого объекта. За последние несколько лет, различные определения и формулы, для горизонтального разрешения, были опубликованы.

Денхам (1980):

$$R_h = \frac{R_v}{\sin(\theta)},$$

где θ - максимальный лучевой угол, используемый миграцией, R_h - горизонтальное разрешение, и R_v вертикальное разрешение.

Клербоут (1985):

“Разрешающая способность обычно определяется как приблизительно половина эффективной длины волны...”

Эмбри (1985):

$$dX_r = \frac{0.3 * V}{f_{max} * \sin(\theta)}.$$

Фрилэнд и Хогг (1990):

$$RL = RV = \frac{V}{2 * B},$$

где RL = горизонтальное разрешение, RV = вертикальное разрешение, а B = ширина полосы частот. Это уравнение подразумевает, что временной период = половина ширины полосы частот.

Эбром и другие (1995):

$$RL = \frac{\lambda_{min}}{4 * \sin(\theta)},$$

где $\lambda_{min} = \frac{1}{f_{max}}$, $\theta = \arctan\left(\frac{L}{2 * Z}\right)$, $L / 2$ - половина длины линии, а Z - целевая глубина.

Вермеер (1997):

$$R_x = \frac{V}{4 * f_{max} * \sin(\theta_{x,max})}.$$

Вермеер интерпретирует это, как $\frac{V_{min}}{4 * f_{max}}$, где V_{min} - минимальная скорость Р-волн, а $\theta_{x,max}$

- угол рассеивания, а не наклон отражателя.

Апертура конечной записи (расстановки) в пространстве и времени оставляет сильный отпечаток в спектральной составляющей мигрированных секций (Марграв, 1997). Нет общей договорённости об определении - половина ли это доминирующей длины волны (Клербоут, 1985; Фрилэнд и Хогг, 1990), или - это четверть минимальной длины волны (Эбром, и другие, 1995; Вермеер, 1997), или что-то среднее (Эмбри, 1985)? Один из ключевых вопросов относительно разрешения - способность интерпретатора выявить

искомую особенность. Эта способность зависит от интерпретатора и должна быть учтена при выборе размера бина.

В 3-D наблюдениях, апертура миграции меняется по всей площади из-за краевых эффектов. Поэтому разумно использовать угол апертуры миграции, например в 30 градусов, как в формуле Вермеера. Также очевидно ожидать изменений разрешающей способности в 2 или более раз от границ площади к центру. Существование шума (геологический шум и т.д.) вызывает дополнительные потери разрешающей способности, приводящие её к пределу, который обычно называется “достижимое разрешение”. Практически, “фактическое разрешение” будет меньше чем “достижимое разрешение” из-за ошибок в обработке, типа использование неправильного скоростного закона, недостаточная фазовая компенсация, и т.д.

Для целей нашего непосредственного обсуждения надо принять то, что горизонтальное разрешение будет лежать между одной четвертью и половиной доминирующей длины волны. Доминирующая частота может быть измерена непосредственно из сейсмической записи, таким образом, есть простое уравнение для размера бина:

$$\text{Размер бина } B = \frac{V_{\text{int}}}{N * f_{\text{dom}}}, \quad (2.38)$$

где N изменяется от 2 до 4. Предположим что доминирующая частота f_{dom} на выбранном объекте - 50Гц. Если интервальная скорость непосредственно над объектом - 3000 м./с. (10 000 ф./с), тогда пространственная длина волны,

$$\lambda_{\text{dom}} = \frac{3000 \text{ м./с}}{50 \text{ Гц}} = 60 \text{ м. Или } \left(\frac{10000 \text{ ф./с}}{50 \text{ Гц}} = 200 \text{ ф.} \right),$$

а размер бина:

$$\text{Размер бина } B = \frac{3000 \text{ м./с}}{2 * 50 \text{ Гц}} = 30 \text{ м. (или 15 м. для } N = 4),$$

или

$$\text{Размер бина } B = \frac{10000 \text{ ф./с}}{2 * 50 \text{ Гц}} = 100 \text{ ф. (или 50 ф. для } N = 4).$$

Используя примеры последних нескольких страниц, горизонтальное разрешение определяет диапазон возможных размеров бина от минимума в 15 м. (50 футов) до максимально приемлемого размера в 30 м. (100 футов) (Таблица 2.6). Существует немного причин выбора меньшего размера бина, чем это необходимо для горизонтального разрешения. Бины меньших размеров не обеспечили бы никакой дополнительной информации. Аналогично, большие бины представляют опасность того, что некоторые объекты не будут разрешены по горизонтали.

Размер бина меньше, чем четверть доминирующей длины волны приводит к избытку данных и не обеспечивает никакой дополнительной информации. Размер бина превышающий половину доминирующей длины волны приводит к пространственному алейсингу и потере информации.

Таблица 2.6. Выбор размера бина.

Параметр	Размер бина
Размер целевого объекта	33 м. (100 футов)
Эффект зеркальных частот начинается с	36 м. (120 футов)
Горизонтальное разрешение	15-30 м. (50-100 футов)

Для этого примера выбран размер бина в 30 м.

2.9.3.1 ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ПОСЛЕ МИГРАЦИИ

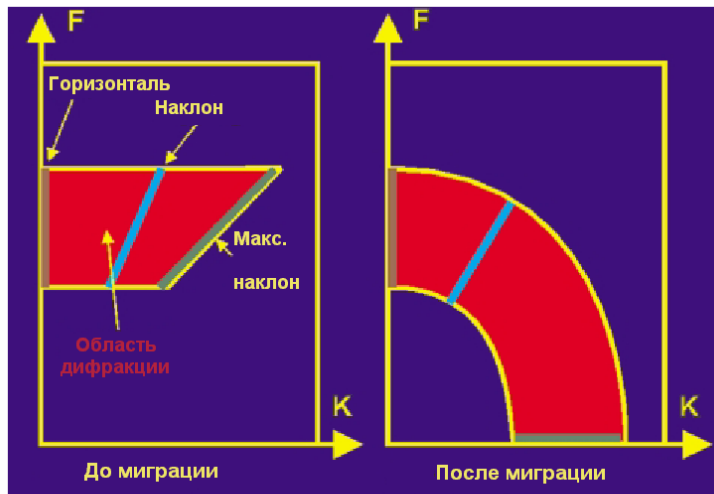


Рисунок 2.10. Горизонтальное разрешение до и после миграции

Горизонтальное разрешение, которое существует после миграции можно объяснить, используя Рисунок 2.10. Четыре объекта показаны в f - k области и до, и после миграции. Результат миграции состоит в трансформации высоких частот в низкие для одного и того же волнового числа. Величина смещения увеличивается с увеличением волнового числа (k). Этот результат справедлив для любого миграционного алгоритма. Ключевые критерии, используемые в миграции - следующие:

Плоская ось синфазности: энергия для всех плоских отражений находится на оси частот и ограничена полосой пропускания отражённого сигнала. Горизонтальные объекты не затрагиваются миграцией.

Наклонная ось синфазности: Миграция наклонных осей синфазности приводит к увеличению угла наклона, общему понижению частоты, и сужению полосы частот.

Максимальный угол наклона: Эти оси синфазности имеют предельный угол наклона до миграции, что приводит к 90 градусному углу после неё. Волна не имеет никакой частоты после миграции и проявляется как DC наклон на мигрированных данных.

Дифракция: До миграции дифракция занимает все цветовые зоны с ограниченной полосой частот. После миграции дифракция разрушается и занимает все цветовые зоны в правой части Рисунка 2.10. Миграция отображает точки из f - k области в другие точки с более низкими частотами. Теперь дифракция имеет частоты от нуля до максимальной частоты до миграции и волновые числа от нуля до максимальной пространственной частоты. Дифракция преобразуется в пик ограниченный в полосе частот и волновых чисел. Её временное разрешение (эквивалентное одной длине волны на максимальной частоте) равно пространственному разрешению (одна длина волны на максимальной частоте выраженная в пространственных единицах).

2.9.3.2 РАЗДЕЛЕНИЕ ДИФРАКЦИЙ

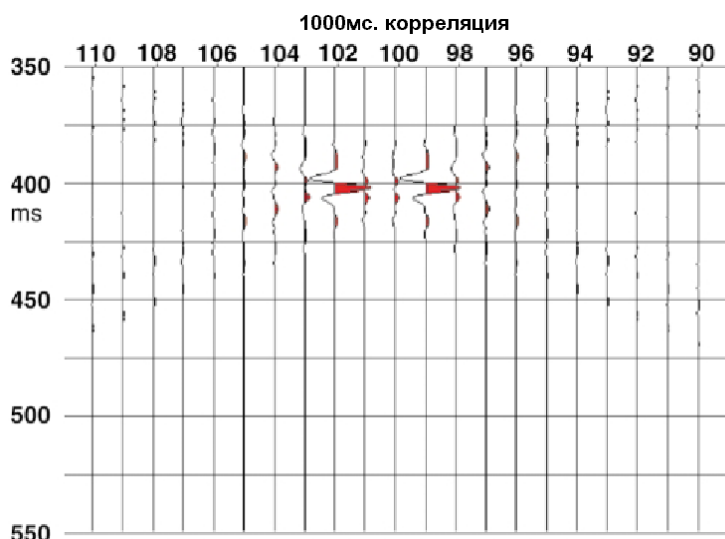


Рисунок 2.11b. Два дифрагирующих объекта после миграции Кирхгоффа, волна 100Гц.

Следующие четыре синтетических примера показывают две дифракции, разделенные двумя промежуточными трассами (расстояние между трассами - 10м. (33 фута)) при скорости 3000 м./с. (10000ф./с.); таким образом, точки дифракции находятся на расстоянии 30м. (100 футов) друг от друга.

На первой паре рисунков (Рисунок 2.11а до миграции, Рисунок 2.11b после миграции), установлена максимальная частота в 100 Гц, и два объекта хорошо различаются после

миграции. Фактически, этот случай - предел пространственного разрешения для данной частоты и расстояния между объектами. Пространственная длина волны равна 30 м. (100 футов), это подтверждается тем фактом, что каждая дифракция после миграции преобразуется в отдельный пик, и что имеются две трассы между ними. Длина волны может быть рассчитана, используя выражение

$$V_{int} = f_{max} * \lambda_{max}, (2.39)$$

или

$$\lambda_{max} = \frac{V_{int}}{f_{max}}, (2.40)$$

или

$$\lambda_{dom} = \frac{V_{int}}{f_{dom}} \cong 2 * \lambda_{max}, (2.41)$$

где V_{int} - скорость непосредственно над объектом, f_{max} - максимальная частота, f_{dom} - доминирующая частота $\cong 1/2 * f_{max}$, λ_{max} - длина волны на частоте f_{max} , и λ_{dom} - длина волны на частоте f_{dom} .

В этом примере:

Пространственная длина волны =
$$\frac{3000 м / с}{100 Гц} = 30 м .$$

или

Пространственная длина волны =
$$\frac{10000 \phi / с}{100 Гц} = 100 \phi .$$

Пространственное разрешение - также 30 м. (100 футов), то есть, одна длина волны на максимальной частоте, или половина длины волны на доминирующей частоте. В этом случае

для вычислений использовалась максимальная частота. Можно получить тот же самый ответ, используя половину длины волны на доминирующей частоте 50 Гц.

Вторая пара рисунков (Рисунок 2.12а до миграции, Рисунок 2.12б после миграции) иллюстрирует результат сокращения максимальной модельной частоты до 50 Гц, что соответствует пространственной длине волны 60 м. (200 футов). В этом случае, обе точки дифракции имеют одинаковую положительную амплитуду "пространственной формы импульса", а горизонтальное разрешение потеряно.

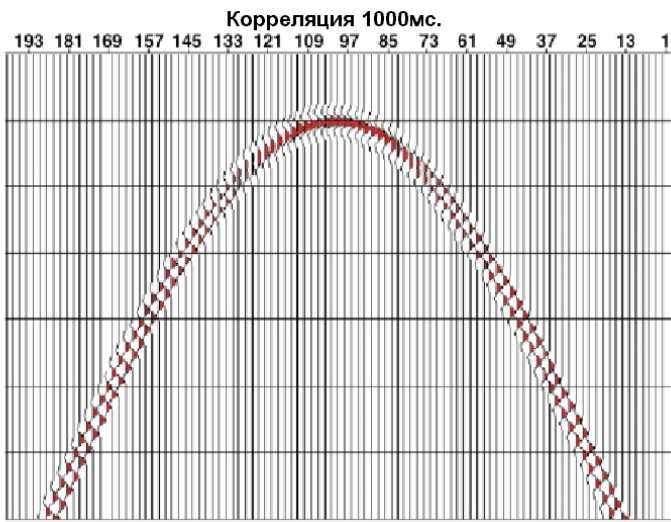


Рисунок 2.12а. Два дифрагирующих объекта до миграции, волна 50Гц, горизонталь

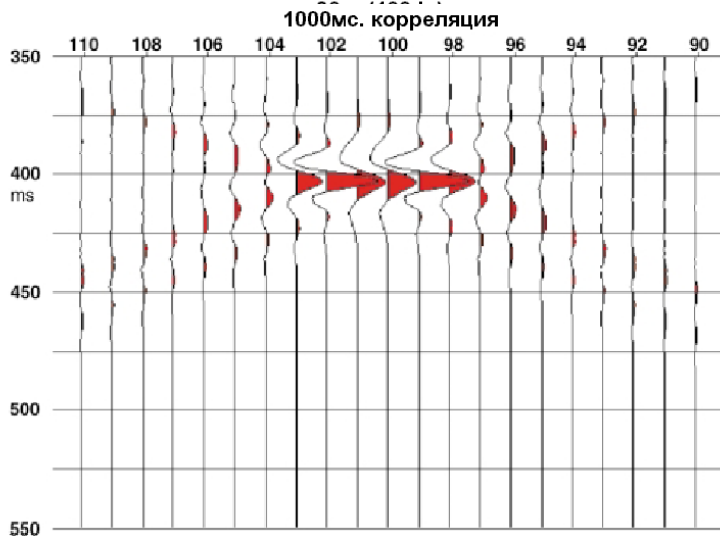


Рисунок 2.12б. Два дифрагирующих объекта после миграции Кирхгофа, волна 50Гц.

$$\text{Пространственная длина волны} = \frac{3000 \text{ м/с}}{50 \text{ Гц}} = 60 \text{ м}.$$

или

$$\text{Пространственная длина волны} = \frac{10000 \phi / \text{с}}{50 \text{ Гц}} = 200 \phi.$$

2.9.4 ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ

Классическая статья по вертикальному (временному) разрешению была издана Калвиетом и

Вудом (1982). Они обсуждают различные критерии (Rayleigh, Ricker, и Widess) и то, как они могут использоваться, чтобы описать ширину импульса, как меру временной разрешённости. В работе Вермеера (1999а) отмечено, что конфигурация расстановки 3-D источников и приемников ведет к значительному различию между вертикальным и горизонтальным разрешением. Вермеер предлагает следующую формулу в качестве более практичной альтернативы другим оптимистичным формулам, полученную из соображений нулевых выносов и критерия Видесса ($R_z = 1/4 * f_{\max}$),

$$R_z = \frac{c * V}{2 * f_{\max} * \cos(i)}, \quad (2.42)$$

где R_z - вертикальное разрешение в пространственных единицах, c - постоянная зависящая от используемого критерия (Рэлей и т.д.), V - местная интервальная скорость в физической размерности временного импульса, f_{\max} - максимальная зарегистрированная от объекта частота, а $\cos i$ - косинус угла i , который является половиной противолежащего источнику и приёмнику угла с вершиной в глубинной точке; $\cos i$ может интерпретироваться как NMO растяжение, которое уменьшает f_{\max} до $f_{\max} * \cos i$.

Пример:

$V = 2500 \text{ м./с.},$

$C = 0.715$ (критерий Рэля),

$\cos i = 0.9, f_{\max} = 40 \text{ Гц}.$

Тогда

$$R_z = 0.715 * 2500 / 2 * 40 * 0.9 = 25 \text{ м}.$$

В большинстве случаев лучше использовать $c = 0.715$. В некоторых случаях можно использовать $c = 0.25$ (критерий 1/4 длины волны), если все параметры вокруг целевого горизонта более или менее постоянны за исключением мощности. В таком случае, можно спокойно пользоваться настройкой результатов. Величина $\cos i$ может также быть взята равной 0.9, что приблизительно соответствует “критерию максимального выноса равного глубине” для мьютинга (растяжение NMO).

Таким образом, практическое уравнение

$$R_z = \frac{0.715 * V}{2 * f_{\max} * 0.9} = \frac{0.4 * V}{f_{\max}}. \quad (2.43)$$

Это уравнение показывает, что вертикальное разрешение R_z равно 2/5 длины волны, отражённой от объекта, который должен быть разрешён, при максимальной частоте.

Давайте проектировать 3-D — Часть 1

Для следующего упражнения простое приближение для вычисления синуса, которым можно пользоваться выглядит так:

$$\text{SIN (угол)} \cong \text{Угол} / 60.$$

Например:

SIN 6 \cong 0.1
 SIN 12 \cong 0.2
 SIN 18 \cong 0.3

Это приближение имеет точность 6% для углов <45 градусов.
 В этом примере используются следующие известные параметры (метрическая система):

Существующие 2-D данные хорошего качества имеет кратность	30
Самые крутые углы падения	20 градусов
Малоглубинные маркеры, которые должны быть исследованы, имеют вынос	500м.
Целевая глубина	2000 м.
Целевое двойное время	1.5 с.
Глубина кристаллического фундамента	3000м.
Vint над целевым горизонтом	4200 м./с.
Fdom на целевом горизонте	50Гц
Fmax на целевом горизонте	70Гц
Горизонтальный размер объекта	300м.

Ортогональный метод должен быть использован.

Требуемая кратность:

1/2 полной 2-D кратности =

Размер Бина:

- а) Для размера объекта: $B = \text{размер объекта} / 3 =$
 б) Для исключения зеркальных частот: $B = Vint / (4 * fmax * SIN \theta) =$
 в) Для горизонтального разрешения: $B = Vint / (N * fdom)$,
 ($N = 2$ до 4) = ____ до ____
 Размер бина $B =$
 $R/ =$
 $S/ =$

Давайте проектировать 3-D — Часть 1 (английская система)

В этом примере используются следующие известные параметры:

Существующие 2-D данные хорошего качества имеют кратность	30
Самые крутые углы падения	20 градусов
Малоглубинные маркеры, которые должны быть исследованы, имеют вынос	1500 футов
Целевая глубина	6000 футы
Целевое двойное время	1.5с.
Глубина кристаллического фундамента	10000 футы
Vint над целевым горизонтом	14000 ф./с.
Fdom на целевом горизонте	50Гц
Fmax на целевом горизонте	70Гц
Горизонтальный размер объекта	1000футы

Ортогональный метод должен быть использован.

Требуемая кратность:
1/2 полной 2-D кратности

Размер Бина:

а) Для размера объекта: $B = \text{размер объекта} / 3 =$

б) Для исключения зеркальных частот: $B = V_{int} / (4 * f_{max} * \sin \theta) =$

с) Для горизонтального разрешения: $B = V_{int} / (N * f_{dom}),$

($N = 2 \text{ до } 4$) = ____ до ____

Размер бина $B =$

RI =

SI =

2.10 Xmin

Бин в центре ячейки сформированной двумя смежными линиями приёма и двумя смежными линиями возбуждения имеет наибольший минимальный вынос среди всех бинов в ячейке. Самый большой минимальный вынос поэтому - диагональ этой ячейки (Рисунок 2.13а). Интервалы линий приёма и возбуждения (SLI и RLI) в значительной степени определяются требуемой величиной Xmin. В ортогональной, кирпичной, и зигзагообразной геометрии (см. Главу 5) самый большой минимальный вынос связан непосредственно с SLI и RLI. Для ортогональной геометрии съёмки, Xmin определяется:

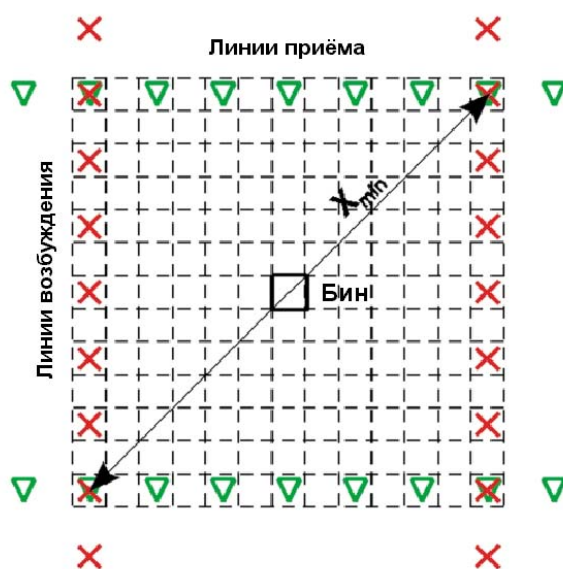


Рисунок 2.13а. Определение Xmin в случае совпадения ПВ и ПП на углах ячейки

Кратность

4

3

2

1

0

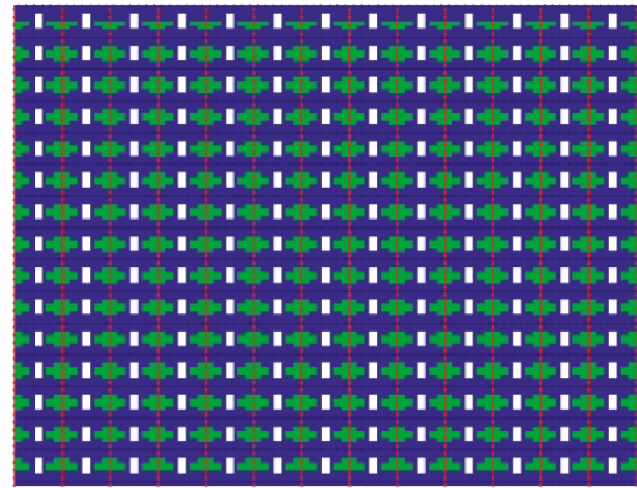


Рисунок 2.14. Распределение кратности на неглубоких уровнях для завышенной величины Xmin.

$$X_{min} = (RLI^2 + SLI^2)^{1/2}. \quad (2.44)$$

Очевидно, больший из RLI и SLI имеет большее влияние на Xmin. Поэтому, в ортогональной съёмке квадратная ячейка - идеальный способ уменьшения Xmin. Возвращаясь к практическому примеру:

$$X_{min} = (360^2 + 360^2)^{1/2} \text{ м.} = 509 \text{ м.}$$

или

$$X_{min} = (1320^2 + 1320^2)^{1/2} \text{ фуды} = 1867 \text{ фуды.}$$

Как правило, линии смещены относительно своих непосредственных позиций на один размер бина в точках пересечения (Рисунок 2.13b), чтобы уменьшить двойные лучевые траектории. Формула Xmin слегка изменяется для этой геометрии так:

$$X_{min} = [(RLI - 0.5 * SI)^2 + (SLI - 0.5 * RI)^2]^{1/2}. \quad (2.45)$$

При таком смещении линии возбуждения или приёма, четыре бина в центре ячейки, а не один, имеют один и тот же наибольший X_{min} . Возвращаясь к практическому примеру:

$$X_{min} = [(360 - 30)^2 + (360 - 30)^2]^{1/2} \text{ м.} = 467 \text{ м.}$$

или

$$X_{min} = [(1320 - 55)^2 + (1320 - 55)^2]^{1/2} \text{ фуды} = 1789 \text{ фуды.}$$

X_{min} должен быть достаточно маленьким, чтобы адекватно воспринимать информацию от малоглубинных отражателей, которые могут быть использованы для расчетных или других целей. Если такой малоглубинный маркер не зарегистрирован соответствующим образом (потому что расстояние слишком мало), это неблагоприятно воздействует на интерпретируемость данных 3-D.

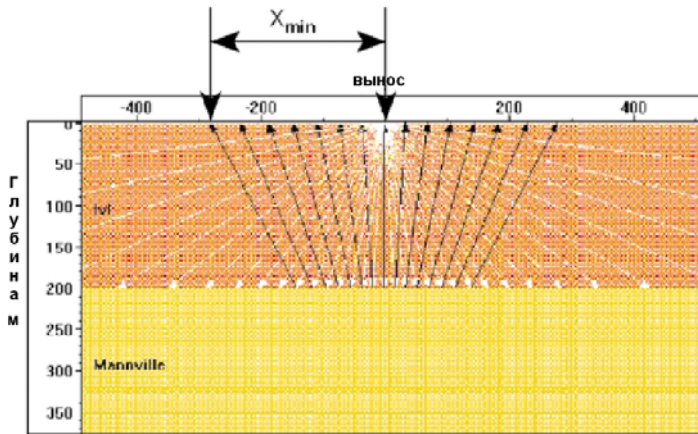


Рисунок 1.16. Моделирование X_{min}

Рисунок 2.14 показывает, что

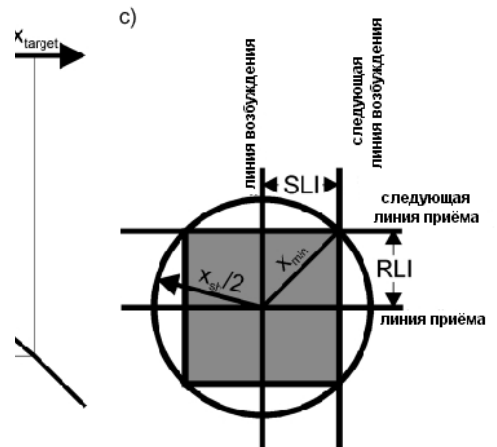


Рисунок 2.15а. Т-х схема по диагонали через середину ячейки, б. Функция мьютинга показывающая отношение между X_{min} , X_{sh} , и X_{target} , с. Требуемое соотношение между X_{min} и X_{sh} , чтобы получить данные с кратностью равной 4 по X_{sh} (по данным Вермеера, 1998а).

происходит, когда выбранная конфигурация линий приёма и возбуждения создает X_{min} , который слишком велик по критериям малоглубинных отражателей. В центре ячеек, появляются дырки распределения кратности. Недостаточная кратность может представить малоглубинную границу в противоречивом и ненадежном виде, и отбивка времён или амплитуд может быть невозможна. Эта неспособность пикировать маленькие времена отражений в обоих случаях уменьшает надежность любой интерпретации, прослеживания или картирования малоглубинных горизонтов.

Стеки с одинарной кратностью в бинах, которые имеют самые большие X_{min} , часто бывают непригодными для точной интерпретации, или для пикирования времён горизонта с целью построения изохрон. Схематическая сейсмическая модель по направлению измерения X_{min} (Рисунок 2.15а) демонстрирует недостаток данных на малых временах

вступления отражений. Эти промежутки в данных связаны со схемой мьютинга представленной на Рисунок 2.15б, где данные с однократным перекрытием принимаются ниже T_{min} . Обычно, по крайней мере, четырехкратное перекрытие необходимо чтобы быть достаточно уверенным в правильной интерпретации информации от малоглубинных маркеров Z_{sh} (на времени T_{sh}). Вермеер (1998а) вывел такую формулу четырехкратного перекрытия при симметричном измерении на расстояниях мьютинга X_{sh} , (Рисунок 2.15с) выглядящую как

$$X_{sh} = RLI * 2 * 2^{1/2} = SLI * 2 * 2^{1/2} = 2 * X_{min}. \quad (2.46)$$

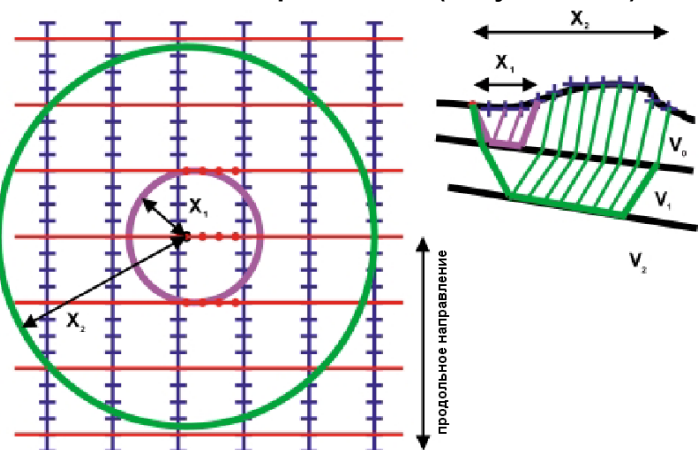


Рисунок 2.17b. Критерий рефракции - план и разрез.

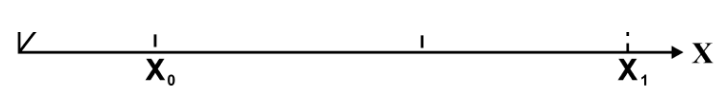


Рисунок 2.17а. Критерий рефракции - диаграмма t-x.

Уравнение 2.46 несколько пессимистично и не применимо когда интервалы между линиями возбуждения и приёма различны. Улучшенная оценка обеспечивается следующим уравнением, которое включает вклады от интервалов обоих типов линий. Эта оценка в основном имеет точность в пределах 10 % для выносов, требуемых, чтобы достигнуть четырёхкратного перекрытия.

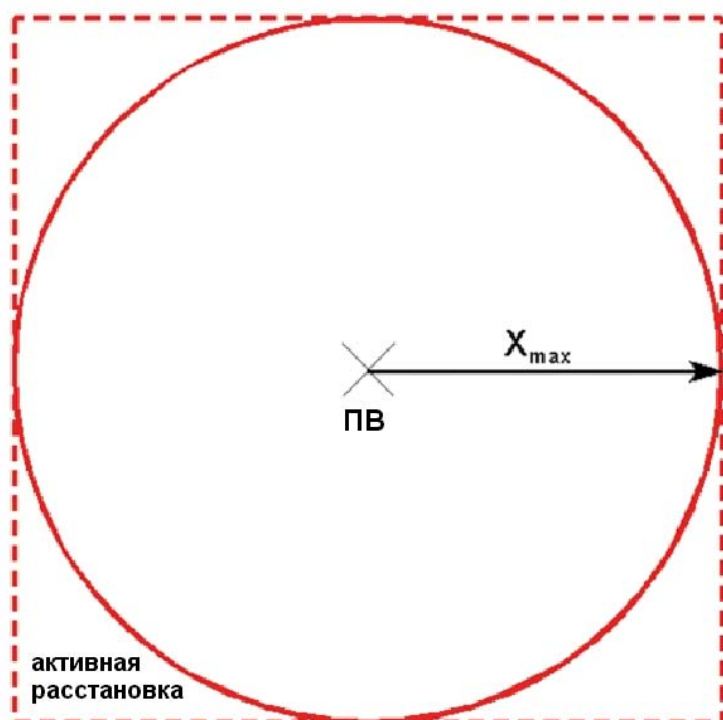
$$X_{sh} = \text{MAX}(SLI, RLI) + \text{MIN}(SLI, RLI) * 2^{1/2} \quad (2.47)$$

Геологическая модель типа той, что представлена на Рисунке 2.16, помогает определить выносы, на которых возникает критическая рефракция. Если необходимо картировать малоглубинный горизонт, отражения произойдут из-за этого критического угла рефракции. Обычно (пренебрегая наклоном), критическая рефракция возникает при угле примерно 35 градусов, вынос, записывающий её, равен $2 * Z_{sh} * \text{TAN } 35 = 1.4 * Z_{sh}$, где Z_{sh} - глубина самого малоглубинного картируемого горизонта. Встреча с таким явлением при выборе X_{min} , находящимся в диапазоне от 1.0 до 1.2 Z_{sh} гарантирует получение данных с одинарной кратностью, которая вероятно является недостаточной для картирования. Если X_{min} для съёмки больше, чем определенный этой моделью (Рисунок 2.16; например, 400м.), тогда будут иметься пропуски в суммируемой отраженной энергии. Эти промежутки данных ведут к распределению кратности похожей на ту, которая представлена на рисунке 2.14. Функция мьютинга (из 2-D данных) может часто быть лучшим руководящим принципом для выбора X_{min} .

Практическое правило: X_{min} должен быть меньше чем 1.0 - 1.2 Z_{sh} .

Критерий рефракции говорит, что должно всегда быть, по крайней мере, три измерения малоглубинных рефрагирующих объектов, чтобы адекватно определить скорость V_1 (Рисунок 2.17). Продольное направление обеспечивает большое количество измерений рефракции. Первое поперечное измерение V_1 должно быть в пределах интервала приёмной линии первого продольного измерения V_1 . Отсутствие общих приёмников в поперечном направлении для малоглубинных рефрагирующих объектов означает, что статические поправки за рефракцию не полностью увязаны между соседними приёмными линиями. Таким образом, статические сдвиги от одной линии приёма к следующему определены недостаточно полно. Полученные 2-D данные могут обеспечивать критическую информацию относительно первого рефрагирующего объекта. Так как интервал линий приёма воздействует на X_{min} , RLI должен быть выбран достаточно маленьким, чтобы гарантировать необходимый набор измерений рефракции.

Альтернативой для удовлетворения критерию рефракции является запись отдельных 2-D профилей по каждой линии возбуждения и приёма. Это полностью определит задержки (статику) источников и приёмников, и приповерхностные скорости. Стоимость отдельных 2-D профилей для учёта статики может быть более оправдана для 3-D съёмки с широко разнесёнными линиями приёма и возбуждения, чем сокращение интервалов линий.



2.11 X_{max}

Требуемый максимальный вынос зависит от расстояния до самого глубокого объекта, который должны быть отображён. Также необходимо принять во внимание размер стека для НМО и угол наклона. Строго установлено, что проектировщик уделяет особое внимание распределению выносов от линии к линии.

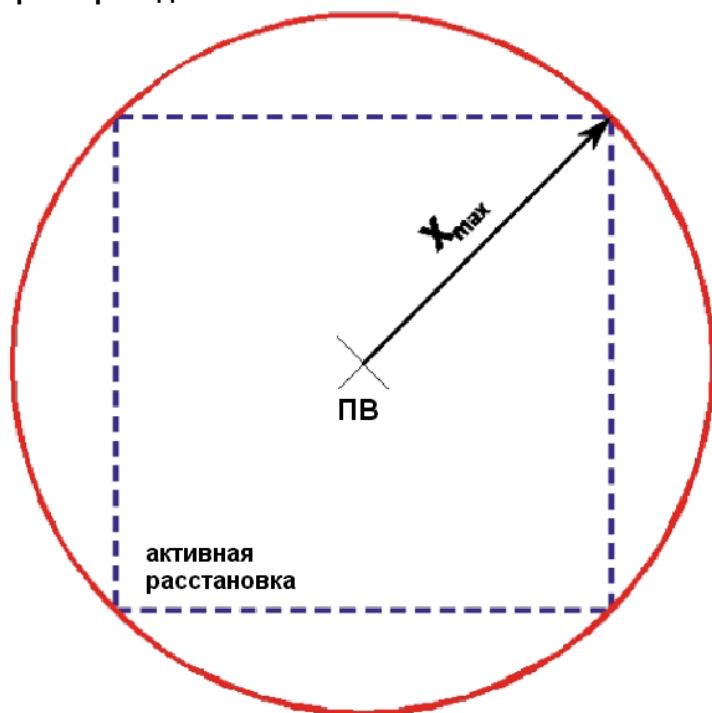
Процедура мьютинга дальних выносов имеет большое влияние на выбор максимального записываемого выноса (Кордсен, 1995b). Если X_{max} в активной расстановке представляет собой максимальный действующий вынос (Рисунок 2.18а), то трассы на приёмной линии находящиеся

Рисунок 2.18а. Продольное X_{max}

далеко от ПВ будут отрезаны. Величина кратности ограничена X_{mute} . Так как отношение площадей круговой и квадратной расстановки $= \pi R^2 / (\text{размер расстановки})$, кратность в пределах круга радиуса R уменьшается до (сравните с 2.6)

$$\text{Кратность} = \frac{SD * NC * B^2 * \pi * R^2}{\text{Размер активной расстановки}}. \quad (2.48)$$

R равен X_{mute} . Если, однако, X_{max} измерен по диагонали расстановки, тогда никакие трассы не будут отрезаны и X_{max} - действительно максимальный вынос на площади. В этом случае, все трассы будут использоваться в стеке (Рисунок 2.18b). Эта геометрия делает вычисления кратности более простым делом, и может быть достигнуто более единообразное распределение кратности (См. пункты 2.4, 2.5, и 2.6). Другие аспекты дизайна расстановки обсуждены в пункте 3.4. Когда X_{max} измеряется вдоль, площадь расстановки получается в два раза больше той, которую можно получить, измерив этот параметр по диагонали.



Регистрируемый X_{max} , может быть изменен при размещении ПВ вне центра приёмной расстановки. При этом подходе, число дальних выносов, которые превышают “кратчайший дальний вынос” уменьшается, что не может обеспечить адекватность вкладов дальних выносов.

В типичных приёмных расстановках 3-D, используется нелинейное сочетание выносов, то есть, имеется немного ближних и много дальних выносов (Рисунок 2.19). Фактически, широкоазимутальные съёмки имеют квадратичное распределение выносов (см. пункт 3.3). Узкоазимутальные съёмки имеют более линейные распределения выносов, очень похожие на распределение выносов при 2-D работах. Пунктирная линия на рисунке 2.19 - распределение кратности широкоазимутальной

Рисунок 2.18b. Диагональное X_{max}

ортогональной съёмки с восьмью линиями приёма в расстановке.

Таблица 2.7 Типичное распределение выносов.

Вынос	Пример	Кратность	Пример.
1/3	1000 м.	10-20%	3-6
2/3	2000 м.	50-70%	15-21
Полный	3000 м.	100%	30

Хорошее приближение (для широкоазимутальной расстановки) выглядит так - первые 33% диапазона выносов включают в себя 7% от общего числа выносов, следующие 33% вносят 29%, и заключительные 33% содержат 64% выносов. Следовательно, длинные выносы доминируют на площади.

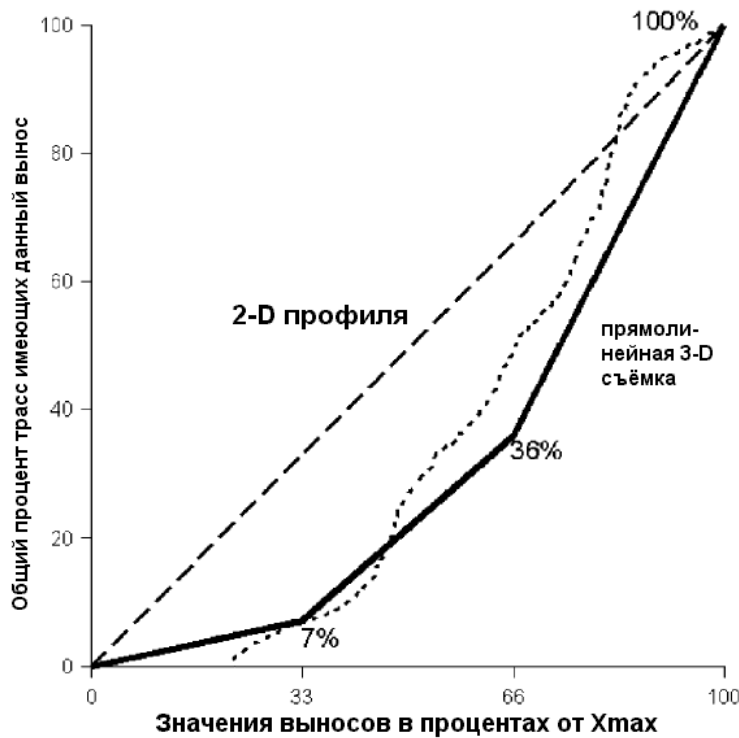


Рисунок 2.19. Типичные распределения выносов (3-D против 2-D)

Практическим путём было установлено, что количество выносов, представляющих каждый диапазон в широкоазимутальной съёмке влияет на изменение кратности как это показано на таблице 2.7. Если X_{max} определён как диагональ активной расстановки, процент трасс с дальними выносами (в последней трети) становится меньше 50% от всех трасс в регистрирующей расстановке (сравните с рисунком 3.7а). Проценты в таблице 2.7 являются осреднёнными числами потому, что конкретные значения зависят от отношения сторон и числа линий приёма в расстановке. Если проведена корректная обработка (типа NMO, DMO, и миграции), это нелинейное распределение выносов не должно вызывать проблем. Однако многоканальная фильтрация и растягивающее действие NMO на дальних выносах может привести к более низкой полосе частот.

Хороший совет - необходимо грамотно использовать данные существующих 2-D съёмок, чтобы определить кратность, S/N, X_{min} , и X_{max} . Информация по выносам (например, полевые записи и сейсмограммы ОПВ с проведённой NMO коррекцией) всех доступных 2-D данных должна быть исследована полностью перед определением используемого диапазона выносов пригодных к использованию для 3-D сейсморазведки. На рисунке 2.20 представлен пример, где максимальный используемый вынос для отображения исследуемой зоны равен 1400м. (4600 футов), что определено по линии мьютинга. Трассы записывались на выносах до 1800 м. (6000 футов), но они не внесли вклада в стек на целевой зоне. Кратность поэтому будет более низкой, чем можно было бы ожидать в соответствии с вычислениями, основанными на наличии всех выносов.

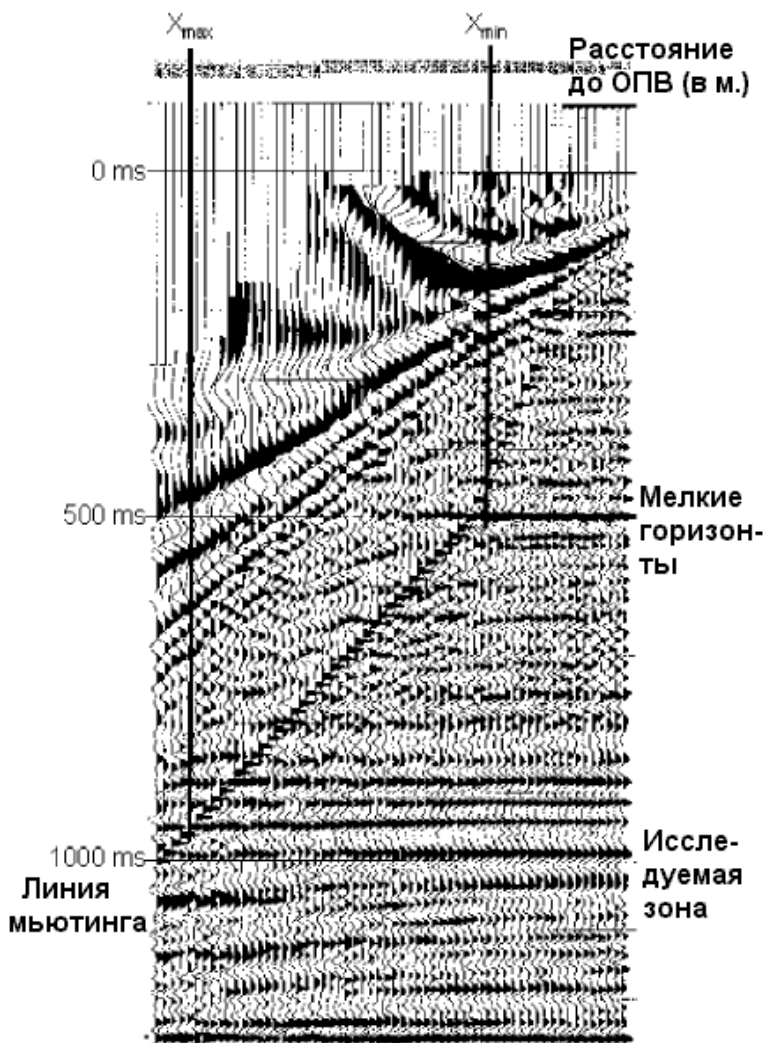


Рисунок 2.20. Сейсмограмма ОПВ с введёнными кинематическими поправками

Чтобы определить X_{\max} , можно подготовиться геологическую модель типа той, что представлена на рисунке 2.21а. Простые лучевые траектории показывают, где рассеивается отраженная энергия для каждого исследуемого слоя. При исследовании таких схем, подходящие значения X_{\min} и X_{\max} могут быть определены для каждого объекта и, следовательно, для всей модели.

2.11.1 ЦЕЛЕВАЯ ГЛУБИНА

Наибольший регистрируемый вынос вообще имеет то же самое значение, что и целевая глубина. Большинство моделей и полевых работ показали, что это хорошее первое приближение.

Практическое правило: X_{\max} должен быть приблизительно такой же, как и первичная целевая глубина, обычно записывается так: $X_{\max} = \text{Целевая Глубина}$.

2.11.2 ПОМЕХИ ОТ ПРЯМОЙ ВОЛНЫ

Прямая волна, которая движется от источника к приемнику по кратчайшему расстоянию, начнет влиять на отраженные волны с выноса X_{direct} и времени t_{NMO} (Рисунок 2.21b), где

$$X_{\text{direct}} = V_{\text{lvl}} * (t_{\text{NMO}} + t_{\text{mute}}), \quad (2.49)$$

а

$$t_{\text{NMO}} = \left(t^2 + \frac{X_{\text{direct}}^2}{V^2} \right)^{1/2}, \quad (2.50)$$

где V_{lvl} - скорость в среде между источником и приемником, V - эффективная скорость над первичным объектом (целью), и t_{mute} - небольшая зона мьютинга (примерно 200 мс.), которая равна времени запаздывания прямой волны.

Заменяя t_{NMO} ,

$$X_{\max} < X_{\text{direct}} = V_{\text{lvl}} * \left[\left(t^2 + \frac{X_{\text{direct}}^2}{V^2} \right)^{1/2} + t_{\text{mute}} \right]. \quad (2.51)$$

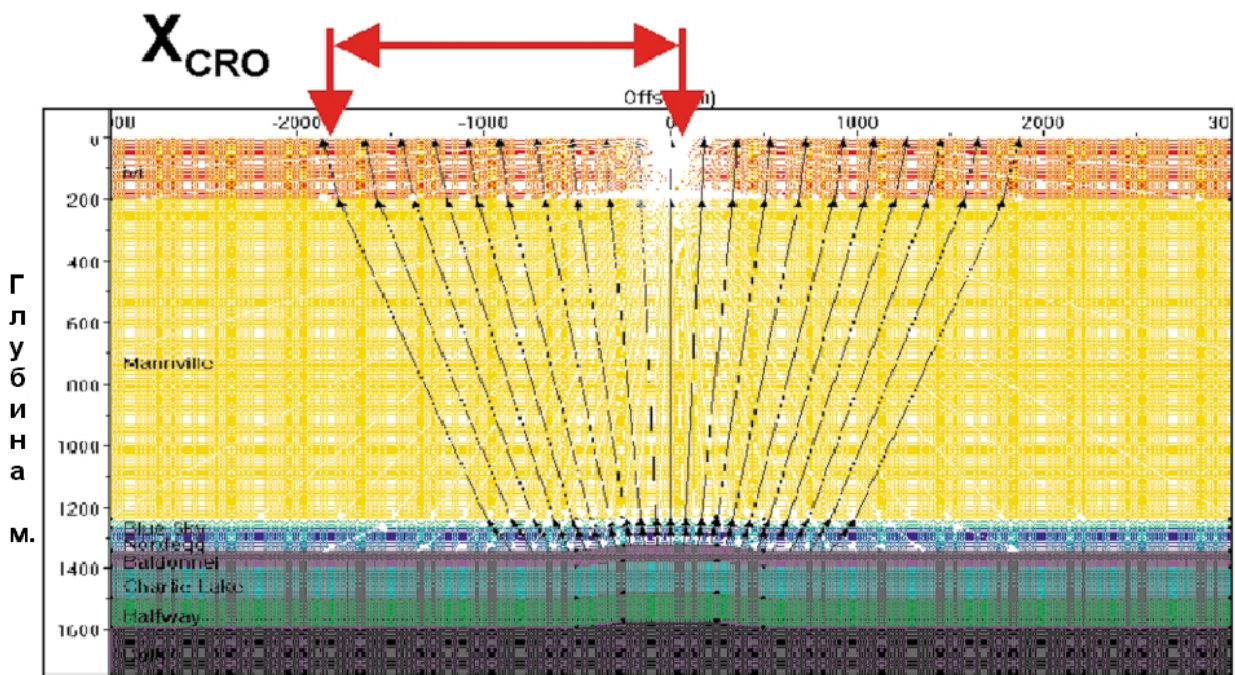


Рисунок 2.21а. Моделирование Xmax. Xcro = вынос критического отражения

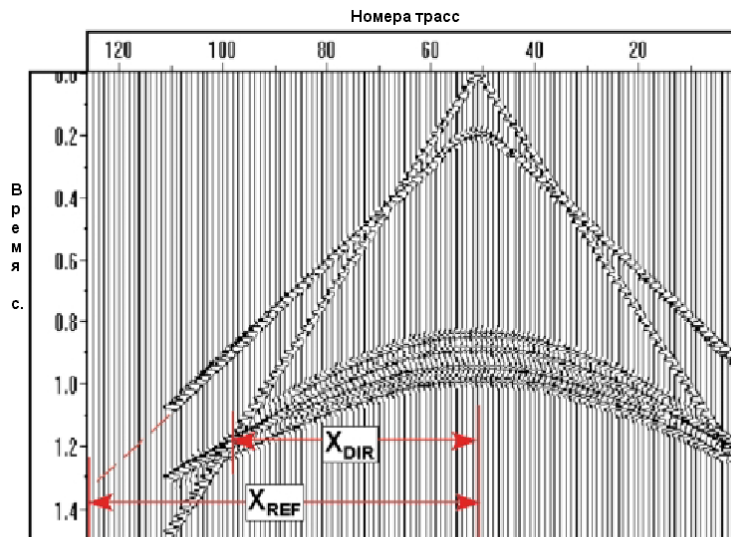


Рисунок 2.21б. Синтетическая сейсмограмма для модели приведённой выше (расстояние между трассами 50 м.)

Компьютерная программа может решить эти уравнения для значения Xdirect, имея на входе t, V, Vlv, и tmute. Должны использоваться существующие 2-D данные, чтобы определить возможные приповерхностные неоднородности. Прямая волна также влияет на амплитуду и фазу записей при 3-D съёмках, что может оказать вредное воздействие на полученные данные. Обратите внимание, что хорошие отражения могут существовать и в области между прямой волной и первым вступлением; поэтому, этот критерий должен использоваться с осторожностью.

2.11.3 ПОМЕХИ ОТ

РЕФРАГИРОВАННОЙ ВОЛНЫ (ПЕРВЫЕ ВСУПЛЕНИЯ)

Вынос Xref, где первые вступления энергии пересекают первичную энергию отражённых волн, выглядит так

$$X_{\max} < X_{ref} = V_{ref} * \left[\left(t^2 + \frac{X^2}{V^2} \right)^{1/2} + t_{mute} \right], \quad (2.52)$$

где Vref - скорость в приповерхностном слое рефракции. Xref всегда больше, чем Xdirect (Рисунок 2.21б). Поэтому, помехи от прямых волн будут всегда более ограниченными, чем помехи рефрагированных волн.

2.11.4 ВЫНОС КРИТИЧЕСКОГО ОТРАЖЕНИЯ ДЛЯ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ

Любая трасса с выносом большим, чем расстояние критического отражения Xcro для каждого слоя, будет содержать только рефрагированную энергию от этого слоя (Рисунок

2.21b). Требуется адекватное измерение отражающих слоёв. Таким образом, ограничение проектирования:

$$X_{\max} > X_{\text{ср}}. \quad (2.53)$$

2.11.5 МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМО РАСТЯГИВАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕДУРЫ NMO

Растягивающее действие NMO определяется как искажение частотного состава, которое происходит из-за ввода кинематических поправок (NMO). Различные пакеты программ могут моделировать процент растяжения, вызванного NMO, от времени на каждой трассе синтетической сейсмограммы (см. Уильямс 1987, с. 160; уравнение 3.6). При проектировании расстановки необходимо включить в неё только те выносы, которые создают растяжение за счёт NMO меньше, чем определённый процент (например, не больше, чем 20%) на двойных временах пробега до целевого объекта; то есть

$$\text{Растяжение за счёт NMO} = \frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta t_{\text{NMO}}}{t_0}, \quad (2.54)$$

где Δf - изменение частоты, f - частота, Δt_{NMO} - кинематическая поправка, а t_0 время вступления волны на нулевом выносе. Поправка зависит от скорости, как это показано Уильямсом (1987):

$$\Delta t_{\text{NMO}} = t(x) - t(0) = t(0) * \left\{ \left[1 + \left(\frac{X}{V_{\text{NMO}} * t(0)} \right)^2 \right]^{1/2} - 1 \right\}. \quad (2.55)$$

2.11.6 ВЫНОС ТРЕБУЕМЫЙ, ЧТОБЫ ЗАРЕГИСТРИРОВАТЬ САМЫЙ ГЛУБОКИЙ LVL (отражатель)

На выносе X_{deep} , самый глубокий низкоскоростной слой удовлетворяет критерию критического отражения. Чтобы исследовать LVL должным образом,

$$X_{\max} > X_{\text{deep}}. \quad (2.56)$$

2.11.7 ТРЕБУЕМАЯ РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ NMO

Необходимо делать запись на выносах X_{NMO} рассчитываемых как

$$X_{\max} > X_{\text{NMO}} = V * \left[(dt)^2 + 2 * dt * t_0 \right]^{1/2}, \quad (2.57)$$

где dt необходимый период (1.5 длины волны), а t_0 время целевого объекта (самое глубокое время).

2.11.8 ПОДОВЛЕНИЕ КРАТНЫХ

Необходимо использовать выносы X_{mult} равные

$$X_{\max} > X_{\text{mult}} = V * \left[(dt)^2 + 2 * dt * (t_{\text{mult}} * 2) \right]^{1/2}, \quad (2.58)$$

где t_{mult} = время вступления кратных (например, на $2 * t_0$), V = скорость кратных, а dt = требуемый период на выносе X_{mult} . По крайней мере, три периода необходимо использовать потому, что на больших временах кратные частично исправляются скоростями однократных и отрезаются, только если более одного периода остаётся.

2.11.9 ВЫНОСЫ, ТРЕБУЕМЫЕ ДЛЯ AVO

Диапазон выносов необходимо выбирать там, где углы отражения от целевого объекта достаточны, чтобы показать ожидаемый AVO эффект (изменение амплитуды от выноса из-за присутствия газа или жидкости). Узкоазимутальные исследования имеют лучше распределение выносов для изучения AVO эффектов. Если присутствует разлом, AVO может меняться с азимутом (AVA).

2.11.10 ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА ПАДЕНИЯ

Регистрируемые выносы должны быть достаточно велики, чтобы измерять X_{\max} как функцию угла. Отражения от любого структурного угла регистрируются на более длинных выносах в сторону падения, а не восстания. Если имеются хорошие данные об ожидаемых углах, эта информация может использоваться, для геометрической коррекции X_{\max} .

Давайте проектировать 3-D — Часть 2

В этом примере следующие параметры известны (метрическая система):

Существующие 2-D данные хорошего качества имеет кратность	30
Самые крутые углы	20 градусов
Ближайшие границы, которые должны быть исследованы, имеют вынос	500 м.
Целевая глубина	2000 м.
Целевое двойное время	1.5 с.
Глубина фундамента	3000 м.
V_{int} над целевым горизонтом	4200 м./с.
F_{dom} на целевом горизонте	50 Гц
F_{\max} на целевом горизонте	70 Гц
Горизонтальный размер целевого объекта	300 м.

Ортогональный метод должен быть использован.

Требуемая кратность:

1/2 от полной 2-D кратности = от 15 до 30

Размер бина:

a) Для размера цели: $B = 300\text{м.} / 3 = 100\text{м.}$

b) Для зеркальных частот: $B = V_{int} / (4 * f_{\max} \sin \theta) = 4200\text{м./с.} / (4 * 70\text{Гц} * \sin 20) = 44\text{м.}$

c) Для горизонтального разрешения: $B = V_{int} / (N * f_{dom}) = 4200\text{м./с.} / (N * 50\text{Гц}) = \text{от } 21 \text{ до } 42\text{м.}$

Размер бина = 30м. x 30м.

$R_L = 60\text{м.}$

$S_L = 60\text{м.}$

Требуемый X_{\min} :

$R_{LI} =$

$S_{LI} =$

$X_{\min} = (R_{LI}^2 + S_{LI}^2)^{1/2} =$

Требуемый X_{mute} :

число каналов в активной расстановке $N_C = \text{кратность} * S_L * S_I / B^2 =$ _____

число приёмных линий _____

каналов на линию _____

поперечный размер _____

продольный размер _____

отношение = поперечный размер активной расстановки / продольный размер активной расстановки

$X_{\max} = 1/2 * [(\text{продольный размер активной расстановки})^2 + (\text{поперечный размер активной расстановки})^2]^{1/2}$

Кратность:

продольная кратность = $R_{LL} / (2 * S_{LI}) =$

поперечная кратность = $1/2 * N_{RL} =$

Полная кратность =

Давайте проектировать 3-D — Часть 2 (английская система)

В этом примере следующие параметры известны:

Существующие 2-D данные хорошего качества имеет кратность	30
Самые крутые углы	20 градусов
Ближайшие границы, которые должны быть исследованы, имеют вынос	1500ф .
Целевая глубина	6000ф.
Целевое двойное время	1.5 с.
Глубина фундамента	10000ф.
Vint над целевым горизонтом	14000 ф./с.
Fdom на целевом горизонте	50 Гц
Fmax на целевом горизонте	70Гц
Горизонтальный размер целевого объекта	1000ф.

Ортогональный метод должен быть использован.

Требуемая кратность:

1/2 от полной 2-D кратности = от 15 до 30

Размер бина:

a) для размера цели: $B = 1000\text{футов} / 3 = 333\text{ф.}$

b) для зеркальных частот: $B = Vint / (4 * fmax * SIN \theta) = 14\ 000\text{ф./с.} * (4 * 70\text{Гц} * SIN 20) = 146\text{футы}$

c) для горизонтального разрешения: $B = Vint / (N * fdom) = 14000\text{ф./с.} / (N * 50\text{Гц}) = \text{от } 70 \text{ до } 140 \text{ футы}$

Размер бин футы 110 футов 110

RI = 220 футы

SI = 220 футы

Требуемый Xmin:

RLI =

SLI =

$Xmin = (RLI^2 + SLI^2)^{1/2} =$

Требуемый Xmute:

число каналов в активной расстановке NC = кратность * SLI * SI / (B² * U) = _____

число приёмных линий _____

каналов на линию _____

поперечный размер _____

продольный размер _____

отношение = поперечный размер активной расстановки / продольный размер активной расстановки

$Xmax = 1/2 * [(продольный\ размер\ активной\ расстановки)^2 + (поперечный\ размер\ активной\ расстановки)^2]^{1/2}$

Кратность:

продольная кратность = RLL / (2 * SLI) =

поперечная кратность = 1/2 * NRL =

полная кратность =

Контрольные вопросы к главе 2

1. Какие из следующих факторов влияют на продольную и поперечную кратность, не изменяя геометрии расстановки?

N	Расшифровка	Продольная кратность	Поперечная кратность
a. X_{max}	Максимальный вынос		
b. RLI	Интервал приёмных линий		В пределах используемых X_{mute}
c. NRL	Число приёмных линий		
d. SLI	Интервал линий возбуждения		
e. B_s, B_r	Размер бина		
f. NC	Число каналов		

Схемы полевого расположения

Для 3-D работ были разработаны многочисленные виды полевых расположений. Необходимо выяснить какие свойства являются важными в области наблюдений, с точки зрения выбора лучшего дизайна. Начать такую оценку можно с демонстрации ряда примеров, которые были подготовлены для каждой проектной стратегии этой главы. Все проекты в этой главе основаны на регистрирующей расстановке из 12 линий по 60 станций в каждой. Отношение сторон очень близко к 0.8. Каждый проект будет описан, используя следующую последовательность изображений:

- a) Расстановка — полный масштаб,
- b) Расстановка — увеличение,
- c) X_{min} распределение,
- d) Распределение выносов в пределах каждого бина,
- e) Распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
- f) Распределение азимутов в пределах каждого бина.

Для улучшения сравнения, все распределения X_{min} приведены к одинаковому масштабу. Интервалы линий также сопоставимы, с некоторыми отмеченными исключениями.

5.1 3-D С ПОЛНОЙ КРАТНОСТЬЮ

3-D съёмкой с полной кратностью называется такая съёмка, где пункты возбуждения и станции приёма распределены по чётной двумерной сети (Рисунки 5.1a, 5.1b), с интервалами между станциями равными расстояниям между линиями. Сети наблюдения смещены на один размер бина. 3-D съёмка с полной кратностью имеет прекрасное распределение азимутов и выносов, как показано на Рисунках 5.1c -5.1f, до тех пор, пока возможно делать запись с большим числом каналов. Все другие 3-D проекты являются в основном подмножествами таких съёмок с полной кратностью, и проектировщик должен решить - какие аспекты 3-D проекта абсолютно необходимы, и относительно каких можно пойти на компромисс.

5.2 ДЕСКРЕТИЗАЦИЯ ВОЛНОВОГО ПОЛЯ 5-D ДО СУМИРОВАНИЯ

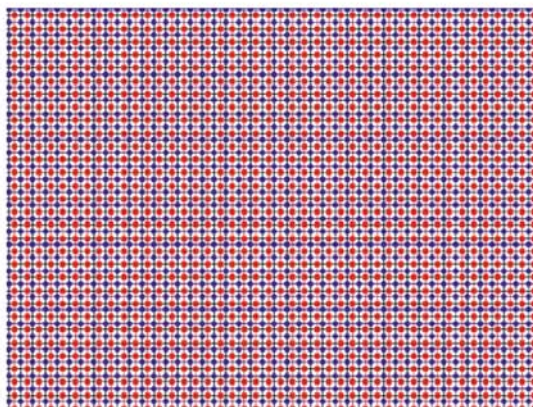
Идеальная съёмка получает до суммирования волновое поле 5-D - $W(t, x_s, y_s, x_r, y_r)$, которое зависит от времени пробега - t и местоположения приемника и источника, то есть, x_s, y_s, x_r, y_r (Вермеер, 1998a.) Трёхмерные съёмки вообще регистрируют только части этого 5-D волнового поля с интервалами линий превышающими интервалы станций. Из полученного дискретного волнового поля 5-D, можно формировать различные подмножества 3-D, типа сейсмограмм ОПП и ОПВ, крестообразные расстановки, и т.д. Некоторые 3-D подмножества можно увидеть на Рисунке 5.2. Трасса в срединной точке M - элемент сейсмограммы ОПВ (горизонтальная линия), ОПП (вертикальная линия), общего азимута (диагональная линия), и общего выноса (круг); по данным Вермеера, 1998a.

Вермеер (1998a) обсуждал концепцию "симметричного измерения". Основная идея этой теории лучше всего объясняется утверждением - "Делайте сейсмограммы ОПП похожими на ОПВ". Эта философия ведет к критериям:

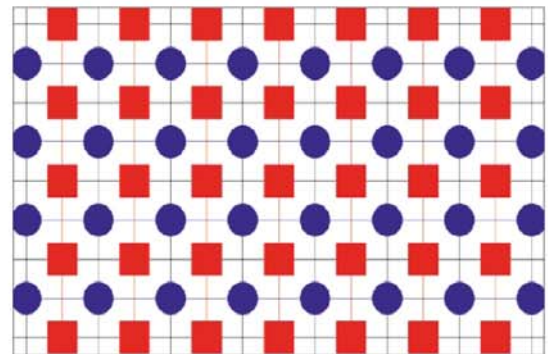
интервал возбуждения = интервал приёма ($SI = RI$),
интервал линий приёма = интервал линий возбуждения ($SLI = RLI$),
максимальный продольный вынос = максимальный поперечный вынос,
центральная расстановка для приемников и источников,
и
групп источников требуется столько же, сколько групп приёмников.

Применение этих критериев к ортогональной геометрии ведет к квадратной крестообразной расстановке. Обратите внимание, что обычная ортогональная геометрия, полученная с

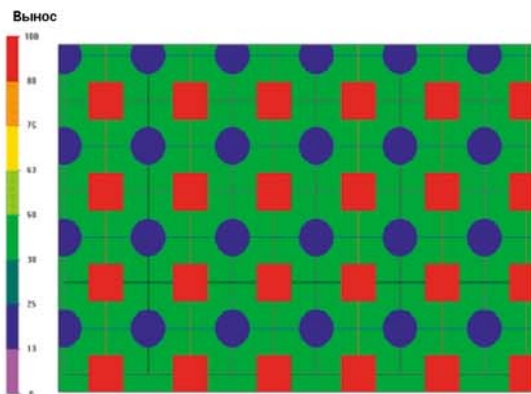
помощью квадратной приёмной расстановки, может быть разделена на ряд перекрывающихся квадратных крестообразных расстановок.



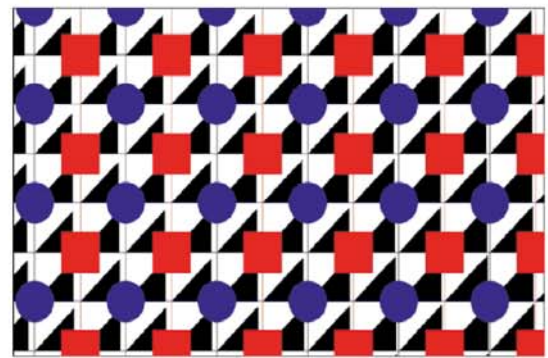
a)



b)



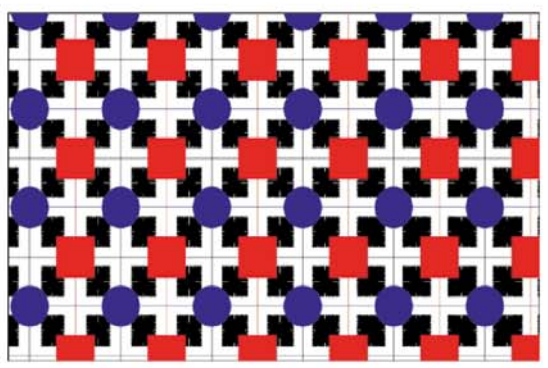
c)



d)



e)



f)

Рисунок 5.1. 3-D съёмка с полной кратностью;
a. расстановка - полный масштаб,
b. расстановка - увеличение,
c. распределение X_{min} ,
d. распределение выносов в пределах каждого бина,
e. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
f. распределение азимутов в пределах каждого бина.

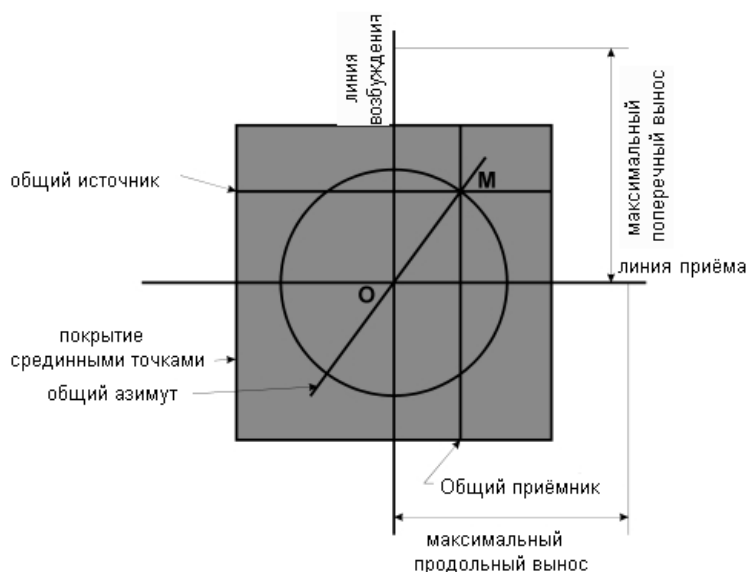


Рисунок 5.2. Свойства крестообразной расстановки (по Вермееру, 1998а). Половина выноса трассы в точке М равна расстоянию до центра О крестообразной расстановки. Трасса в точке М является частью сейсмограмм ОПВ, ОПП, ОУ и ОА (общего азимута).

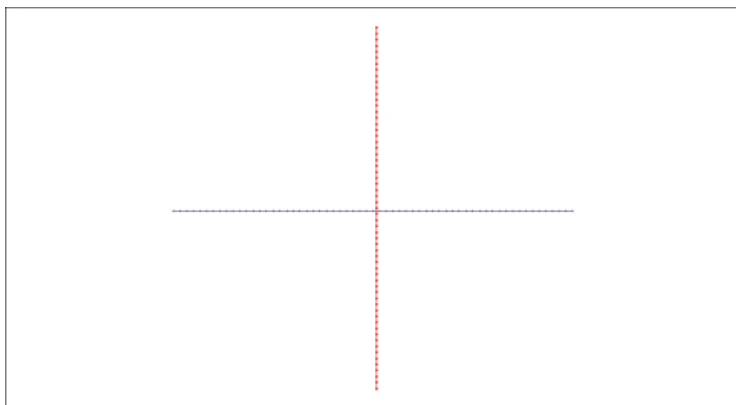


Рисунок 5.3а. Крестообразная расстановка.

минимальных множеств измеренных по частоте сети.

Пространственная непрерывность - ключ к объединению минимальных множеств данных. Даже притом, что каждое минимальное множество данных измерено по частоте сети и максимально расширено, каждая граница крестообразной расстановки все еще представляет

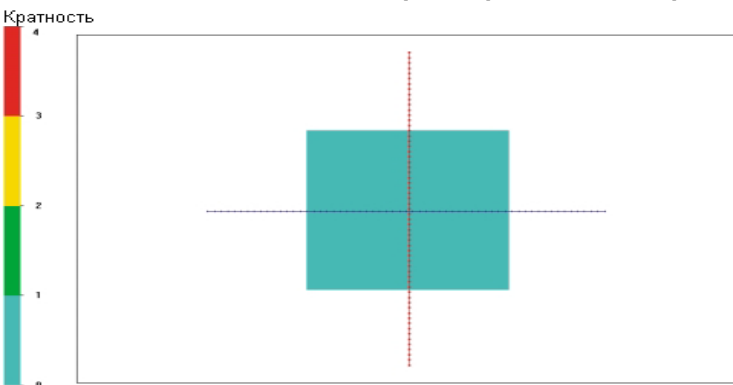


Рисунок 5.3б. Крестообразная расстановка с областью покрытия срединными точками.

крестообразная расстановка (или расстановка-крест) имеет несколько длинных линий возбуждения и приёма (в основном только две линии, пересекающиеся под прямым углом, Рисунок 5.3а). Эта крестообразная геометрия создаёт область с единичной кратностью (Рисунок 5.3б), если все приёмники регистрируют пункты возбуждения. Крестообразная расстановка 3-D может быть определена как $W(t, X, y_s, x_r, Y)$, где X обозначает то, что x -координата источника не изменяется, а Y указывает, что y -координата приёмника постоянна. Если x - и y -координаты изменяются, формируется непрерывное подмножество 3-D с единичной кратностью, пригодное для миграции до суммирования. Площадь покрытия срединными точками равна половине длины приёмной линии умноженной на половину длины линии возбуждения. Существует сильное изменение азимутов от бина к бину. Такое множество данных с единичной кратностью, которое, будучи обработанным с помощью DMO или миграции до суммирования, может эффективно отобразить отражатель, было названо минимальным множеством данных (Падхи и Холлей, 1997). Существует много минимальных множеств 2-D данных с единичной кратностью, которые могут быть сформированы комбинациями координат двух источников и двух приёмников. Надлежащее отображение горизонта может быть успешно выполнено за счёт объединения при обработке

пространственную неоднородность множества 3-D данных. Поэтому важно максимизировать полезный участок каждой крестообразной расстановки, чтобы минимизировать общую пространственную неоднородность. Пространственная непрерывность лучше всего достигается при использовании симметричного измерения.

Суперпозиция перекрывающихся площадей срединных точек крестообразных расстановок создаёт многократное покрытие. В горизонтально - слоистой геологической среде эти площади (от квадратных крестообразных расстановок) накладываются с высокой степенью

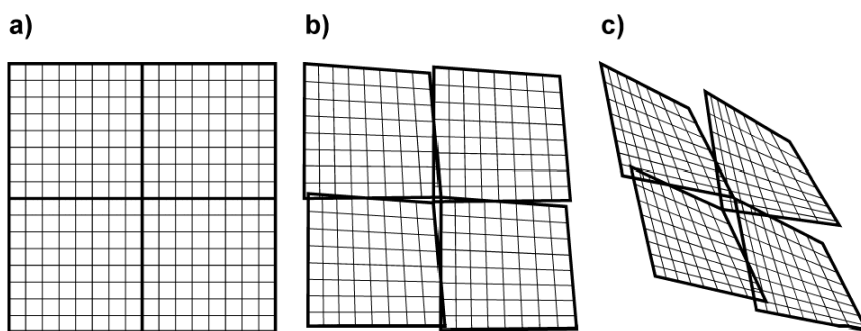


Рисунок 5.4. Освещение объектов наклоненных на (а) 0° , (b) 15° , и (с) 45° четырьмя смежными крестообразными расстановками (по Вермееру, 1998а).

пространственной непрерывности, которая уменьшается, когда присутствуют углы наклона (Вермеер, 1998а). Следовательно, важно рассмотреть влияние возможных пробелов около граней областей срединных точек (Рисунок 5.4). Это влияние уменьшается за счёт увеличения кратности и удерживания величины перекрытия на как можно более высоком уровне (см. пункт 9.5). Если,

например, номинальная кратность для 3-D съёмки, где присутствуют серьёзные углы падения - 30, тогда промежуточные области крестообразной однократной расстановки, где два таких пробела пересекают друг друга, будут иметь кратность 28. Сокращение кратности на 10 % могло бы быть незначительным в этом случае, однако в проектах с более низкой кратностью процент сокращения гораздо больше, и поэтому влияние было бы более серьёзным.

5.3 ПОЛОСОВАЯ РАССТАНОВКА

Полосовой метод съёмки использовался в самых ранних 3-D проектах (Рисунки 5.5а, 5.5б). В этой геометрии, линии приёма и возбуждения параллельны и обычно совпадают. В то время как возбуждение происходит в пунктах одной линии, приёмники делают запись не только вдоль линии возбуждения, но также и по соседним параллельным линиям приёма, создавая полосы на полпути между парами линий приёма и возбуждения. Распределение X_{min} имеет почти нулевое значение на линиях возбуждения и равно межлинейному интервалу на промежуточных полосах (Рисунок 5.5с). Распределение выносов на всех занятых линиях бинов - превосходное (Рисунки 5.5d, 5.5e). Однако неадекватное измерение в поперечном направлении превращает этот проект в "3-D бедного человека" потому, что многие бины - пусты. Сочетание азимутов очень узкое (для нескольких линий приёма) и зависит от числа "живых" линии приёма в регистрирующей расстановке и интервала между ними (Рисунок 5.5f). Большинство компаний предпочитают иметь ПВ на дробных позициях. Параллельные полосы иногда рассматриваются в наземных условиях, когда существуют серьёзные поверхностные ограничения, или когда затраты должны быть минимизированы. Эксплуатационные преимущества привлекательны, но достигаются за счёт бедного сочетания азимутов и редких поперечных измерений.

Техника продольного разуплотнения была разработана для дальнейшего уменьшения затрат в условиях джунглей Индонезии (Би и другие, 1994). Разуплотнённая продольная полосовая съёмка не обязательно использует все линии регулярной полосовой геометрии для возбуждения и/или приёма. Полосовая съёмка также неотъемлемая часть морских 3-D сейсмических работ из-за практического аспекта буксирования групп пневмопушек и гидрофонных кабелей позади судна. В морском случае, однако, достаточно линий возбуждения и приёма (стримеры), чтобы создать смежные линии срединных точек (полное покрытие). Все такие проекты могут классифицироваться как параллельные конфигурации, предназначенные для создания непрерывных сейсмограмм общего выноса как подмножеств 3-D.

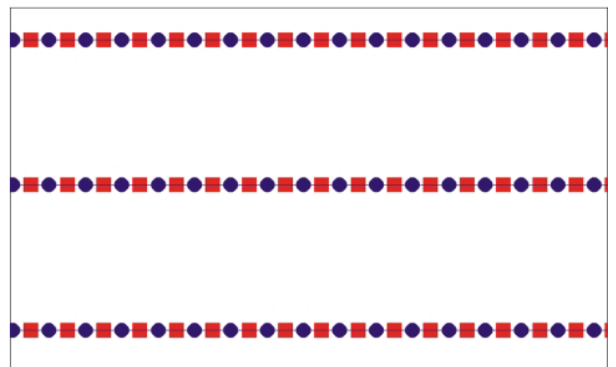
5.4 ОРТОГОНАЛЬНАЯ РАССТАНОВКА

Вообще, линии возбуждения и приёма размещены ортогонально друг к другу. Из-за того, что приёмники закрывают большую площадь, этот метод иногда упоминается как метод расстановки (Рисунки 5.6а, 5.6б). Эта геометрия особенно проста для полевого персонала и персонала регистрации, и обеспечивает прямое направление нумерации станций. В ортогональном проекте, активные линии приёма, формируя прямоугольную расстановку окружающую каждый ПВ, создают наборы крестообразных расстановок накладывающихся

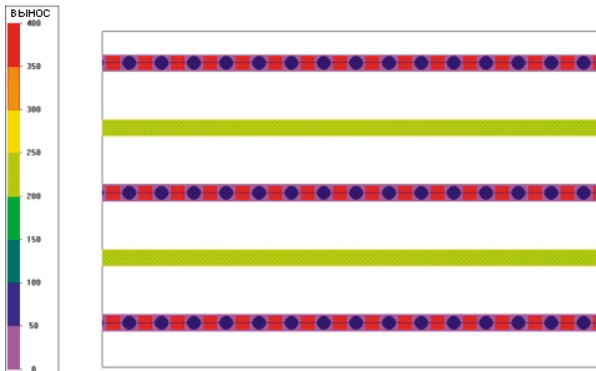
друг на друга. Расстановка часто имеет более длинную ось в продольном направлении. Продольные выносы обычно близки к желаемым, которые будут включены в стек. Если поперечный вынос в пределах расстановки близок к максимальному выносу стека, тогда



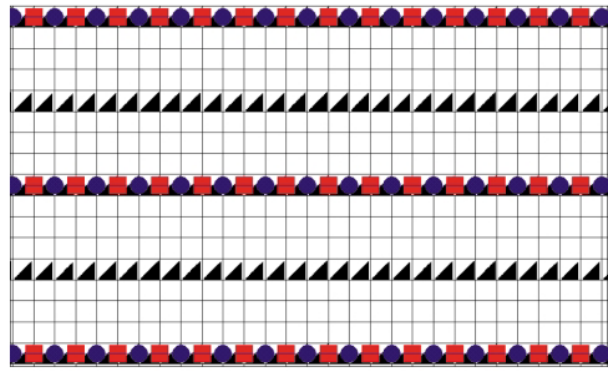
a)



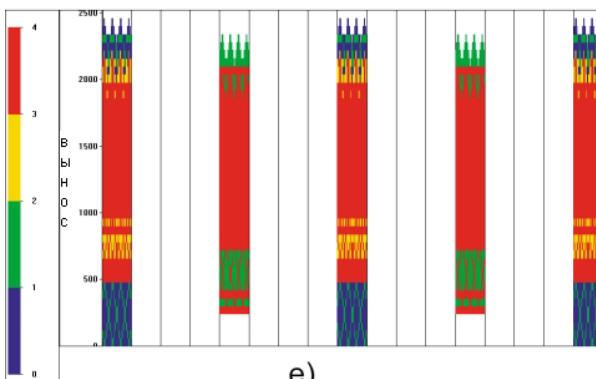
b)



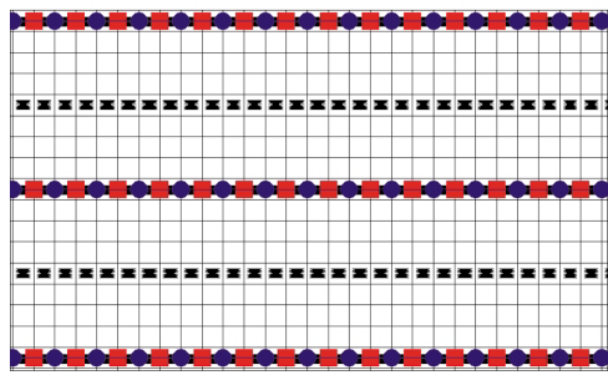
c)



d)



e)

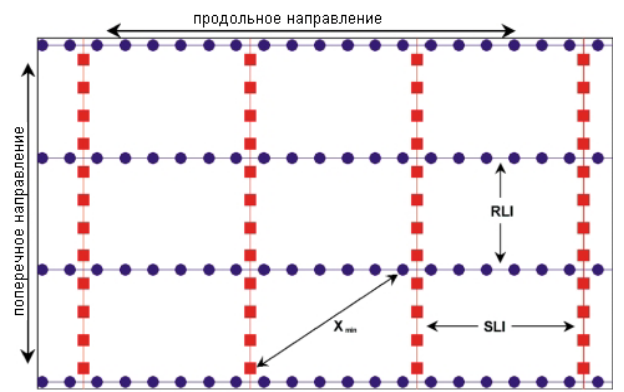


f)

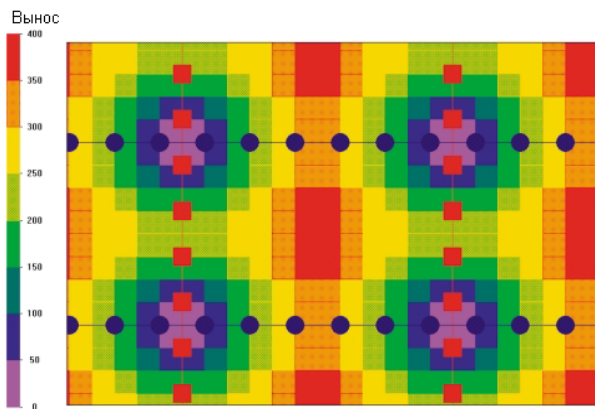
Рисунок 5.5. Съёмка методом прорезивания (концепция параллельных линий);
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 с. X_{min} распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.



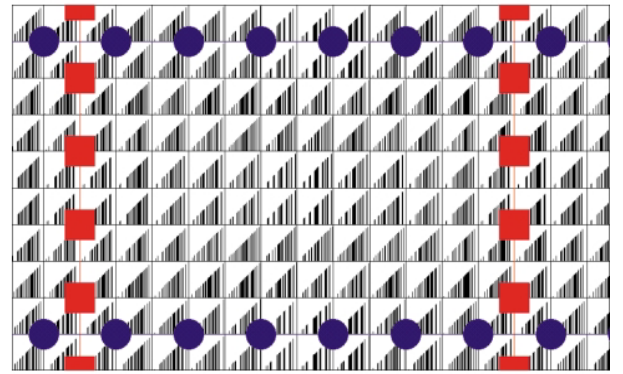
a)



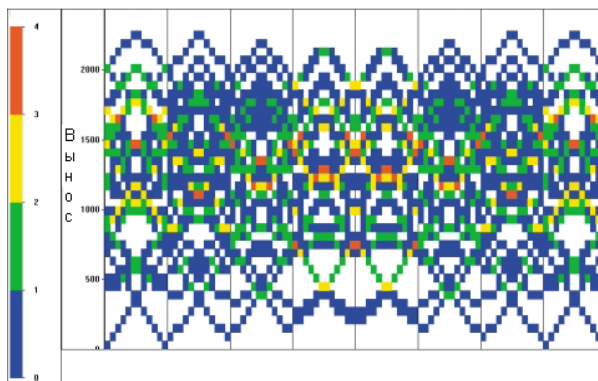
b)



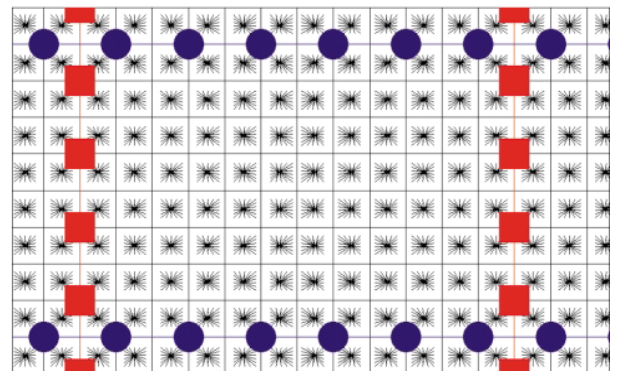
c)



d)



e)



f)

Рисунок 5.6. Ортогональный метод съёмки;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 в. X_{min} распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.

большая часть приёмной линии, наиболее удалённая от ПВ, будет бесполезна потому, что большая часть записанных данных будет отрезана при обработке. В зависимости от интервала линий приёма, отношения длин осей расстановки обычно находится между 0.6 и 1.0. Отношение сторон около 0.85 (см. Правило, 85 %, Пункт 3.4) обычно приемлемо. Пункты возбуждения принято располагать в центре расстановки, хотя это и не обязательно. При съёмке в областях с крутыми региональными падениями, можно захотеть рассмотреть асимметричные расстановки. Чередование симметричных, а затем асимметричных расстановок также полезно по эксплуатационным причинам там, где работы ограничены оборудованием доступным для персонала. Эта техника позволяет сделать запись на большей площади до перемещения станций приёма.

В примере ортогонального метода, линии приёма ориентированы с востока на запад, а возбуждения с севера на юг (как показано на Рисунках 5.6а, 5.6б). Этот метод легок с точки зрения раскладки в поле и может вмещать дополнительное оборудование (раскладка перед стрельбой) и операции по имитации продольного перемещения базы наблюдения. Обычно записываются все пункты возбуждения между смежными линиями приёма, потом приёмная расстановка переключается на одну (или более) линию (й) и процесс повторяется. Рисунок 5.6с показывает распределение X_{min} для ортогонального проекта. X_{min} для отдельного бина меньше всего в пересечениях линий и увеличивается к центру ячейки. Распределение выносов хорошее (в зависимости от числа каналов в регистрирующей расстановке), но ухудшается к центру ячейки, где более короткие выносы отсутствуют (Рисунок 5.6д). Выносы в параллельных рядах бинов имеют тенденцию становиться очень похожими на стеки с ограниченными выносами (более плотное обнуление самых малоглубинных секций), что может привести к серьёзным съёмочным следам на самых малоглубинных горизонтах (Рисунок 5.6е). Пока используется широкая приёмная расстановка, распределение азимутов для ортогонального метода – однородное. (Рисунок 5.6ф).

5.5 КИРПИЧНАЯ РАССТАНОВКА

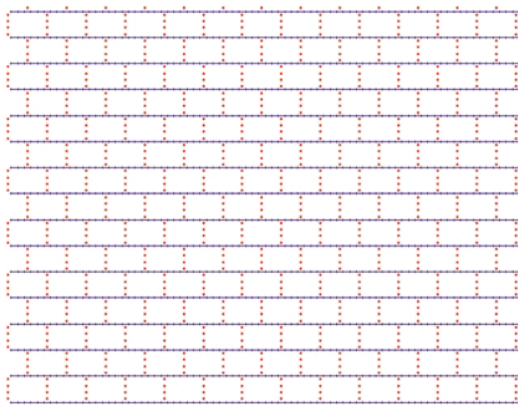
Кирпичная геометрия (Рисунки 5.7а, 5.7б) была разработана с целью - улучшить распределение выносов в ортогональном методе. Перемещая группы пунктов возбуждения, которые лежат между чередующимися линиями приёма, на срединные позиции, структура распределения выносов становится, по сути, более случайной. Интересно отметить, что на практике квадратная расстановка (или большое отношение сторон) вызывает почти то же самое распределение выносов и для ортогонального (Рисунок 5.6д), и для кирпичного методов (Рисунок 5.7д). Для узкоазимутальных расстановок, распределение выносов в кирпичной геометрии лучше, чем в ортогональной.

Если рассмотреть типичную ячейку, определённую ранее, тогда можно показать, что максимальный минимальный вынос X_{min} значительно меньше, чем в ортогональном проекте, учитывая, что интервалы линий приёма и возбуждения одинаковы (Рисунок 5.7с). X_{min} в кирпичном проекте зависит от интервалов линий. Из-за шахматного расположения линий возбуждения, не существует простой формулы для значения X_{min} или его местоположения, поэтому, распределение этого параметра должно быть подтверждено пакетом программ моделирования. Однако кирпичный метод, по сравнению с ортогональным методом, позволяет увеличить интервал линий приёма, без такого же, как в ортогональной геометрии, увеличения X_{min} . Если пункты возбуждения и приемники вынесены на пересечения линий, X_{min} слегка меньше (приблизительно 1/2 бина), чем без выноса.

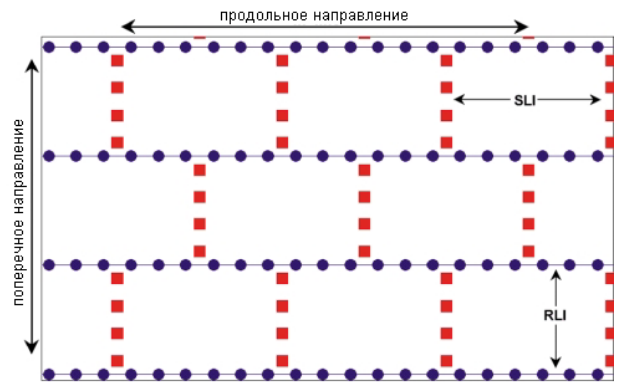
Выносы в параллельных рядах бинов имеют небольшое упорядочение по сравнению с ортогональным проектом, это может привести к уменьшению числа съёмочных следов на близких горизонтах (Рисунок 5.7е). Кирпичный проект вообще предлагает лучшее распределение азимутов в дополнение к улучшенному распределению выносов для прямоугольных расстановок (Рисунок 5.7ф). Кирпичные расстановки используются в областях типа пустыни, где затраты на разрешения - не проблема, и обеспечивается свободный доступ ко всем местоположениям. Увязка статики остаётся проблемой для любой регулярной геометрии 3-D, исключая 3-D с полной кратностью потому, что источники и приемники не увязаны. Кирпичный проект имеет прерывные сейсмограммы ОПП потому, что отражатели нарушены из-за размещения пунктов возбуждения в шахматном порядке (Вермеер, 1998а). Это ведет к съёмочным следам там, где присутствует линейный шум выстрелов.

Двойной кирпичный проект относится к полосовой съёмке с четырьмя линиями (Рисунок 5.7г). Тройная кирпичная геометрия относится к полосовой съёмке с шестью линиями (Рисунок

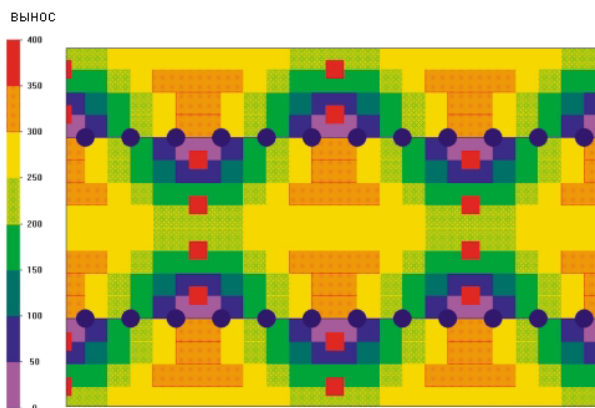
5.7h), а четверная - с восьмью (Рисунок 5.7i). Во всех этих проектах регистрируется только центральная линия пунктов возбуждения. Эти относительно узкие расстановки предлагают улучшенное распределение выносов по сравнению с ортогональным проектом и даже квадратной расстановкой кирпичного типа. Следовательно, можно довести эту концепцию дизайна до ситуации, где все точки возбуждения попадают на диагональ, а не на ступенчатые линии (см. Не ортогональные Конфигурации, Пункт 5.6).



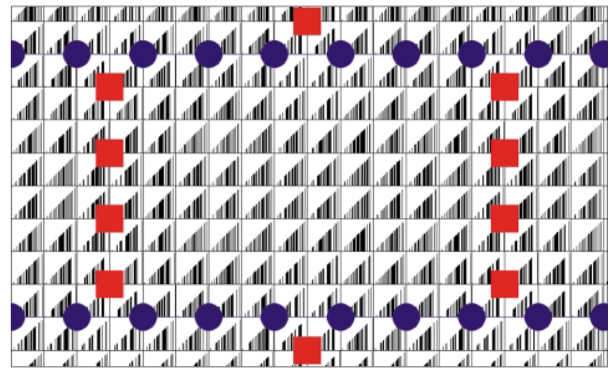
a)



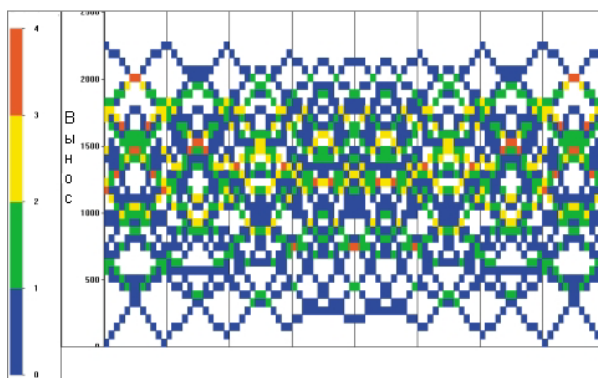
b)



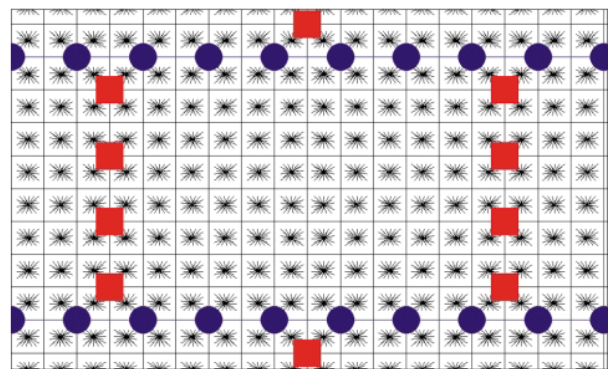
c)



d)

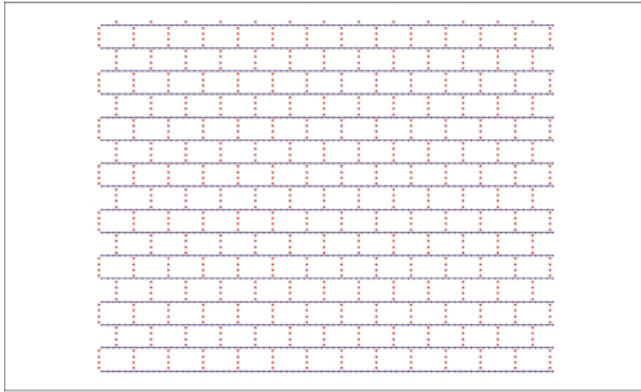


e)

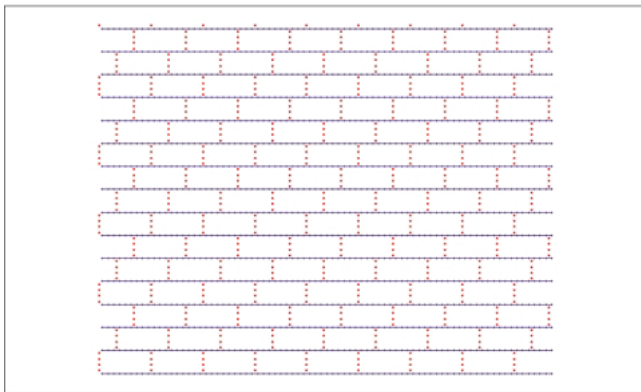


f)

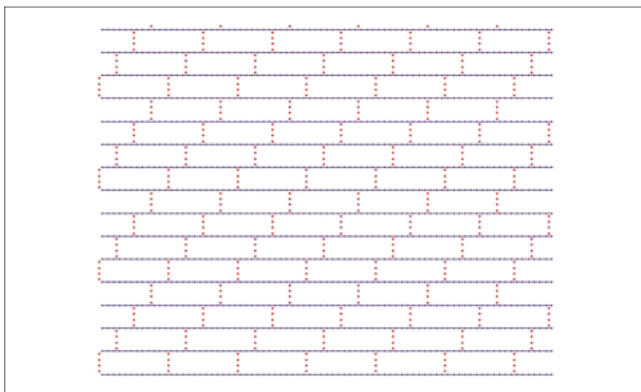
Рисунок 5.7. Кирпичный метод съёмки;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 с. Xmin распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.



g)



h)



i)

Рисунок 5.7. (продолжение) Кирпичный метод съёмки;
 г. двойная кирпичная расстановка,
 h. тройная кирпичная расстановка,
 i. четверная кирпичная расстановка.

Из-за перемещения линий возбуждения в кирпичных проектах, необходимо иметь целую продольную и поперечную кратность (рассчитывается согласно Главе 2).

Широко используется традиционная техника смещения только источников, хотя можно вместо этого смещать приёмники. В областях плотной промышленной застройки, источники могут быть размещены на дорогах, а смещённые приёмники могут использоваться, чтобы заполнить кирпичную структуру. Техника может также быть расширена до кирпично-кирпичного проекта, где и источники, и приёмники смещены в шахматном порядке, что даёт преимущества, по сравнению с обычным кирпичным проектом, в виде сокращения числа расчищаемых линий или повреждений урожая на акр покрытия.

5.6 НЕОРТОГОНАЛЬНАЯ РАССТАНОВКА

Неортогональное (или наклонное) размещение линий приёма и возбуждения (Рисунки 5.8а, 5.8b) используются, чтобы получить выгоды от распределения выносов в кирпичном проекте без некоторых неудобств, типа 90 градусные повороты и прерывистость линий возбуждения (и поэтому сейсмограмм ОПП). Для неортогональных проектов, необходимо быть осторожным при решении вопроса: измерять ли интервалы станций в продольном направлении или растягивать их в соответствии с наклоном точек сети.

Предполагая что интервал станции равен 60 м. (220 футов), пункты возбуждения в этом примере должны быть вытянуты за счёт коэффициента

$$\frac{60\text{м}}{\cos(45^\circ)} = \frac{60\text{м}}{0.707} = 85\text{м}$$

или

$$\frac{220\phi}{\cos(45^\circ)} = \frac{220\phi}{0.707} = 311\phi$$

С таким растяжением, размер бина 30 м. * 30 м. (110 футов * 110 футов) может быть поддержан, а срединные точки попадут в центры бинов. Рисунок 5.8а

демонстрирует пример неортогонального метода с углом 45 градусов между линиями возбуждения и перпендикуляром к линиям приёма. Пункты возбуждения для каждой расстановки находятся в центре между двумя смежными приёмными линиями приёма (Рисунок 5.8b). Эта базовая единица перемещается по области работ. Этот метод часто стрелается только с несколькими приёмными линиями в расстановке (узкоазимутальная) и является привлекательным с производственной точки зрения, из-за прямолинейности линий возбуждения и приёма. С узкоазимутальной расстановкой кратность растёт быстро вокруг границ съёмки в поперечном направлении. Рисунок 5.8с изображает распределение X_{min} для одного примера неортогонального проекта. Положение максимального минимального выноса (X_{min}) меняется в зависимости от угла и интервалов линий. Необходимо проверить X_{min} распределение при помощи программного обеспечения. Распределение выносов для проекта с углом в 45 градусов хорошо рассредоточено с несколькими дублированными выносами (Рисунки 5.8d и 5.8e). Распределение азимутов также очень хорошее, однако, оно зависит от числа линии приёма в расстановке (Рисунок 5.8f).

Особый случай для неортогонального проекта – случай, когда относительная геометрия в поперечном направлении повторяется через каждую вторую линию приёма (Рисунок 5.9a). Для этого случая, угол между линиями возбуждения и перпендикуляром к линиям приёма составляет 26.565° ($\arctan 0.5$), при равенстве интервалов линий. Точки возбуждения в этом примере должны быть растянуты с коэффициентом $60\text{м.} / \cos(26.565^\circ) = 60\text{м.} * 0.894 = 72.1\text{м.}$ (или $220\phi / \cos(26.565^\circ) = 220\phi * 0.894 = 246\phi$). Выбор такого угла приводит к распределению срединных точек, показанному на Рисунке 5.9b. Такое распределение срединных точек плохо пригодно для четырёхугольного бинирования (сравните с Рисунком 5.8b), однако, оно идеально подходит для шестиугольного бинирования (см. Пункт 5.11). Распределение X_{min} кажется гораздо худшим, чем в предыдущем примере с углом в 45° потому, что интервалы линий больше. Наконец распределения азимутов и выносов улучшены по сравнению с 45-градусной геометрией (следовательно, меньше следов) (Рисунки 5.9d-5.9f).

5.7 FLEXI-BIN ® РАССТАНОВКА ИЛИ БИНОВОЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ

Flexi-Bin ® метод был развит и запатентован компанией GEDCO (Кордсен, 1993a, 1993b, 1995a). В этом методе, пункты возбуждения и приемники могут быть размещены по множеству различных направлений. По существу, нужно просто гарантировать, чтобы интервалы линий возбуждения и приёма были нецелым числом по отношению к интервалу группы. На Рисунке 5.10 для примера, $RI = SI = 60\text{м.}$, $RLI = 260\text{м.}$, а $SLI = 320\text{м.}$ Это заставляет срединные точки попадать в регулярную сеть внутри каждого бина ОСТ (Рисунок 5.10b). Во многих других методах, теоретические срединные точки находятся в центре бина.

В вышеупомянутом примере, (60 м., 60 м., 260 м., 320 м.) девять групп срединных точек размером $10\text{м.} * 10\text{м.}$ приводят к размерам каждого бина ОСТ в $30\text{м.} * 30\text{м.}$ При обработке, можно решить сложить эти суб-бины или микробины (девять раз – столько же, сколько в регулярном бине), таким образом, достигая более хороших интервалов срединных точек (бинов). Суммируясь через каждые 10м. вместо 30м., такие трассы имеют более низкую кратность, и поэтому, потенциально более низкое отношение сигнал/шум. С другой стороны, можно улучшить S/N, увеличив размер бина. Это решение может быть принято на основе качества данных после того, как они зарегистрированы.

Распределение X_{min} подобно ортогональной расстановке (Рисунок 5.10с). Каждый нормальный бин ОСТ все еще содержит столько же трасс, как и прежде, но с несколько улучшенными распределениями выносов (Рисунки 5.10d, 5.10e) и азимутов (Рисунки 5.10f). Полная увязка статики (см. Главу 10) - главное преимущество этого метода из-за неповторяющейся геометрии в соседних пересечениях линий. Существует такие возможности, что меньший интервал трасс в стеке может показать особенность, которую можно было пропустить при большем интервале трасс. Существуют многочисленные эксплуатационные преимущества Flexi-Bin ® метода, типа большей простоты полевых работ, превосходной увязки статики (Кордсен, 1995b), и других гибкостей при обработке. В ортогональной съёмке, нужно рассмотреть использование этого нецелочисленного метода.

Метод бинового фракционирования (Флентдж, 1996) использует линии источников и приёмников, которые выстроены в шахматном порядке за счёт выбранных фракций интервалов станций возбуждения и приёма. GRI (1994) описывает съёмку, где фракционирование было равно половине интервалов станций возбуждения и приёма. Тот обзор был ограничен созданием “четверть - ячеек” под поверхностью. Нумерация

местоположений станции в поле не параллельна от линии к линии, однако это не создает никаких эксплуатационных проблем, если об этом позаботиться.

Было подчеркнуто (Вермеер, 1997), что любая техника бинового фракционирования просто чередует две или более крестообразные расстановки с их интервалами измерений, отвечающими интервалам станции. Однако подповерхностные наблюдения распределены по более хорошей сети срединных точек, в особенности для субгоризонтальных осей синфазности, и действительно могут быть выгодными для подземного определения. Полевая практика с Flexi-Bin® методом по многочисленным

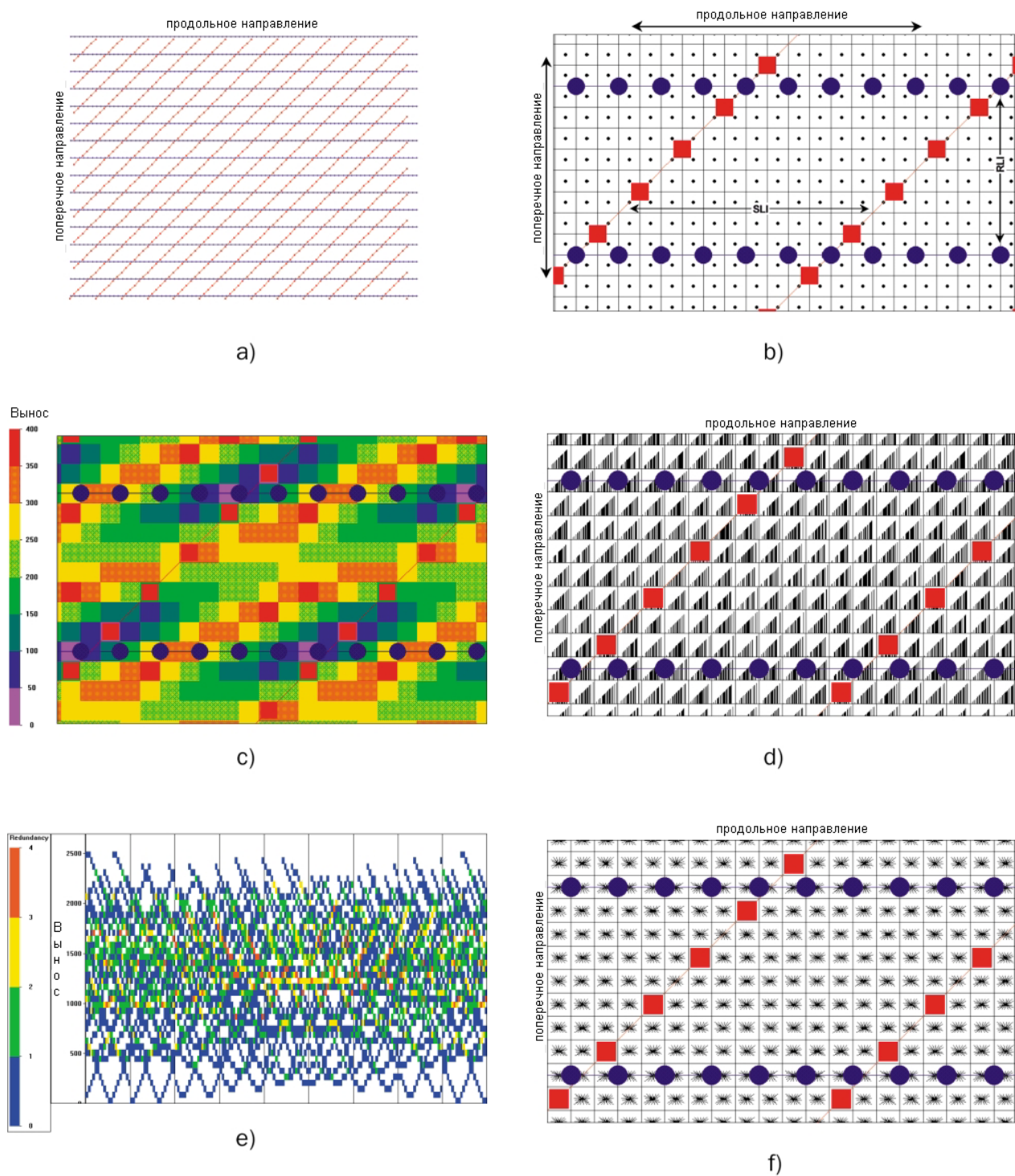


Рисунок 5.8. Не ортогональное - 45-градусное расположение линий возбуждения и приёма;

- a. расстановка - полный масштаб,
- b. расстановка - увеличение,
- c. X_{min} распределение,
- d. распределение выносов в пределах каждого бина,
- e. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
- f. распределение азимутов в пределах каждого бина.

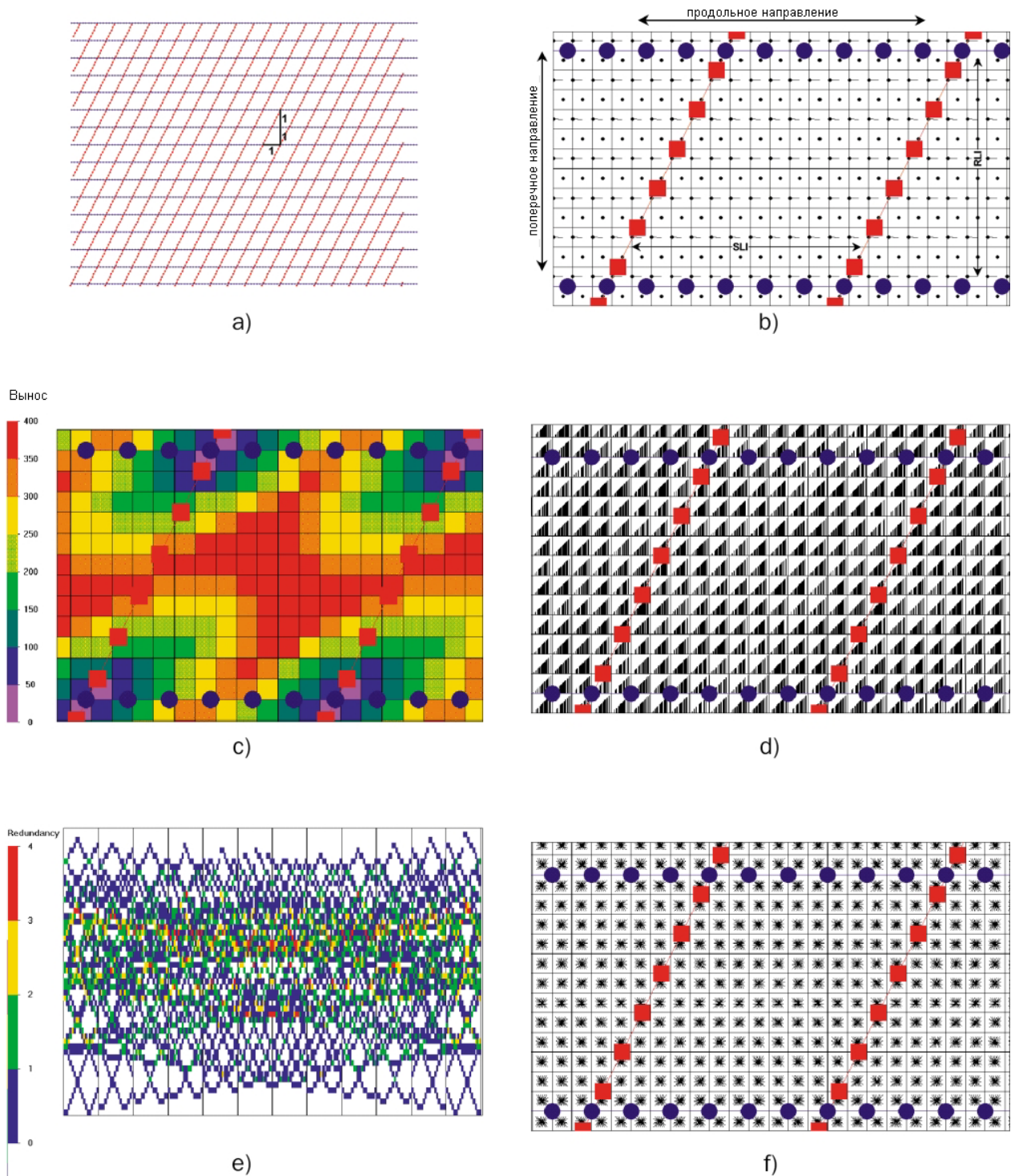


Рисунок 5.9. Не ортогональное - 26.565-градусное расположение;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 в. Хmin распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.

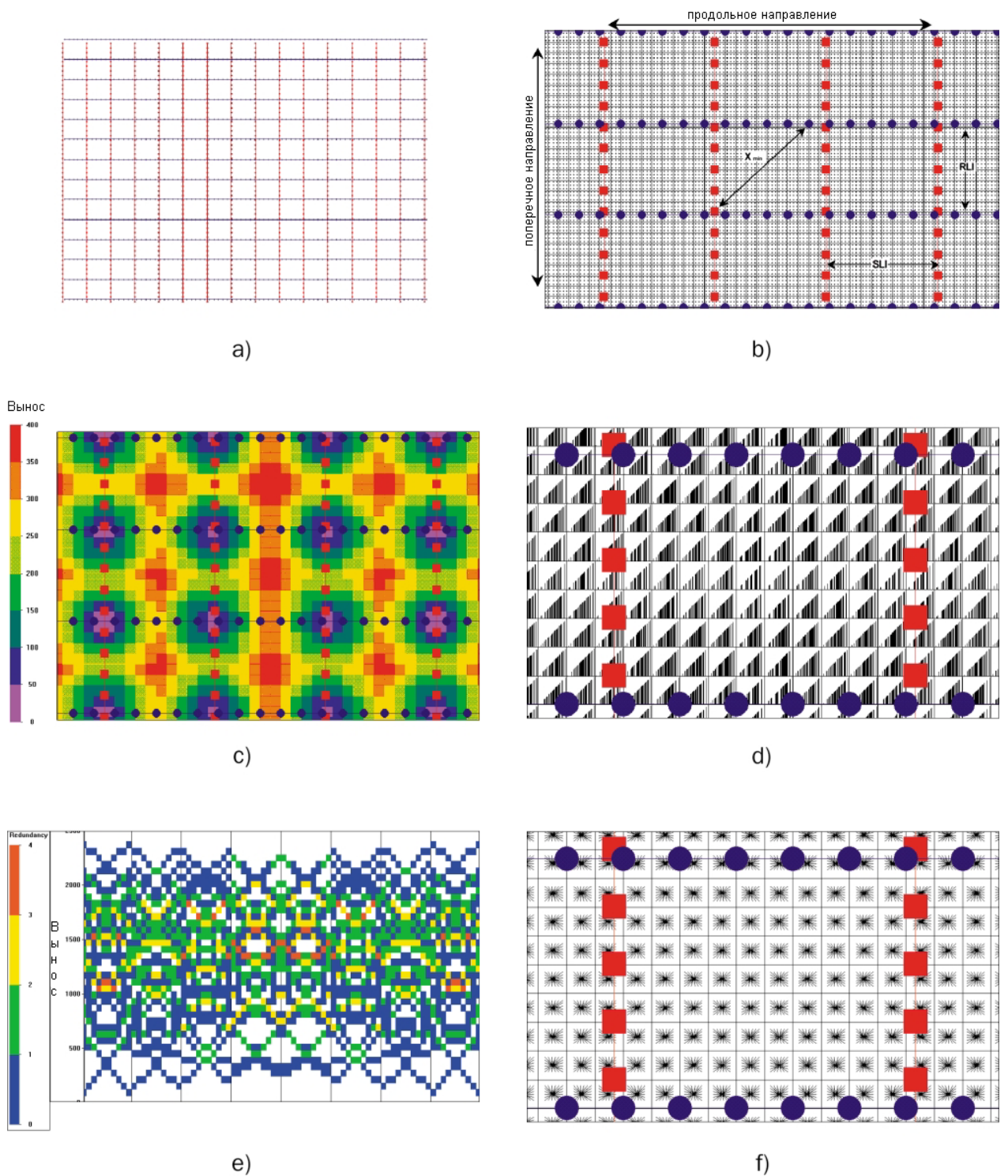


Рисунок 5.10. Метод Flexi-Bin;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 с. X_{min} распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.

сейсмическим программам продемонстрировала некоторое усовершенствование возможностей интерпретации по горизонтали.

5.8 КНОПОЧНАЯ РАССТАНОВКА

Метод кнопочной расстановки был развит и запатентован ARCO (Бремнер и другие, 1990) и обычно использовался во многих ARCO 3-D съёмках. Каждая кнопка содержит плотную структуру приёмников (Рисунки 5.11a, 5.11b), обычно $6 * 6$, $6 * 8$, или $8 * 8$. Окончательная кнопочная геометрия в значительной степени определяется соображениями оборудования и ограничениями кабеля. Нет никакой необходимости делать структуру приёмников квадратной.

Несколько кнопок объединяются в шахматном порядке, чтобы сформировать приёмную расстановку. Многочисленные пункты возбуждения стреляются в пределах приёмной расстановки очень аккуратно. Приёмная расстановка затем переключается на следующее местоположение, при этом поддерживается некоторое перекрытие с положением предыдущей расстановки. Потом подобная структура пунктов возбуждения отстреливается в новой приёмной расстановке. Повторение пунктов возбуждения для различных кнопок обеспечивает улучшенную увязку статики, в то время как расположенные в шахматном порядке пункты возбуждения между предыдущими местоположениями дают лучшее распределение срединных точек. Часто кнопки приёма и местоположения точек возбуждения распределены нерегулярно из-за поверхностных преград.

Большие пропускные способности каналов необходимы, чтобы минимизировать перемещения приёмников. Стреляющие грузовики, или вибраторы, должны перемещаться вокруг расстановки для каждого нового расположения приёмников. Если есть достаточное число приёмников, то практическое переключения избыточных каналов после отработки ПВ, может устранить ненужные движение стрелков или вибраторов. Две или три расстановочных позиции с использованием переключения каналов могут часто быть охвачены одним расположением приёмников.

Кнопки приёма раскладываются и перемещаются по площади, которая будет отображена с полной кратностью. Как правило, в проектах с кнопочной расстановкой используются меньшие по размеру бины с более низкой кратностью, по сравнению с другими стратегиями. ПВ помещаются вне этой области с полной кратностью, чтобы создать зону наращивания кратности вокруг граней. Эта геометрия достигает более длинных выносов без потребности в размещении дополнительного оборудования вне запланированной области съёмки. Эта техника имеет тенденцию улучшать миграцию и ДМО потому, что сейсмические амплитуды, содержащиеся на этих длинных выносах, вносят энергетические вклады во многие сейсмограммы. Из-за неоднородности сейсмограмм ОПВ, эта геометрия может вызывать существенные съёмочные следы.

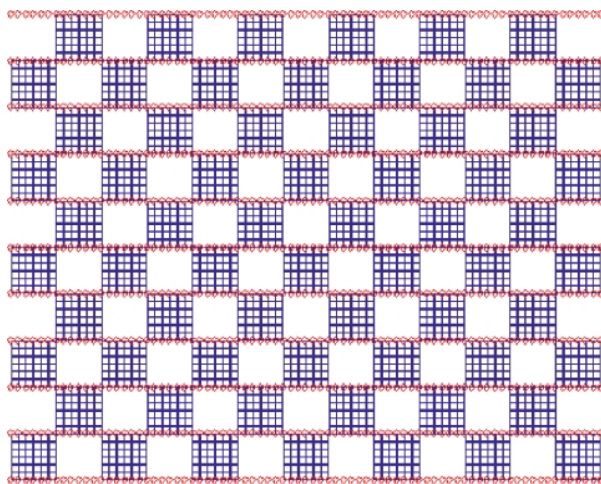
Метод кнопочной расстановки эффективно использует современные многоканальные системы. Высокое разрешение может быть достигнуто, используя меньшие интервалы приема. В пределах кнопок приёма присутствует маленький X_{min} (Рисунок 5.11c), однако, распределение X_{min} значительно ухудшается вне кнопок. Хорошая увязка статики требует больших забот на стадии планирования. Распределение коротких выносов может быть бедным, но распределение дальних выносов должен быть хорошим потому, что ПВ находятся вне области кнопочной расстановки (Рисунок 5.11d). Выносы в ряде бинов выглядят хорошо, но изображение копируется для близких выносов (Рисунок 5.11e). Из-за кнопочного расположения приёмников существует некоторое образование азимутальных пучков лучевых траекторий от источника к приёмнику (Рисунок 5.11f).

Одно из преимуществ этого проекта состоит в том, что он гибок при планировании пустых кнопок вокруг препятствий. Также есть дополнительная гибкостью для структуры ПВ и для компенсации выброшенных ПВ. Главное ограничение эффективности проекта с кнопочной расстановкой - требование для стрелков или вибраторов легко перемещаться в площади работ. На некоторых площадях, ограниченный доступ может сделать эту стратегию плохим выбором.

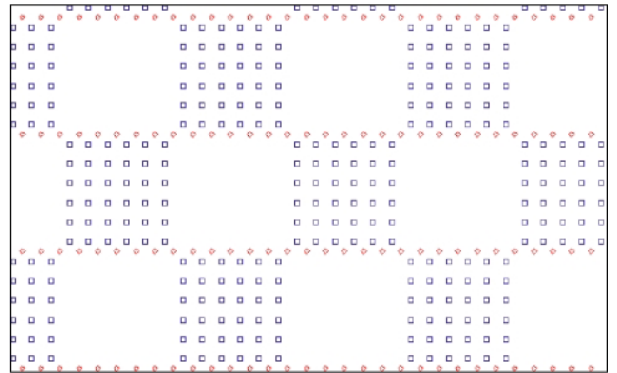
5.9 ЗИГЗАГООБРАЗНАЯ РАССТАНОВКА

Зигзагообразная конфигурация (Рисунок 5.12a) популярна в пустынных областях, или других районах, где имеется хороший доступ между линиями приёма. Одиночная линия возбуждения расположена между смежными парами приёмных линий для отдельного зигзага (Рисунок 5.12b). Позиции ПВ должны быть расположены на сети, чтобы создать центральные срединные

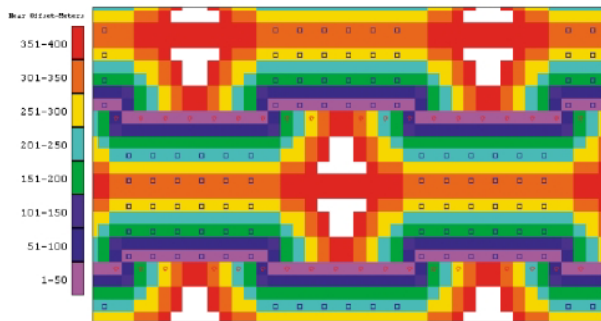
точки. Для 60 м. (220 футовых) интервалов станций и 45° угла между приёмными линиями и диагональной линией источников, расстояние между станциями на диагонали составляет 85 м. (311 футов). В отражённом зигзаге каждая вторая линия возбуждения перевёрнута на своё зеркальное отображение (Рисунок 5.13а, 5.13б). Распределение выносов может быть дополнительно улучшено съёмкой 3-D сети в двойной



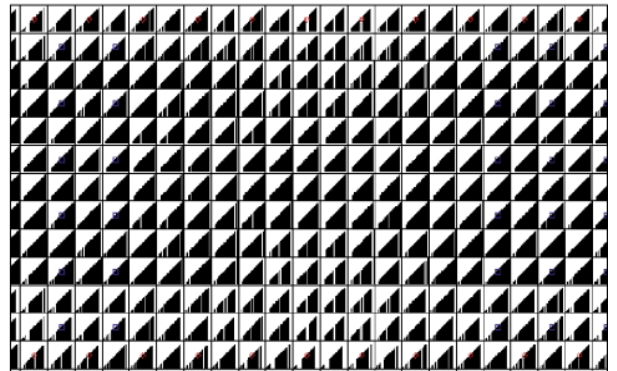
a)



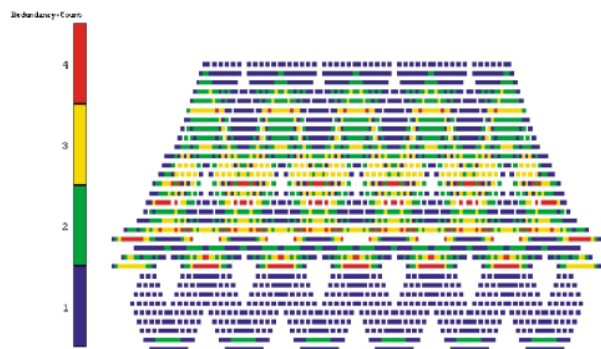
b)



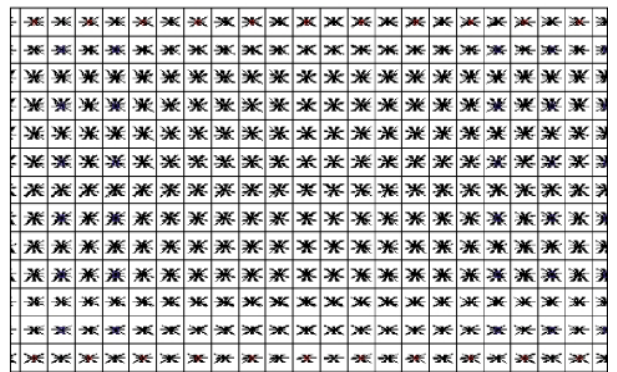
c)



d)



e)



f)

Рисунок 5.11. Метод кнопочной расстановки;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 в. Xmin распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в ряду бинов (вдоль линии приёма),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.

зигзагообразной конфигурации, как показано на Рисунках 5.14a и 5.14b, с двумя множествами вибраторов.

Для зигзага, отражённого зигзага, или двойного зигзага, наибольший минимальный вынос X_{\min} обычно находится около центра открытой области, оставленной зигзагообразными линиями возбуждения (Рисунки 5.12с, 5.13с, 5.14с). Рекомендуется, чтобы максимальный X_{\min} был проверен с использованием программ моделирования. Зигзагообразные проекты часто рассматриваются для узкоазимутальных наблюдений, которые требуют хорошего распределения выносов. Распределения выносов для одинарных (Рисунок 5.12d) и отражённых зигзагообразных проектов (Рисунок 5.13d) являются хорошими (используя широкую расстановку), для двойного зигзагообразного проекта оно великолепно (Рисунок 5.14d). Рисунки 5.12е, 5.13е, и 5.14е указывают, что имеется большая вероятность съёмочных следов при одинарных зигзагообразных проектах, чем при двойном зигзаге. Однако обратите внимание, что усилия на возбуждение увеличены в два раза для двойного зигзага. Распределения азимутов приемлемы для широкоазимутальной расстановки (Рисунки 5.12f, 5.13f, 5.14f).

Преимущества зигзагообразного проекта состоят в эффективности передвижений с вибрационным источником вдоль очень длинных линий возбуждения, вибраторы не должны пересекать приёмные линии. По сравнению с кирпичным или ортогональным проектом, зигзагообразная расстановка имеет минимальное время передвижения между ПВ и практически нет временных затрат на развороты и объезды. Это особенно наглядно при сравнении использования двух вибраторов в зигзагообразном проекте и двойном кирпичном проекте. Неудобство зигзагообразного проекта состоит в том, что сильный съёмочный след может быть запечатлён на данных, при проектировке ненадлежащим образом.

5.10 МЕГА-БИН РАССТАНОВКА

Этот термин был создан PanCanadian для проекта 3-D метода разработанного Гудвэем и Раганом (1995). Геометрия основана на нескольких концепциях, которые соединены уникальным способом. Любая асимметрия между размерами станций и линий в обычных проектах создаёт алейсинг регулярных, произведенных источником поверхностных помех. Перераспределение местоположений источников и приёмников в мега-биновом проекте (Рисунки 5.15a, 5.15b) уменьшает эту асимметрию и подавляет такой шум лучше. Кроме того, съёмочный след, который типичен для больших интервалов линий, значительно понижается.

Отношение сигнал / шум улучшается с кратностью. При мега-бине, улучшается статистика для одного ряда бинов большой кратности (и следовательно выше отношение S/N), в то время как бины в соседнем ряду имеют нулевую кратность, то есть, эти бины пусты (Рисунок 5.15с). Эти последние бины заполняются за счёт домиграционной f - x интерполяции бинов с более высокой кратностью. f - x интерполяция делает эту технику отличной от прежних полосовых проектов (см. Пункт 5.3). Основная геометрия этих двух методов, однако, является сопоставимой, расстояние между линиями в полосовых наблюдениях никогда не устанавливалась как некий специфический интервал, в то время как в мега-бин технике интервал линий в основном в четыре раза больше интервала бинов.

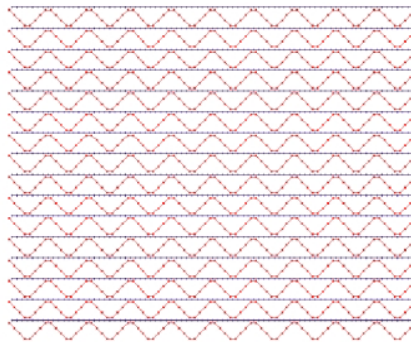
Распределение X_{\min} имеет почти нулевые величины на линиях возбуждения, и значения равные расстояниям между линиями на межлинейных полосах (Рисунок 5.15с). Распределение выносов во всех линиях бинов превосходно (Рисунок 5.15d). Никакой другой метод (кроме полной кратности или полосового метода) не закрывает все выносы в занятых рядах бинов также как мега-бин (Рисунок 5.15е), однако, бины заняты через один. Распределение азимутов также превосходно на линиях съёмки, как и на промежуточных линиях (Рисунок 5.15f).

Доказано высокое качество данных полученных с мега-бинами в относительно неструктурированных областях, и независимо обработанные прореженные эксперименты с 3-D наблюдениями переполненными данными (выстрелы и приёмники на сети 70 м. * 70 м.), показали жизнеспособность этого метода. Одно главное преимущество этого метода, в зависимости от проекта, заключается в том, что ПВ размещены на линиях приёма, тем самым, сокращая расчистку линий. Однако, линии приёма размещенный намного ближе друг к другу, чем в ортогональной геометрии.

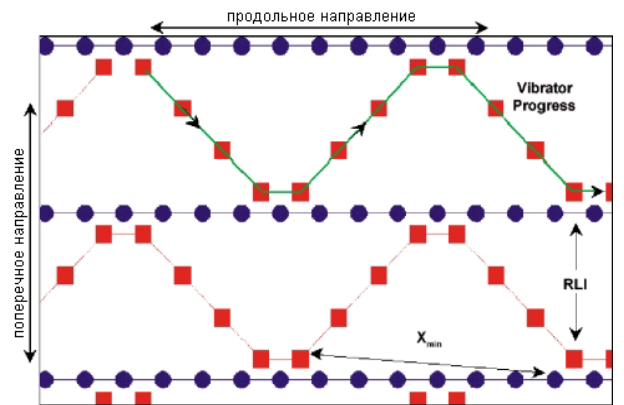
5.11 ШЕСТИУГОЛЬНОЕ БИНИРОВАНИЕ

Если срединные точки имеют шестиугольную конфигурацию, то они могут бинироваться в пределах шестиугольника. Это метод требует на 13.4 % меньше подповерхностных измерений

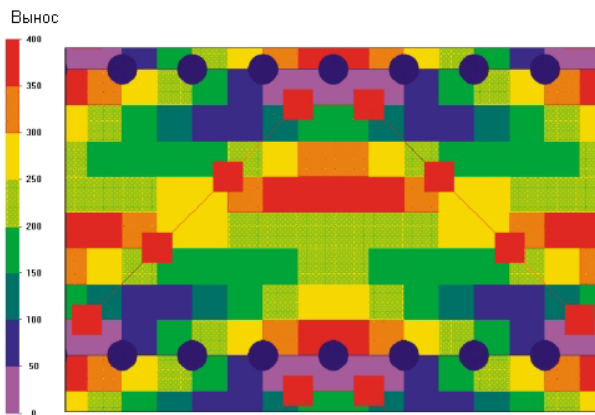
в одном направлении по сравнению с квадратной сетью серединных точек, таким образом, сокращая съёмочные и обработочные усилия 3-D наблюдений (Бардан, 1997). Усилия на возбуждение или приём могут быть уменьшены на 13.4 %, и все еще достигается такое же разрешение. Шестиугольное измерение может быть выполнено большим числом различных методов расстановки, один из которых был описан ранее (см. Рисунок 5.9b).



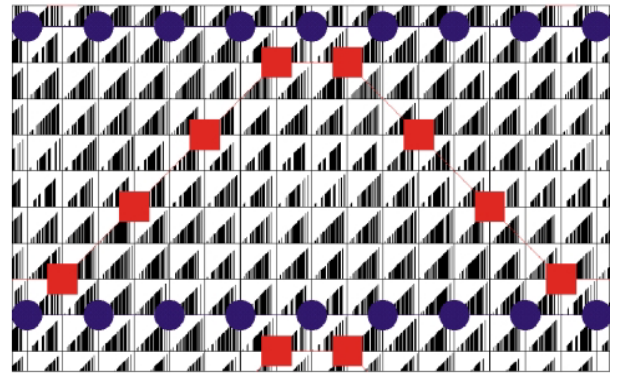
a)



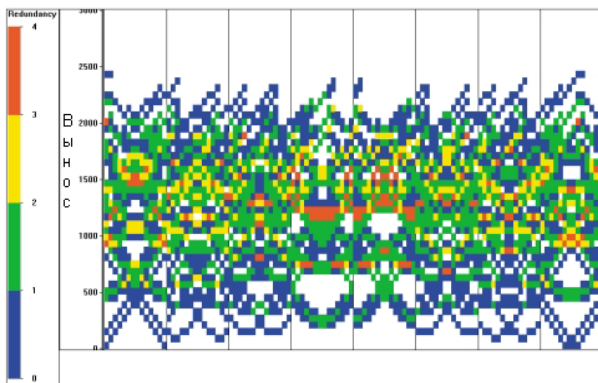
b)



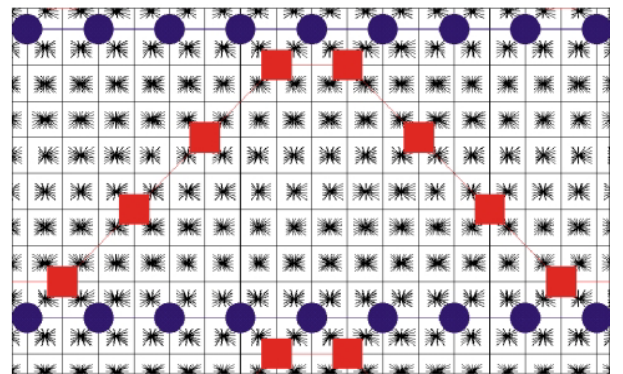
c)



d)

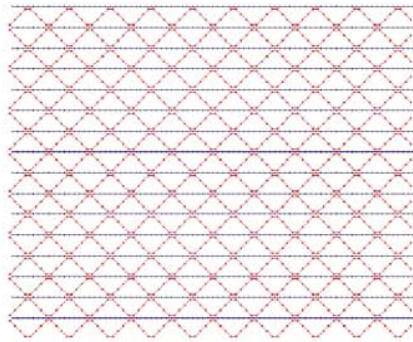


e)

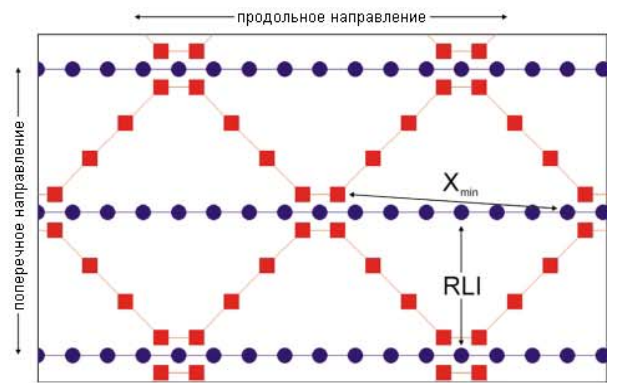


f)

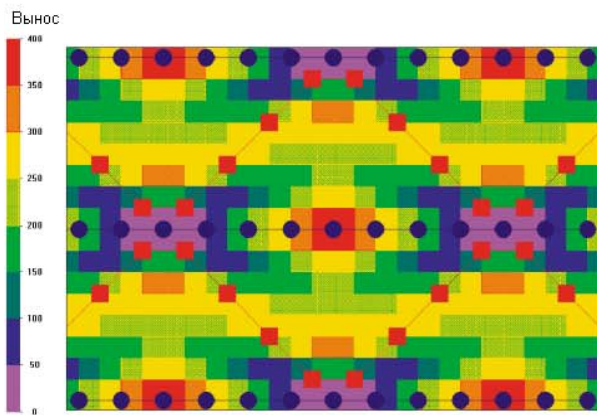
Рисунок 5.12. Зигзагообразный метод;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 в. X_{min} распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.



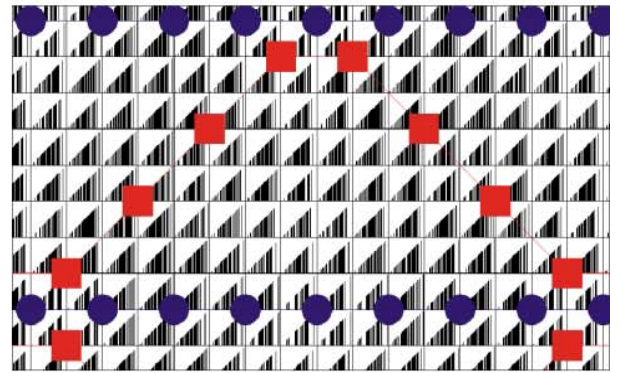
a)



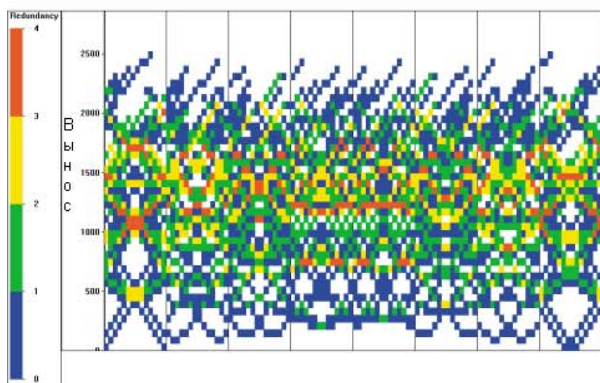
b)



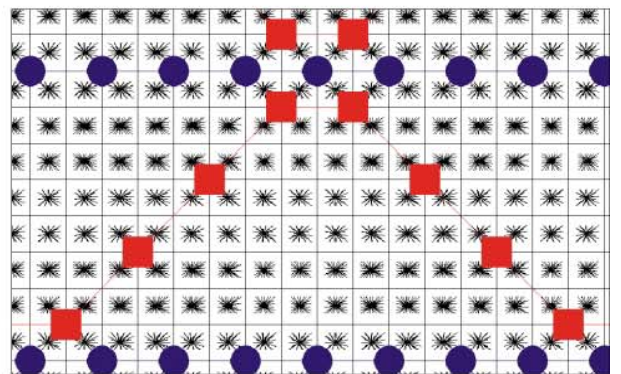
c)



d)

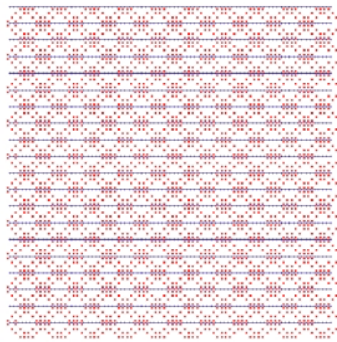


e)

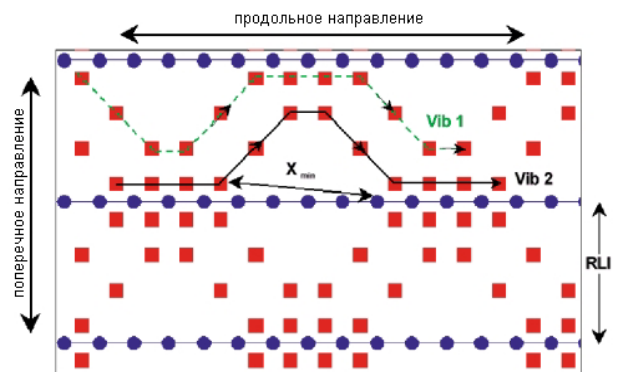


f)

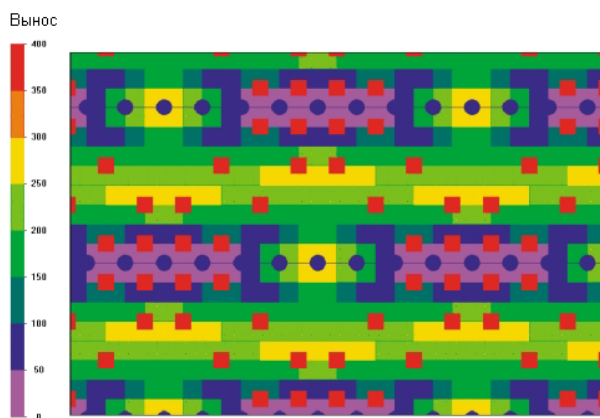
Рисунок 5.13. Отражённый зигзагообразный метод;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 в. X_{min} распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.



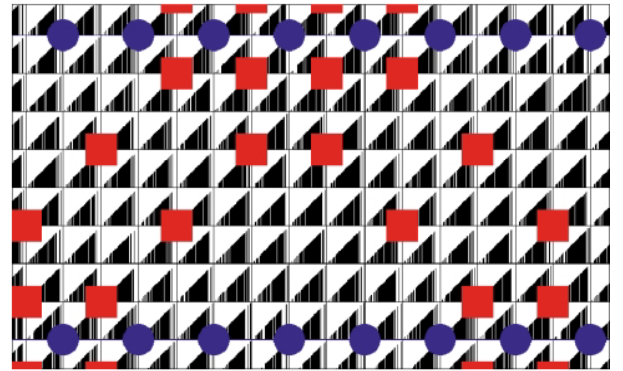
a)



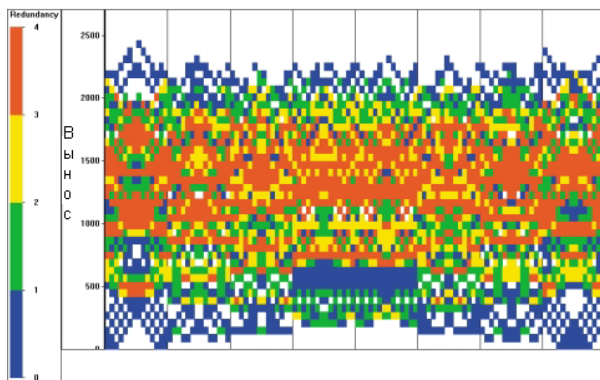
b)



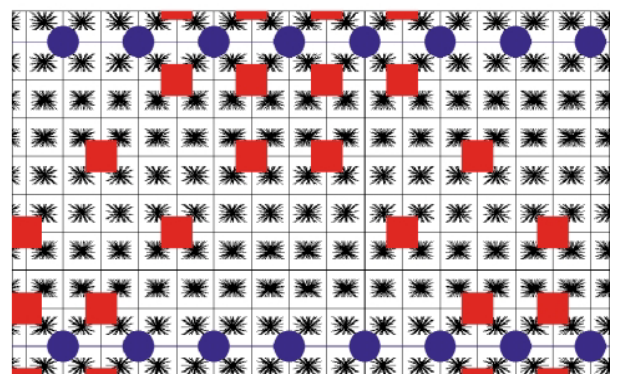
c)



d)



e)

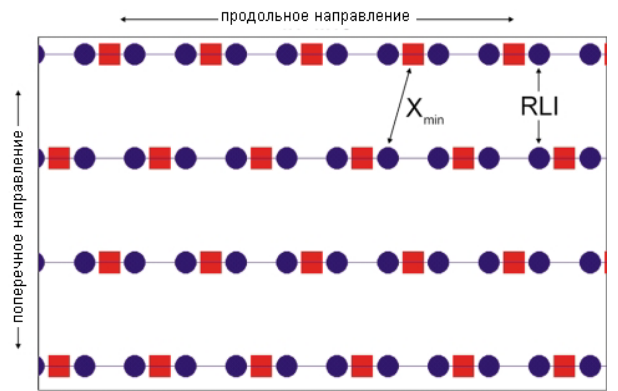


f)

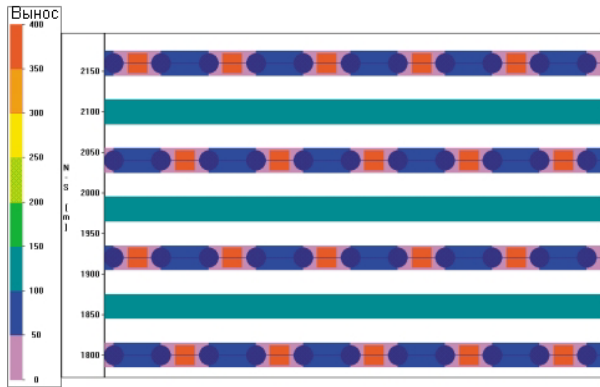
Рисунок 5.14. Двойной зигзагообразный метод;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 в. X_{min} распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.



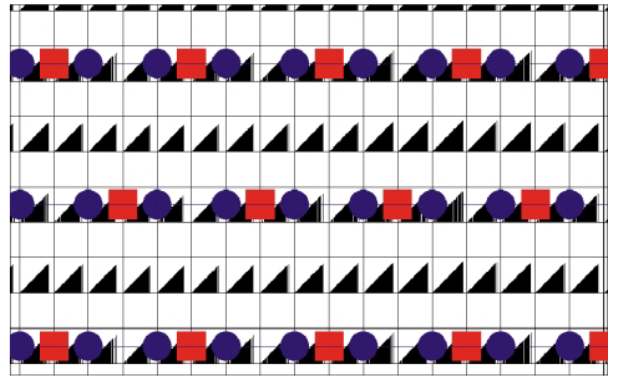
a)



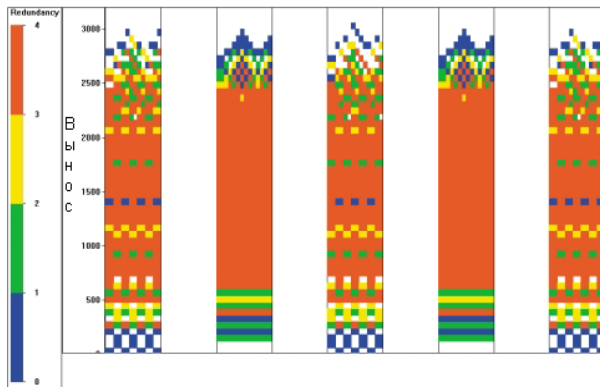
b)



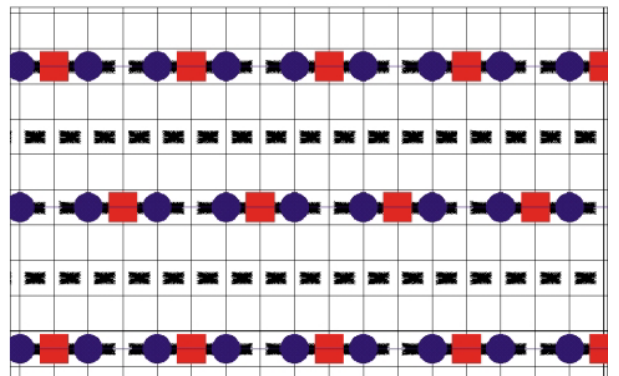
c)



d)



e)



f)

Рисунок 5.15. Мега-Бин метод;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 в. X_{min} распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.

5.12 ЗВЕЗДНАЯ РАССТАНОВКА

Звёздная съёмка подразумевает размещение линий приёма в форме похожей на спицы колеса (Рисунки 5.16а, 5.16b). ПВ располагаются вдоль тех же самых линий. При таких наблюдениях часто можно включать все приёмники при регистрации пунктов возбуждения. Кратность очень высока около центра и быстро понижается к граням области наблюдения. Метод улучшения поверхностного охвата состоит в том, чтобы вынести линии в их пересечения. Распределения X_{min} , выносов, и азимутов очень быстро ухудшаются с удалением от центра (Рисунки 5.16с -5.16f).

Полевые усилия для звездообразных наблюдений очень малы по сравнению с другими проектами, так как звездообразные наблюдения по существу ряд пересекающихся линий 2-D. Из-за высокой кратности, много ПВ около центра системы наблюдения, вероятно, могут быть устранены в зависимости от требований малоглубинных горизонтов. Этот метод используется со значительным успехом для маленьких структур, где данные имеют высокое S/N содержание. Метод пропагандируется для солевых куполов (или рифов), где эта геометрия способствует собиранию энергии, которая отражается от всех сторон соляного купола, а длинные выносы требуются для целей миграции. На практике, однако, должно быть известно местоположение вершины соляного купола.

5.13 РАДИАЛЬНАЯ РАССТАНОВКА

Усовершенствование звёздного проекта - радиальный проект. Эта концепция, подобно звёздному проекту, включает в себя размещение линий приёма в форме похожей на спицы колеса. Однако ПВ размещены по концентрическим окружностям вокруг центра системы наблюдения (Рисунки 5.17а, 5.17b). При таких наблюдениях можно часто включать все приёмники при записи ПВ. Кратность превосходит достижения звездообразной расстановки из-за отличного расположения источников, но все еще понижается от центра к граням системы наблюдения. Этот метод увеличивает площадной охват по сравнению со звёздообразным проектом. Распределения X_{min} , выносов, и азимутов также очень быстро ухудшаются с удалением от центра (Рисунки 5.17с -5.17f).

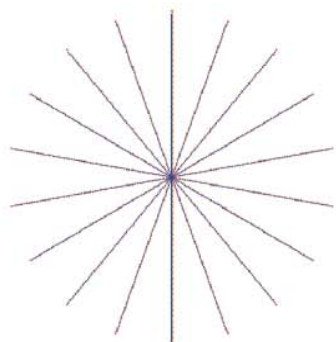
Полевые усилия для радиальных наблюдений очень низки по сравнению с другими конфигурациям из-за сосредоточенной съёмки. Из-за высокой кратности, многие ПВ около центра системы наблюдения, вероятно, могут быть устранены, в зависимости от требований относительно малоглубинных горизонтов. Радиальные наблюдения, однако, могут быть практичными только для структур, местоположения которых известно (См. предыдущий пункт). Полевые усилия (число местоположений источника и приёмника) для звездной и радиальной систем наблюдения сопоставимы, с тем исключением, что радиальный проект требует большего количества линий потому, что источники размещены на дополнительных концентрических окружностях. В случае соляных куполов, используются приёмники на той же самой стороне цели, что и источники, это уменьшает проблемы отображения, вызванные сложными лучевыми траекториями.

5.14 СЛУЧАЙНАЯ РАССТАНОВКА

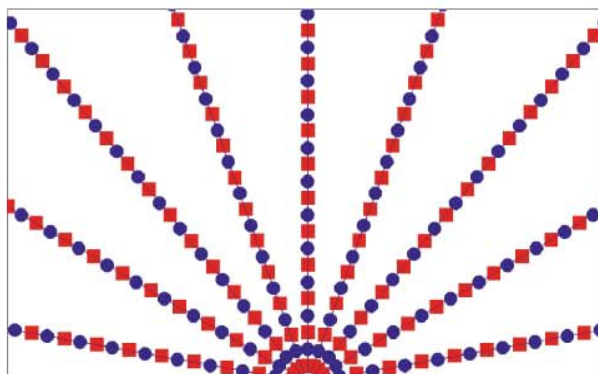
Регулярность в проектах 3-D часто имеет ухудшающее влияние на распределение выносов и азимутов, иногда порождая серьезные съёмочные следы (Кордсен, 1999). Меньшее отношение RLI к SI и SLI к RI уменьшают влияние следов в обычных проектах, но стоимость и другие соображения редко позволяют такие меньшие межлинейные интервалы. Если надлежащее измерение волнового поля 5-D невозможно, тогда для уменьшения шума миграции может рассматриваться случайная съёмка.

В проектах 3-D была тенденция к разупорядочиванию распределений выносов и азимутов, но полевые действия должны оставаться выполнимыми (то есть, прямые линии, короткие дистанции передвижения, и т.д.). Иногда эта нерегулярность выполнялась за счёт произвольных выносов и отклонений. С другой стороны поверхностные ограничения требуют перемещения и источников и приёмников. Вообще, передвижения приёмника меньше из-за ограничений перемещения, а передвижения источника больше из-за требований расстояния от препятствий. Случайная техника успешно применяется там, где позиции приёмника и источника перемещаются, основываясь на относительной простоте и безопасности персонала в течение раскладки. Эта естественная хаотизация имеет дополнительную выгоду, увеличивая производительность персонала раскладки за счёт минимизации времени затрачиваемого на попытку размещения точек в труднодоступных областях.

Главные преимущества настоящей хаотизации источников и приемников - усовершенствование в распределение выносов и азимутов. Также достигается полная увязка статики. Теоретическое распределение кратности не так гладко от бина к бину, однако, номинальная кратность может все еще быть вычислена согласно Пунктам 2.3 -2.7. Минимальные и максимальные выносы также сильнее изменяются, чем в обычном проекте. Оба эти эффекта, как предполагается, имеют незначительную

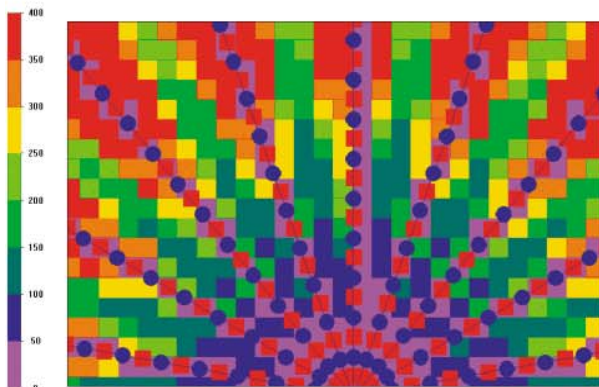


a)

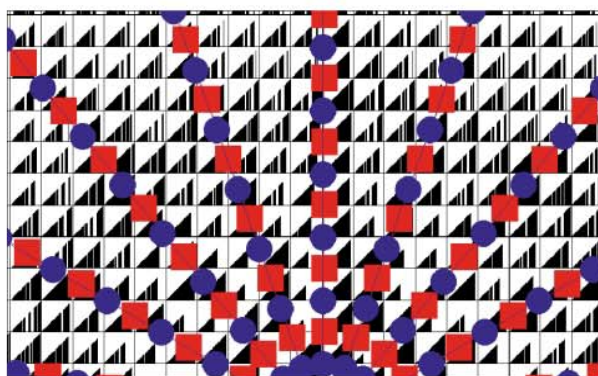


b)

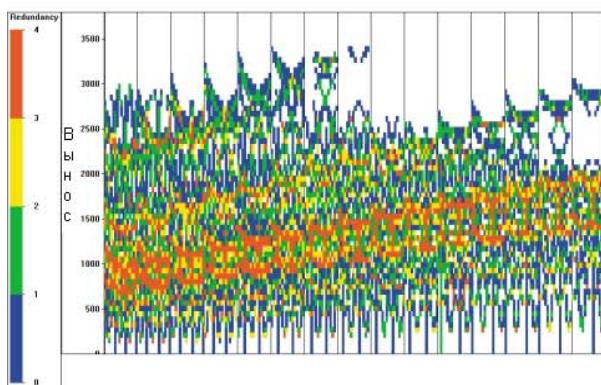
Вынос



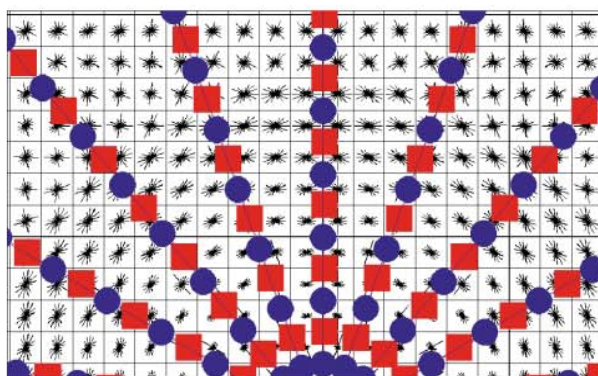
c)



d)

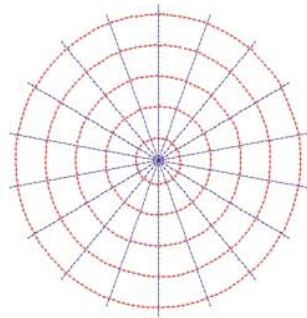


e)

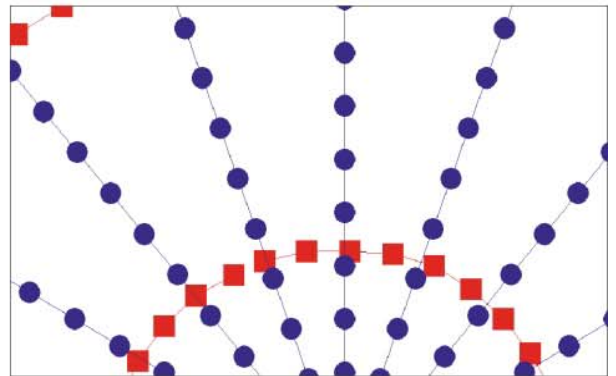


f)

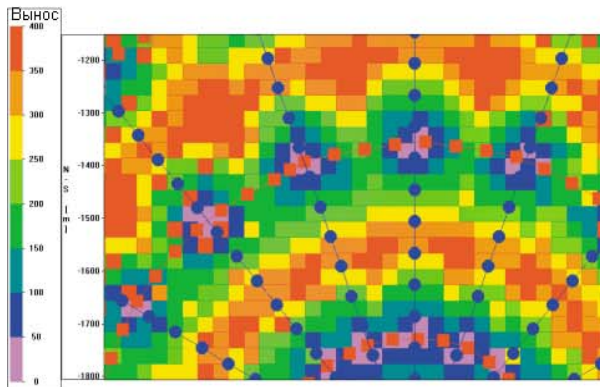
Рисунок 5.16. Звёздный метод;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 с. X_{min} распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в нескольких рядах бинов,
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.



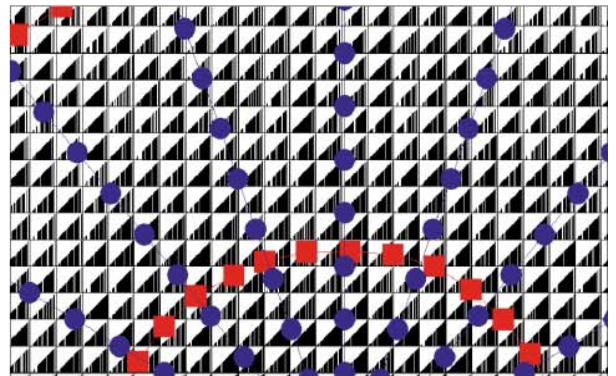
a)



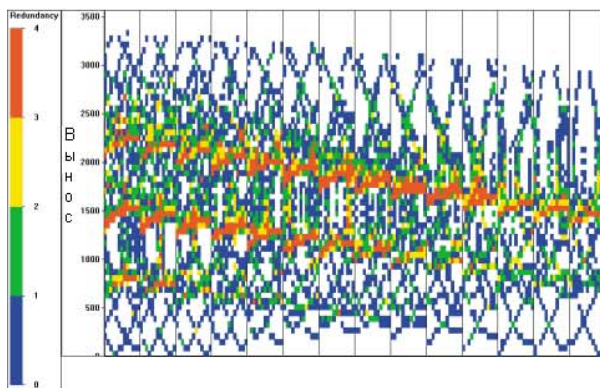
b)



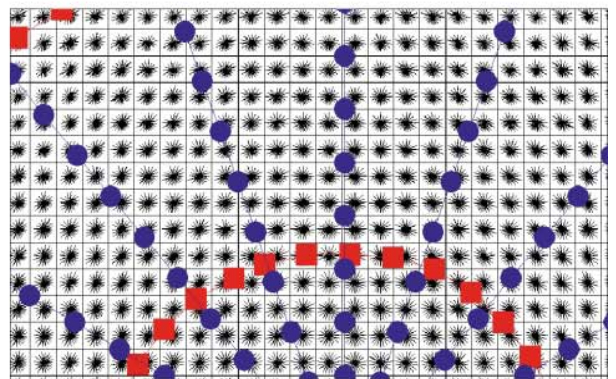
c)



d)



e)



f)

Рисунок 5.17. Радиальный метод;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 с. Xmin распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в нескольких рядах бинов,
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.

важность из-за изменений в пределах соседних бинов, которые должны быть рассмотрены (~ размер зоны Френеля), а в пределах такой области изменения должны быть невелики.

Рисунки 5.18a, и 5.18b показывают одно возможное решение для случайного расположения. Случайная функция применена к каждой станции возбуждения и приёма неортогональной расстановки на Рисунке 5.9b, при условии, что станции могут смещаться на один интервал бина в продольном и два интервала в поперечном направлении (Кордсен, 1999). Источники расположены в пределах области, равняющейся $SI * 2RI$, в то время как приемники должны быть помещены в пределах области равной $RI * 2SI$ центрированной относительно каждого начального (теоретического) местоположения. Максимальная хаотизация вероятно возможна, только если доступ полностью открыт, и динамитные источники, и телеметрическая система регистрации используются.

Эксплуатационные преимущества и преимущества в получении допуска случайного проекта, должны также быть рассмотрены как сильные стороны проекта. Так как не имеется регулярной структуры наблюдения, объективное влияние на окончательный объем стека меньше, чем в обычном наблюдении, из-за перескакиваний вызванных запретными зонами или корректировок внесённых за ограничения окружающей среды. Становится очень трудно выяснить - что намеревались перемещать, чтобы сделать съёмку случайной источник или приемник, или перемещения вызваны соображениями доступа или безопасности. Наконец, постольку, поскольку в разрешении заинтересованы, дающие его агенты имеют возможность перемещать пункты в течение получения начального разрешения, и могут уменьшать общий бюджет на допуск и стоимость, сокращая общее усилие, потраченное на занятие станций проектного плана.

Хаотизация только одного множества станций (то есть, или источников, или приёмников) создаёт полосы в распределение X_{min} также как другие критерии. Лучший результат достигается при хаотизации местоположений и источников, и приёмников. В наблюдениях, которые имеют регулярные измерения по редкой сети (и поэтому миграционный шум), Счустер и Жоу (Zhou) (1996) подтвердили, что квази-случайная сеть выстрелов источников в квази-случайной сети приёмников ведет к сокращению явлений миграционного аляйсинга на окончательном изображении. Такая полевая реализация может значительно уменьшить затраты на наблюдение. Случайные наблюдения должны рассматриваться всякий раз, когда сделано измерение по редкой сети потому, что большие размеры бина ведут к распространённому аляйсингу желаемой информации.

Распределение X_{min} более случайно, чем представленное до этого (сравните Рисунки 5.18c и 5.9c). Разумеется, распределения выносов и азимутов случайны (Рисунки 5.18d -5.18f). Выносы в параллельных рядах бинов не имеют вообще никакой структуры, что выгодно для сокращения съёмочного следа (Рисунок 5.18e).

5.15 КРУГОВЫЕ РАССТАНОВКИ

Главная особенность круговой расстановки то, что все активные группы приемников ограничены в пределах максимального выноса (или радиуса) от ПВ (Рисунок 5.19a). Этот метод может применяться для любой стратегии размещения представленной в этой главе. Нужно сравнить с ортогональным расположением в Пункте 5.4. следующие рисунки. Распределение X_{min} - точно такое же (Рисунок 5.19c), распределения выносов и азимутов (Рисунки 5.19d -5.19f) изменяются только на дальних выносах потому, что X_{mute} ограничен.

Главная особенность круговой расстановки - максимальный вынос (или радиус). Используя компьютерные программы для определения всех станций в пределах отдельного радиуса, и определением активных станций для каждой линии приёма, можно избежать записей на станциях дальше от источника, чем X_{mute} (Рисунок 5. 19a). Преимущество круговой расстановки в том, что её размер может быть установлен в соответствии с максимально полезным объёмом данных, например, размер расстановки мог бы быть пустой структурой пересекающей отражатель фундамента. Круговые расстановки не популярны в поле из-за эксплуатационных трудностей, сложны в осуществлении без программного обеспечения для компьютерного моделирования и существенного взаимодействия с персоналом в поле. Круговые расстановки используются в наблюдениях, которые имеет высокую степень нерегулярности в интервалах линий приёма, типа случайных проектов, где не существует никакой концептуальной расстановки.

5.16 СРАВНЕНИЕ НОМИНАЛЬНОЙ КРАТНОСТИ

Сравнение номинальной кратности между различными проектами 3-D полезно для полной оценки изменений в распределении кратности под землёй (Рисунок 5.20). Приёмная расстановка 12 * 60

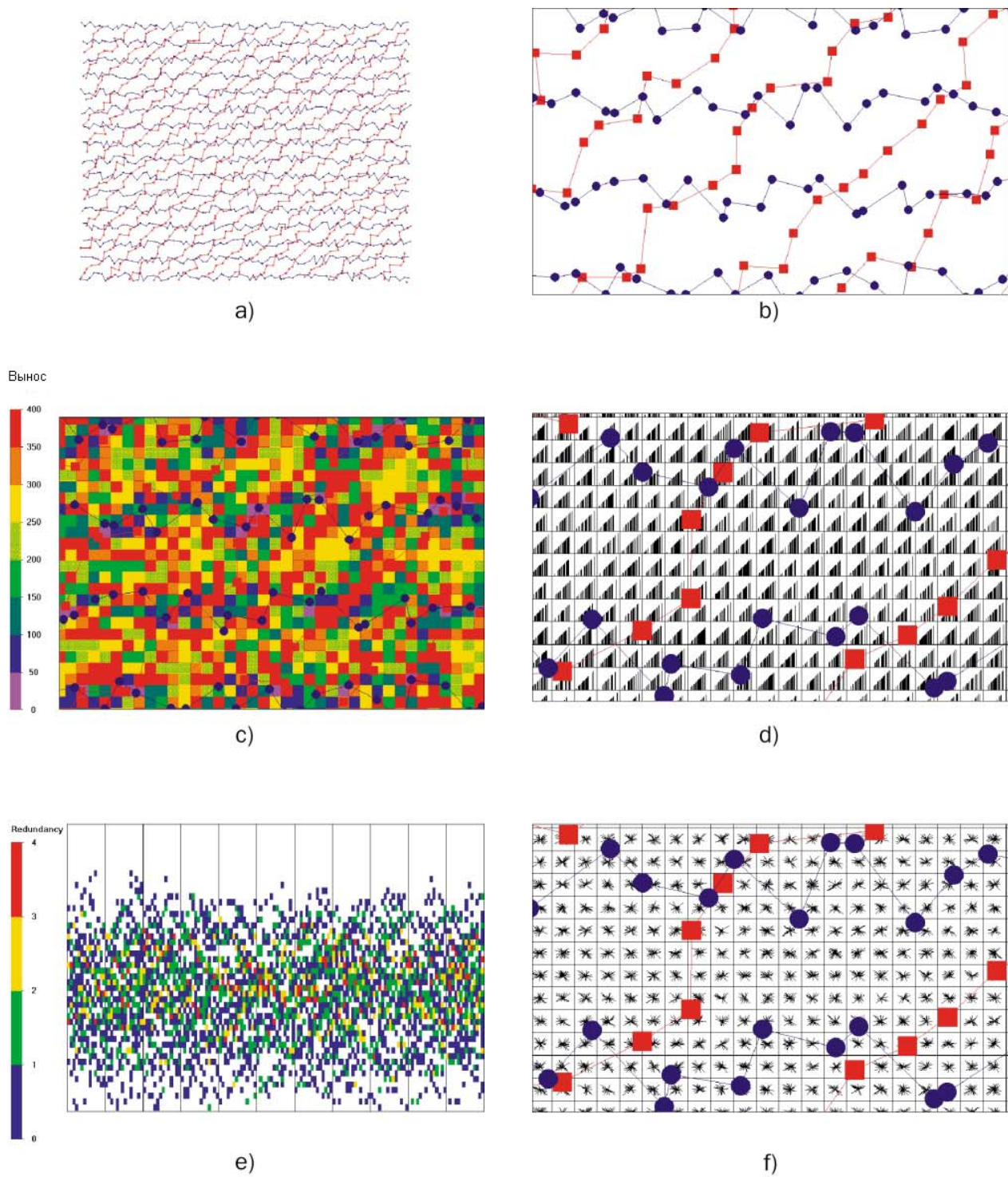
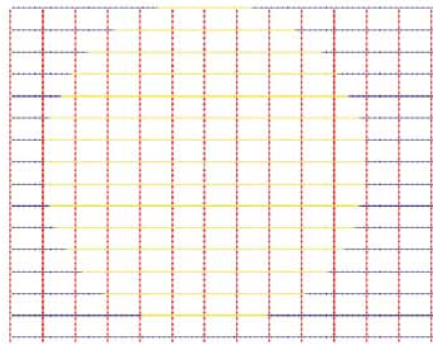
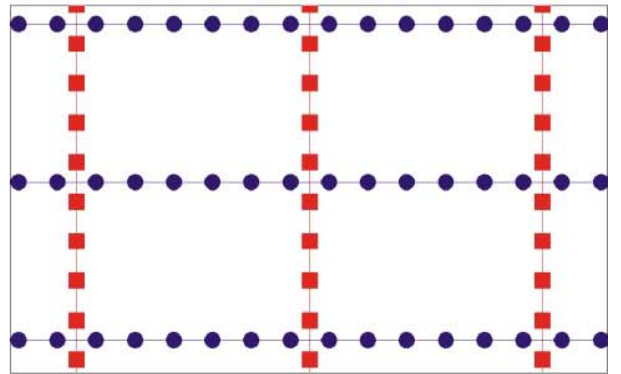


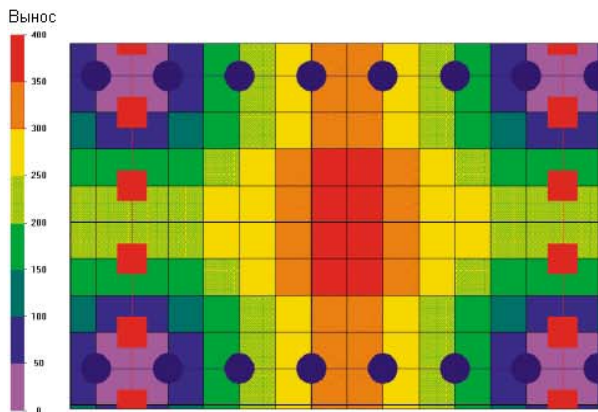
Рисунок 5.18. Случайный метод;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 с. X_{\min} распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в нескольких рядах бинов,
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.



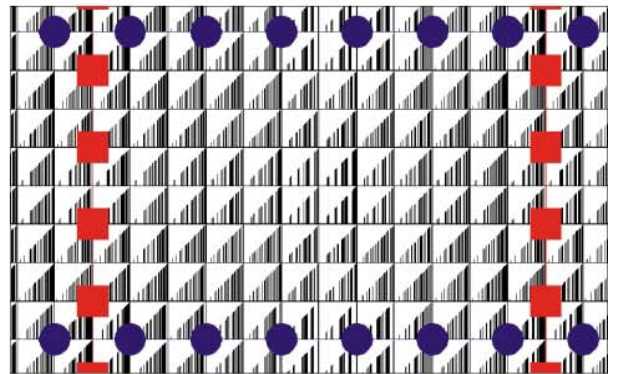
a)



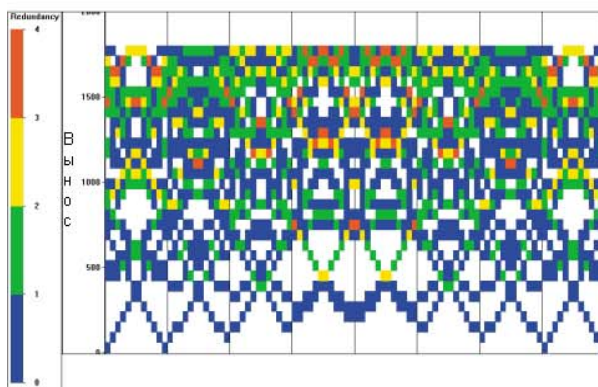
b)



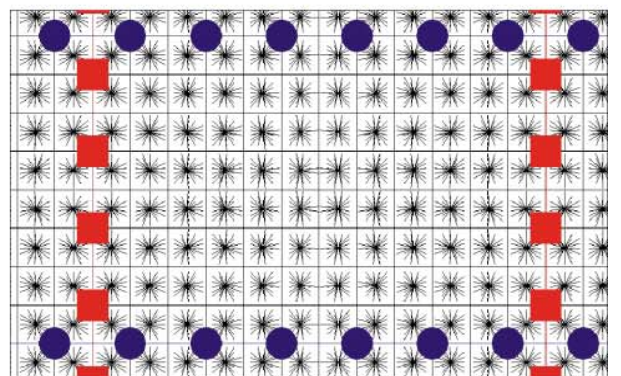
c)



d)

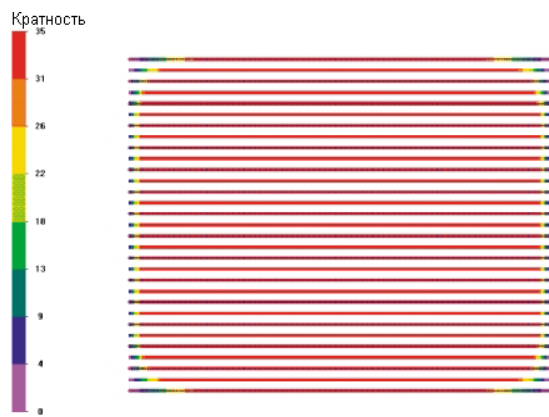


e)

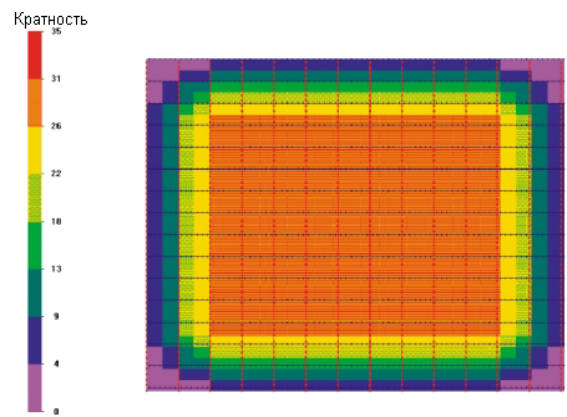


f)

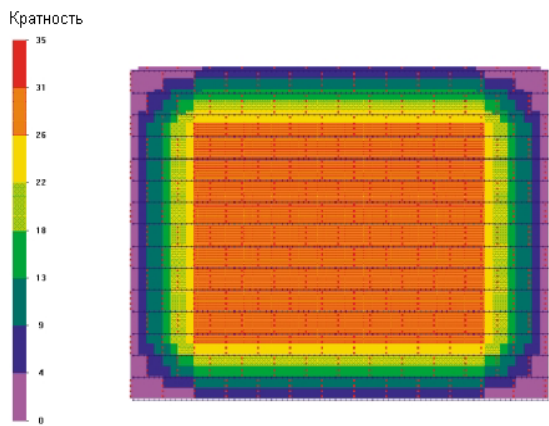
Рисунок 5.19. Метод круговой расстановки;
 а. расстановка - полный масштаб,
 б. расстановка - увеличение,
 в. Xmin распределение,
 д. распределение выносов в пределах каждого бина,
 е. распределение выносов в параллельных рядах бинов (в пределах ячейки),
 ф. распределение азимутов в пределах каждого бина.



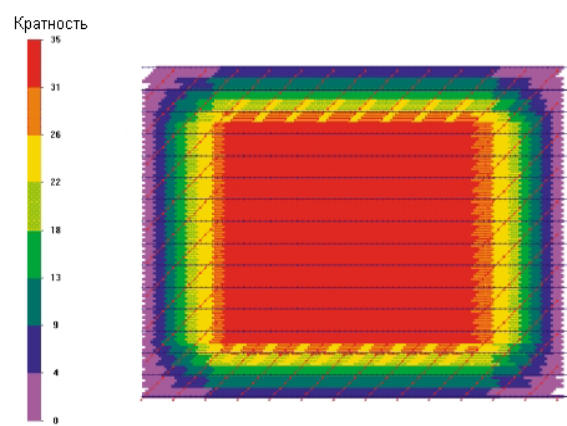
a)



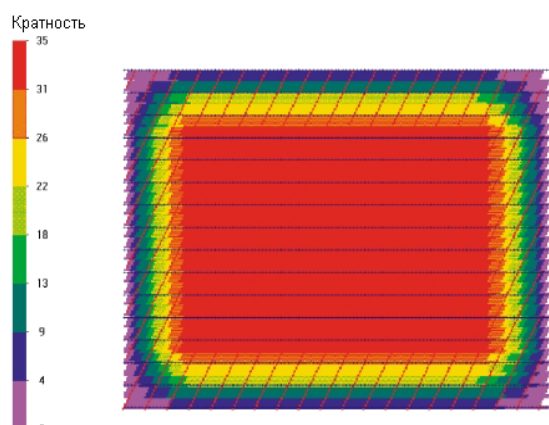
b)



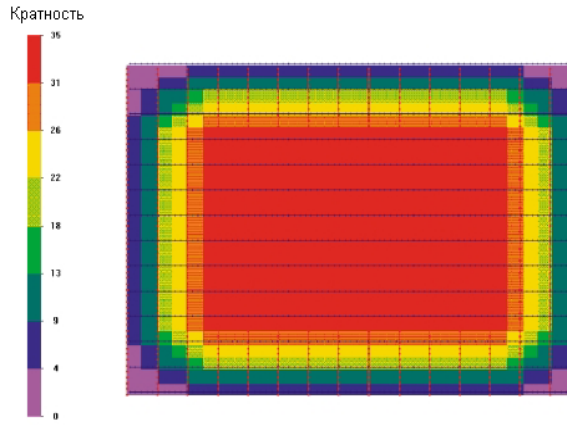
c)



d)

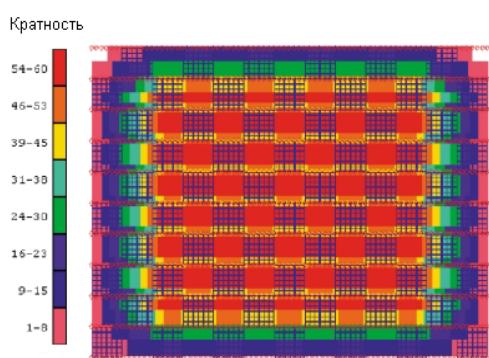


e)

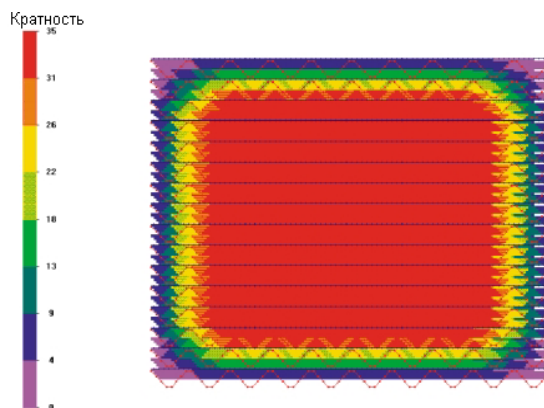


f)

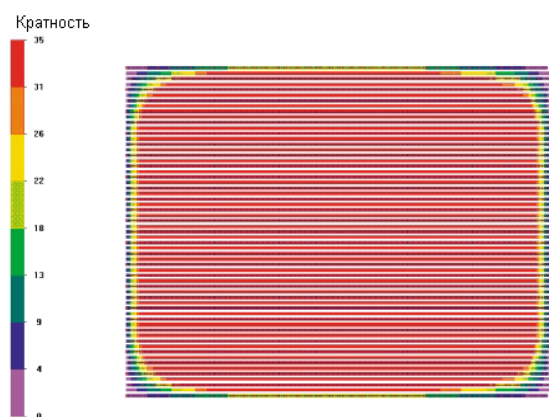
Рисунок 5.20. Сравнение полной кратности;
 а. Прореживание,
 б. Ортогональная,
 с. Кирпичная,
 д. Не ортогональная - 45° ,
 е. Не ортогональная - 26.565° ,
 ф. Flexi-Bin.



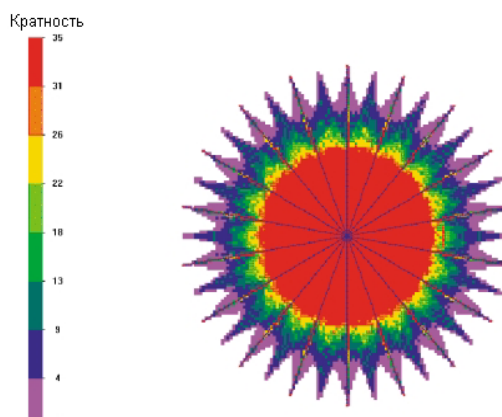
g)



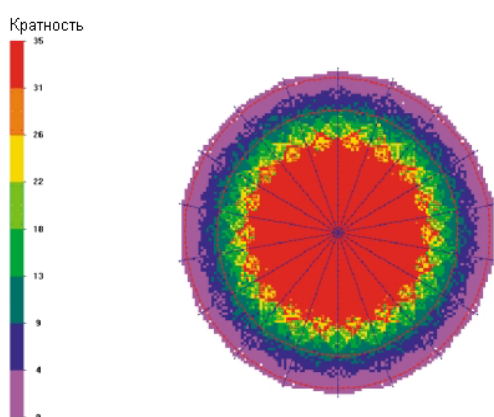
h)



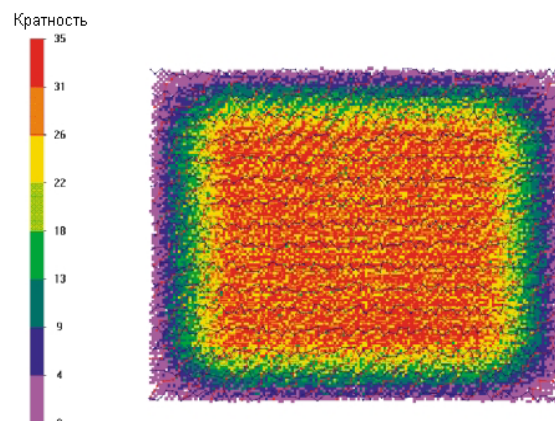
i)



j)



k)



l)

Рисунок 5.20. (продолжение) Сравнение полной кратности;
 г. Кнопочная расстановка,
 h. Зигзагообразная,
 i. Мегабин,
 j. Звездообразная,
 k. Радиальная,
 l. Случайная.

поддерживалась насколько возможно во всех вычислениях кратности. Эта расстановка обеспечивает

номинальную кратность 30 в каждом бин в центре системы наблюдения. Все проекты были рассчитаны до максимальной кратности равной 35.

В полосовом методе (Рисунок 5.20а) имеются две линии покрытые кратностью для каждой линии возбуждения, в силу того, что соседние линии приёма делают запись, в то время как центральная линия возбуждения стреляет. Это не обеспечивает достаточного покрытия для непрерывного измерения волнового поля.

Ортогональный, кирпичный, неортогональный, Flexi-Bin®, кнопочный, и зигзагообразный проекты создают даже 30 кратность повсюду в центра системы наблюдения (Рисунки 5.20b - 5.20h). Главные различия между этими проектами с точки зрения кратности - покрытие кратностью вдоль граней системы наблюдения. Другие ключевые особенности этих проектов были обсуждены ранее в этой главе.

Проект мега-бин имеет две линии покрытия кратностью для каждой линии возбуждения, подобно полосовому методу (Рисунок 5. 20i). Главные различия состоят в том, что приёмная расстановка теперь гораздо больше, чем в прежнем полосовом методе, а интервал линий - в четыре раза больше размера бина. Однако можно конечно видеть подобие между этими двумя проектами.

Звездные и радиальные проекты достигают гораздо большей кратности в центре системы наблюдения, чем номинальная кратность 30 других проектов (Рисунки 5.20j, 5.20k). Поэтому может быть желателен некоторый вынос линий центр или устранение некоторых ПВ около центра. Радиальный проект предлагает гораздо лучшее покрытие кратностью, чем звездообразный по направлению к граням системы наблюдения.

Круговая расстановка производит равномерное распределение кратности подобное предыдущим (Рисунки 5.20b - 5.20h) потому, что она зависит просто от выбора расстояния выноса приемников, которые будут включены (которое должен быть равно X_{mute}). Любой случайный проект создает бины с несколько более высокой кратностью, за счет несколько заниженной кратности в других (Рисунок 5.20e).

Таблица 5.1 сравнивает некоторых главные преимущества и недостатки каждого из представленных в этой главе методов проектирования. Это ни в коем случае не полная трактовка, читатель отсылается к отдельным пунктам этой главы за дополнительной информацией.

Таблица 5.1. Полевые расстановки — преимущества и недостатки различных стратегий расположения.

Расстановка	Преимущества	Недостатки
<i>Полосовая</i>	Простая геометрия. Эффективная стоимость. Хорошее распределение выносов. Минимальное движение оборудования.	Непредставительное распределение азимутов. Недостаточная увязка статики.
<i>Ортогональная</i>	Простая геометрия.	Большой X_{min} .
<i>Кирпичная</i>	Меньший X_{min} может позволять более широкий RLI. Разумные выносы и азимуты.	Доступ может быть проблемой. Редкие измерения в сейсмограмме ОПП могут вести к съёмочным следам.
<i>Неортогональная</i>	Простая геометрия	Те же что и в ортогональной расстановке.
<i>Flexi-Bin®* или биновое фракционирование*</i>	Высокое разрешение при низкой кратности, или низкое разрешение при высокой кратности. Супер - бины для нормального использования имеют хорошее сочетание выносов и азимутов. Превосходная увязка статики.	Те же что и в ортогональной расстановке.
<i>Кнопочная расстановка*</i>	Эффективное использование многоканальных систем. Хорошее распределение азимутов и выносов требует детального планирования.	Может требовать большое количество ПВ на большой площади для каждой расстановки. Требует высокую пропускную способность канала. Увязка статики трудно реализовать. Расстановка склонна к съёмочному следу.
<i>Зигзагообразная</i>	Те же что и в кирпичной расстановке. Расстановка эффективна для перемещения оборудования.	Должна иметь очень свободный доступ. Единичная зигзагообразная расстановка склонна к съёмочному следу.
<i>Мега-бин*</i>	Улучшенное подавление шума.	Недостатки подобны полосовому методу. Нужна f-x интерполяция, для заполнения пустых бинов.
<i>Звездная и Радиальная</i>	Расстановка хороша для соляных	Лучше всего использовать со всеми

	куполов. Даёт превосходные выносы для миграции.	включёнными линиями. В высшей степени нерегулярная статистика.
<i>Случайная</i>	Улучшенное распределение выносов и азимутов. Минимальный съёмочный след.	Кратность, X_{min} и X_{max} более случайны.
<i>Круговая расстановка</i>	Постоянный X_{max} .	Производственно трудна.

*Патентные ограничения прилагаются для использования этих технологий.

Контрольные вопросы к главе 5

1. Где находится бин, который содержит максимальный минимальный вынос в ортогональной расстановке?
2. От чего зависит максимальный минимальный вынос в кирпичной расстановке?
3. Какова основная концепция Flexi-Bin ®?
4. Что необходимо для применения зигзагообразного метода?
5. В чём различие между звездообразной и радиальной расстановкой?

Источники

6.1 ВЗРЫВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Взрывные источники производят сильные Р-волны. Выбор взрывчатых веществ в качестве источника зависит, прежде всего, от поверхностных условий и доступности других источников энергии. Если бурение занимает мало времени и эффективно, одиночные скважины, заполненные взрывчатыми веществами, могут быть наиболее экономичным выбором источника. Взрывчатый источник состоит из детонатора (Рисунок 6.1) и заряда (Рисунки 6.2 и 6.3). В сейсмической промышленности заряд обычно упоминается как "порошок" а детонатор как "капсоль" или "запал".

Ландшафтные условия могут также диктовать использование динамита в качестве источника. Вообще стоимость взрывчатки может быть меньше по сравнению с вибраторами, и их доступность лучше в некоторых частях мира. Вертолётные транспортировки в горных регионах почти всегда требуют динамитного возбуждения. Однако, если требуется структура скважин возбуждения, или если глубина скважины превышает 10-15 м. (30 -50 футов), стоимость взрывных источников может сильно превышать стоимость вибраторов.

Вертолётномобильное бурение требует использование вертолета и легких буровых установок (Рисунок 6.4). Эти буровые установки имеют три основных части: рама с мачтой, корзина для инструментов и взрывчатых веществ (Рисунок 6.5), и главная система перемещения (Рисунок 6.6). Процедура вертолётномобильного бурения представляет собой сбор буровой и начало бурения отверстия. После того, как скважина пробурена, источник должен быть "подготовлен" (Рисунок 6.7), что должно быть выполнено безопасно. Важно здесь то, чтобы запал был соединён с "выстрелом" или источником, и блуждающие электрические токи могут отходить от источника на поверхность и серьезно повредить любого поблизости. Как только заряд готов, он должен быть опущен в скважину (Рисунок 6.8) и скважина обратно засыпается перед взрывом, чтобы предотвратить выброс (Рисунок 6.9).

Обычное или багги бурение - подобная процедура за исключением того, что буровая установка движется к участку, а не транспортируется вертолетом (Рисунок 6.10). Как и в случае с вертолётномобильным бурением, требуются взрывчатые вещества и магазин детонаторов (Рисунок 6.11). Весь остальные процедуры идентичны вертолётномобильному бурению.

Поверхностные выстрелы - другой тип энергетического источника используемого, когда доступ ограничен. Поверхностный выстрел может иметь форменный заряд или Roulter выстрел. В Roulter выстреле используются мешки взрывчатых веществ (Рисунок 6.12) которые помещаются над землёй на стойках, чтобы сформировать группу (Рисунок 6.13), а затем производится детонация (Рисунок 6.14). Другой тип поверхностного выстрела - форменный заряд (Рисунок 6.15). Форменный заряд - специально разработанное взрывчатое вещество, с целью направленного воздействия энергии источника в землю. Имеются два других источника, обычно используемые в поверхностной стрельбе: Примакордовый траншейный и малоглубинный взрыв (Рисунок 6.16). Примакордовый источник использует траншею, выдолбленную в земле, в которой находится тонкая труба, заполненная взрывчатыми веществами, помещенная вдоль траншеи. Траншея засыпается и взрывается. Источник мини-отверстия подобен обычному глубинному взрывному источнику, за исключением того, что заряд меньше, отверстия менее глубокие (в диапазоне от 2 до 5 м. глубиной), и меньшие, более мобильные буровые установки используются (Рисунок 6.17).

Разнообразие других источников (например, воздушные, падающий груз, Р-источники) доступны, когда взрывные или вибраторы не могут использоваться. Необычные поверхностные условия или геофизические требования обычно являются силой движущей к рассмотрению нестандартных источников.

С взрывчатыми веществами, сила возбуждения зависит от следующих факторов:

- размер заряда
- глубина заряда
- число скважин на ПВ

ТИП ИСТОЧНИКА



Рисунок 6.1. Детонатор.



Рисунок 6.2. Заряд взрывчатых веществ.



Рисунок 6.3. Заряды взрывчатых веществ в ящике хранения.



Рисунок 6.4. Транспортировка буровой установки вертолётom.



Рисунок 6.5. Корзина инструментов.



Рисунок 6.6. Процессы вертолётномобильного бурения.



Рисунок 6.7. Подготовка динамитного заряда.



Рисунок 6.8. Заглубление заряда во взрывную скважину.



Рисунок 6.9. Засыпанная взрывная скважина.



Рисунок 6.10. Обычная буровая установка.



Рисунок 6.11. Магазин взрывного вещества и детонатора.



Рисунок 6.12. Мешок Poulter.



Рисунок 6.13. Групповой источник Poulter.



Рисунок 6.14. Выстрел Poulter.



Рисунок 6.16. Различные типы источников.



Рисунок 6.17. Небольшая буровая установка для взрыва в маленькой скважине.



Рисунок 6.15. Форменный заряд группового источника.

Выбор размера заряда зависит в значительной степени от глубины интересующего горизонта. Лучший размер заряда – тот, который даёт максимальное отношение сигнала к шуму (S/N) на целевой глубине. Более глубокие цели обычно требуют больших размеров заряда. Однако не нужно выбирать такой размер заряда, который вызывает прорыв взрывной скважины, из-за выброса грязи и проводов из неё, теряя большой процент энергии. Выброс может быть опасен, из-за того, что пробуренное отверстие действует подобно стволу оружия и концентрирует освобождённую энергию. Кроме того, провод детонатора обычно извлекается из скважины, и этот провод может служить для сокращения воздушных энергетических и телефонных линий.

Вообще, большие размеры заряда

вызывают большее загрязнение записи за счёт волнения земли и воздушных эффектов (Рисунок 6.18). В альтернативе, меньший размер заряда означает содержание более высоких частот, но меньшее количество энергии уходящее в землю. С недавнего времени компании снова используют большие размеры заряда, чтобы закачать больше энергии в землю. Полный частотный состав может быть выше, чем для меньших размеров заряда, хотя контрольные записи могут содержать более низкую доминирующую частоту (Рисунок 6.19). Деконволюция увеличивает частотный состав так, что полоса частот будет выше и имеет улучшенное S/N , по сравнению с записью с меньшим размером заряда.

Глубина заряда зависит от глубины слоя выветрелых пород и уровня шумов, с которыми сталкиваются при испытании. Вообще, чем ближе к поверхности источник (например, 6 м. или 20 футов), тем сильнее воздушное влияние и волнообразные движения поверхности земли. С другой стороны, обычно не экономично уходить на глубину много больше 50 м.

(160 футов). Если бурение действительно трудное и дорогое (например, базальты или карбонаты на поверхности), можно ограничить глубину скважины взрыва всего 2 м. (6 футов), или вместо этого может использоваться поверхностное возбуждение.

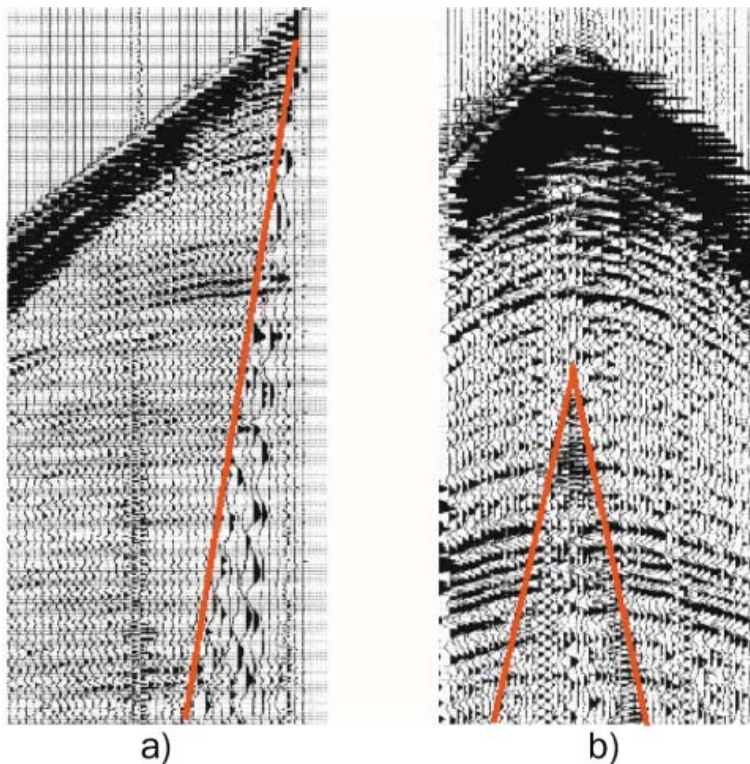


Рисунок 6.18. Изображение показывающее (а) низкочастотные поверхностные колебания и (б) высокочастотные звуковые.

взрывной материал. Для предела имеется Пентолит, очень быстрое взрывчатое вещество со скоростью взрыва 8300 м/с (27 000 ф./с), которое имеет тенденцию создавать очень острый импульс короткой продолжительности, богатый высокими частотами. В середине

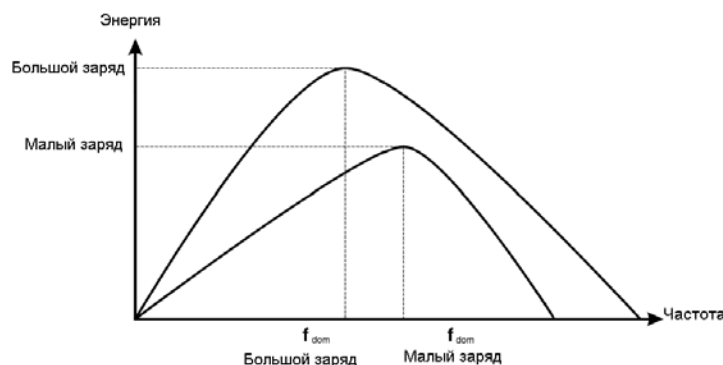


Рисунок 6.19. Сравнение малого и большого заряда.

скоростного спектра - сейс-гель и основанные на эмульсии источники типа 60 % сейс-геля. Эти источники имеют скорость приблизительно 5200 м/с (17 000 ф./с), и имеют тенденцию создавать слегка более широкую форму импульса, чем Пентолит. Главное преимущество гелей над Пентолитом - быстрая деградация заряда в инертную массу в случае осечки. На медленном конце спектра - Примакорд, который может взрываться со скоростью всего 1500 м/с (5000 ф./с) и создаёт взрыв большой продолжительности. Эти различные взрывчатые вещества формируют разнообразие возможных источников, которые могут использоваться в поле и только осторожное испытание может дать ответ, какой из них лучше для каждого наблюдения.

Таблица 6.1. Типичная тестовая последовательность для динамита.

Номер теста	Величина заряда		Заглубление		Число скважин
	килограммы	фунты	метры	футы	
Тест величины заряда					
1	0.5	1	15	45	1
2	1	2	15	45	1
3	2	5	15	45	1
4	4	10	15	45	1
Тест глубины					

Число скважин на ПВ зависит от глубины, которую можно экономно пробурить и явного шума на записях с единственной скважиной. Много - скважинные схемы могут требоваться для достаточного проникновения энергии в землю, если трудное бурение требует использование мелких скважин взрыва, или для целей подавления шума. В 3-D работах группа источников будет часто ориентироваться в том же самом направлении, что и линии возбуждения для лучшего подавления шума потому, что группы приемников обычно размещаются вдоль направления линий приёма (См. Главу 8 — Группы).

Тип источника управляет формой и продолжительностью сейсмического импульса. Взрывчатые вещества различаются по параметру скорости распространения, или скорости с которой ударная волна распространяется через взрывной материал. Для предела имеется Пентолит, очень быстрое взрывчатое вещество со скоростью взрыва 8300 м/с (27 000 ф./с), которое имеет тенденцию создавать очень острый импульс короткой продолжительности, богатый высокими частотами. В середине скоростного спектра - сейс-гель и основанные на эмульсии источники типа 60 % сейс-геля. Эти источники имеют скорость приблизительно 5200 м/с (17 000 ф./с), и имеют тенденцию создавать слегка более широкую форму импульса, чем Пентолит. Главное преимущество гелей над Пентолитом - быстрая деградация заряда в инертную массу в случае осечки. На медленном конце спектра - Примакорд, который может взрываться со скоростью

5	1	2	6	20	1
6	1	2	9	30	1
Тест числа скважин					
7	1	2	15	50	3
8	1	2	15	50	5

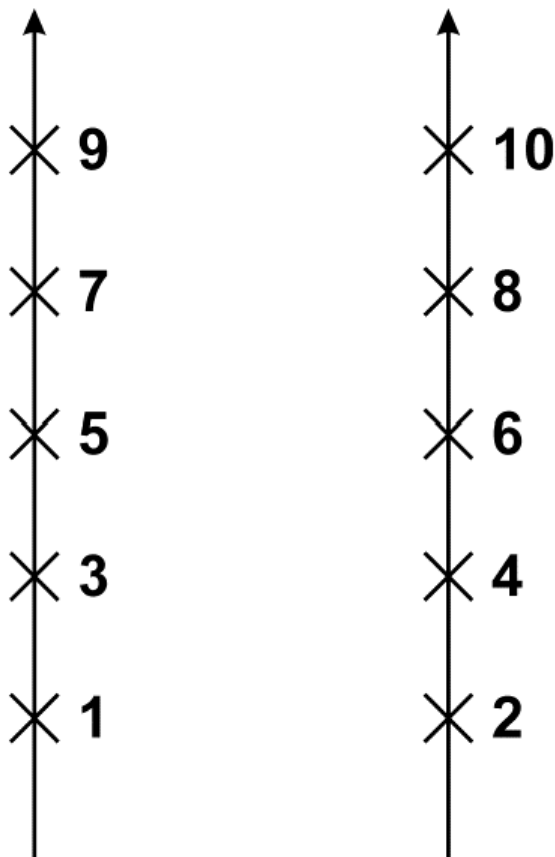


Рисунок 6.20. Совместный отстрел по двум параллельным линиям возбуждения.

6.2 ИСПЫТАНИЕ ДИНАМИТА

Если параметры съёмки не известны, рекомендуется испытательная последовательность, подобная той, что приведена в Таблице 6.1. Испытательная программа должна быть расположена на 30 - 40 станциях от НЛ или КЛ (начало / конец линии). Размеры заряда - в килограммах (фунтах). Испытательные результаты должны быть предоставлены обработчику как можно скорее после регистрации, чтобы они могли быть рассмотрены подробно. Испытание поможет в определении того, какие параметры источника должны использоваться для существующей программы или любого будущего наблюдения. Эти испытательные параметры могут сильно меняться от области к области, и поэтому, нужно быть уверенным, что испытательная последовательность подходит для области исследований.

6.3 СТРАТЕГИЯ ДИНАМИТНОГО ОТСТРЕЛА

Главное преимущество динамита – то, что несколько команд могут работать в тандеме, стрелять поочередно (Рисунок 6.20). Эта техника позволяет одной команде отвечающей за отстрел передвигаться к следующему ПВ, в то время как другая команда делает электронные контакты между взрывной частью и проводами и производит выстрел. В действиях с динамитом особенно важно то, чтобы транспортные средства были “устойчивы”, в то время как регистратор находится в стадии прослушивания после выстрела. Автомобили или грузовики, передвигающиеся близко к расположению линий необходимо остановить и отключить двигатели, чтобы уменьшить шум на зарегистрированных данных.

6.4 ВИБРАТОРЫ

Вертикальные вибраторы (Рисунок 6.21) производят асимметричную структуру излучения Р-волн и S-волн. Горизонтальные вибраторы производят слабые Р-волны и сильные S-волны. Если многократные динамитные схемы не излучают достаточно энергии в землю, вибраторы могут предпочтительнее на



Рисунок 6.21. Плита основания вибратора.

технических землях, независимо от относительной стоимости. Например, можно сталкиваться с плохими динамитными данными в области с 200 м. (650 футов) морены, но в тоже время получать превосходные данные, когда виброрейсисмический источник используется.



Рисунок 6.22. Вибратор на багги.

Вибраторы разработаны в двух основных базах: на лёгких вездеходах (багги) и грузовиках. Вибратор на багги (Рисунок 6.22) обычно более подвижен и меньше повреждается "вне дороги", чем вибратор установленный на грузовике. Большинство вибраторов на багги - ориентируемы, или вращаются позади кабины, а многие могут также вращаться вертикально за кабиной. Этот манёвренность и гибкость обеспечивает меньшие повреждения окружающей среды и простоту использования. С нижней стороны, вибраторы багги должны иметь возможность загрузки на грузовую платформу (Рисунок 6.23) и может застревать в хорошем песке. Вибратор установленный на грузовик (Рисунок 6.24) более эффективен для дорожных работ и использования в более развитых областях. Вибратор установленный на грузовике не работает "вне дороги" также хорошо как багги, так что выбор вибратора обычно диктуется



Рисунок 6.23. Транспорт вибратора.

проектным материально-техническим обеспечением.

6.5 КОНЦЕПЦИИ ГРУПП ВИБРАТОРОВ

В съёмке с вибратором, энергия возбуждения зависит от следующих параметров:

длина вибрации



Рисунок 6.24. Вибратор на грузовике.

число колебаний
число вибраторов
действующая на грунт сила

Длина вибрации (время) - обычно в диапазоне от 4 до 20 с. Тестирование определит комбинацию длины вибрации с другими параметрами съёмки, что даст лучшие результаты. Чем длиннее вибрация, тем больше времени вибраторы тратят, излучая определённые частотные диапазоны в землю. Длинная вибрация может быть хороша с точки зрения энергия/полоса частот и в тоже время плоха потому, что длинная вибрация

может иногда создавать существенную поверхностную волну и другой шум.

Число вибраций, суммированных на каждой станции возбуждения, может располагаться между 4 и 20. Подавление шума улучшается за счёт увеличения числа вибраций. На пример,

шум ветра на далеких трассах может быть значительно уменьшен большим числом вибраций.

Результат длины и числа вибраций называется временем на грунте - один из наиболее важных факторов в определении стоимости персонала:

$$\text{Время на грунте} = (\text{длина вибрации}) * (\text{число вибраций}) \quad (6.1)$$

Время на грунте обычно меняется между 64 и 144 с. на ПВ; однако, при некоторых обстоятельствах, оно может быть всего 10 с. Вообще, более экономично уменьшать число вибраций потому, что это уменьшает смещение вибратора. Меньшее количество и большая длина вибраций являются более желательными, чем увеличенное число коротких вибраций.



Рисунок 6.25. Группа вибраторов.

числом вибраторов, сила действующая на грунт создаваемая вибратором воздействует на



Число вибраторов обычно изменяется между 3 и 5 в группе (Рисунок 6.25), и большинство команд работает с двумя группами вибраторов на съёмочную бригаду. Получение данных с одинарным или двойным вибратором не будет обеспечивать подавление шума, которое может быть выполнено с большим числом вибраторов. Из-за того, что данные вибратора почти всегда используют группы возбуждения, нужно всегда рассматривать использование приёмных групп (см. Главу 8) при съёмках с вибратором.

Действующая на грунт сила - последний фактор, оказывающий влияние на силу вибратора. Наряду с S/N гораздо сильнее, чем длина вибрации, число вибраций, и ширина полосы частот согласно следующей формуле (Малком Ланслей, pers.comm.):

$$S/N \text{ улучшение в dB} = 20 \log (\text{число вибраторов} * \text{действующая на грунт сила} * (\text{длина вибрации} * \text{число вибраций} * \text{ширина полосы частот вибраций})^{1/2}). \quad (6.2)$$

Вибраторы могут быть распределены на большом расстоянии, чтобы создать структуру источника, и много вибраций может быть просуммировано, чтобы создать большой источник. Непрерывная последовательность точек грунтования возникает (Рисунок 6.26). Расстояние от грунтования первого вибратора до грунтования последнего вибратора определяет длину группы. Эта группа может быть стационарна или может быть продвинута на predetermined расстояние относительно пункта возбуждения, как показано на Рисунке 6.27. Полная длина группы возбуждения

$$\begin{aligned} \text{эффективная длина группы} &= \text{длина группы} + \text{общее} \\ \text{продвижение} &= \text{число вибраторов} * \end{aligned}$$

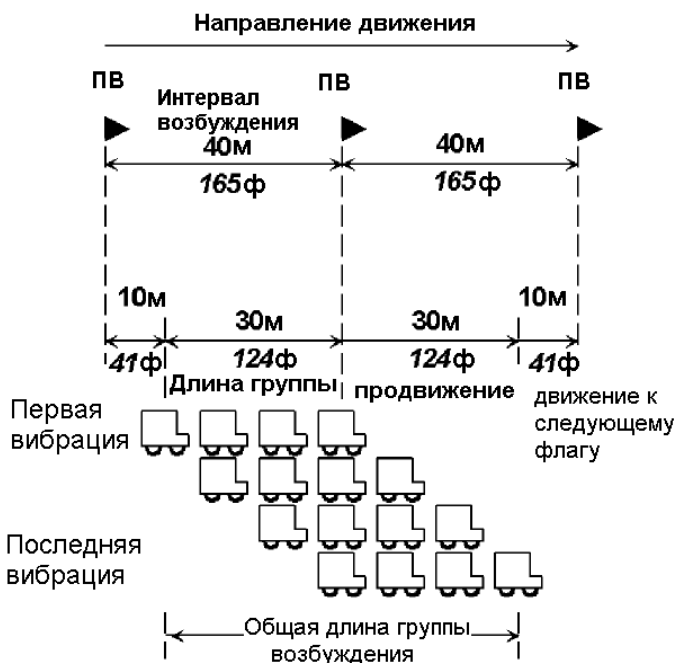


Рисунок 6.27. Вибраторная группа, продвижение и перемещение.

расстояние грунтования + число продвижений * расстояние продвижения. (6.3)

Пример: эффективная длина группы возбуждения = 4 * 10 м. + 3 * 10 м. = 70 м.

или

эффективная длина группы возбуждения = 4 * 288 фута + 41 * 3 фута = 41 фут.

Продвижение уменьшает шум и более просто для операторов, оборудования, и окружающей среды. Маленькое число продвижений может уменьшать, воздушный шум и поверхностные волны на ближних выносах. Большие продвижения, могут увеличивать кратные и их нужно избегать.

Часто первый вибратор находится около флажка для первой вибрации. Потом группа вибраторов перемещается между всеми пунктами вибрации так, чтобы последний вибратор оказался около флажка заключительной вибрации. Это движение вибратора создает взвешенную группу (на Рисунки 6.27 веса - 1, 2, 3, 4, 3, 2, 1). Если, после заключительной вибрации, первый вибратор не на следующем флаге, вся группа перемещается к следующему флагу.

Изменениями во взаимоположении вибраторов, которые происходят из-за использования продвижений, можно пренебречь потому, что положение вибраторов изменяется от вибрации к вибрации и даже в пределах вибрации от начала до конца.

6.6 ИСПЫТАНИЕ ВИБРАТОРА

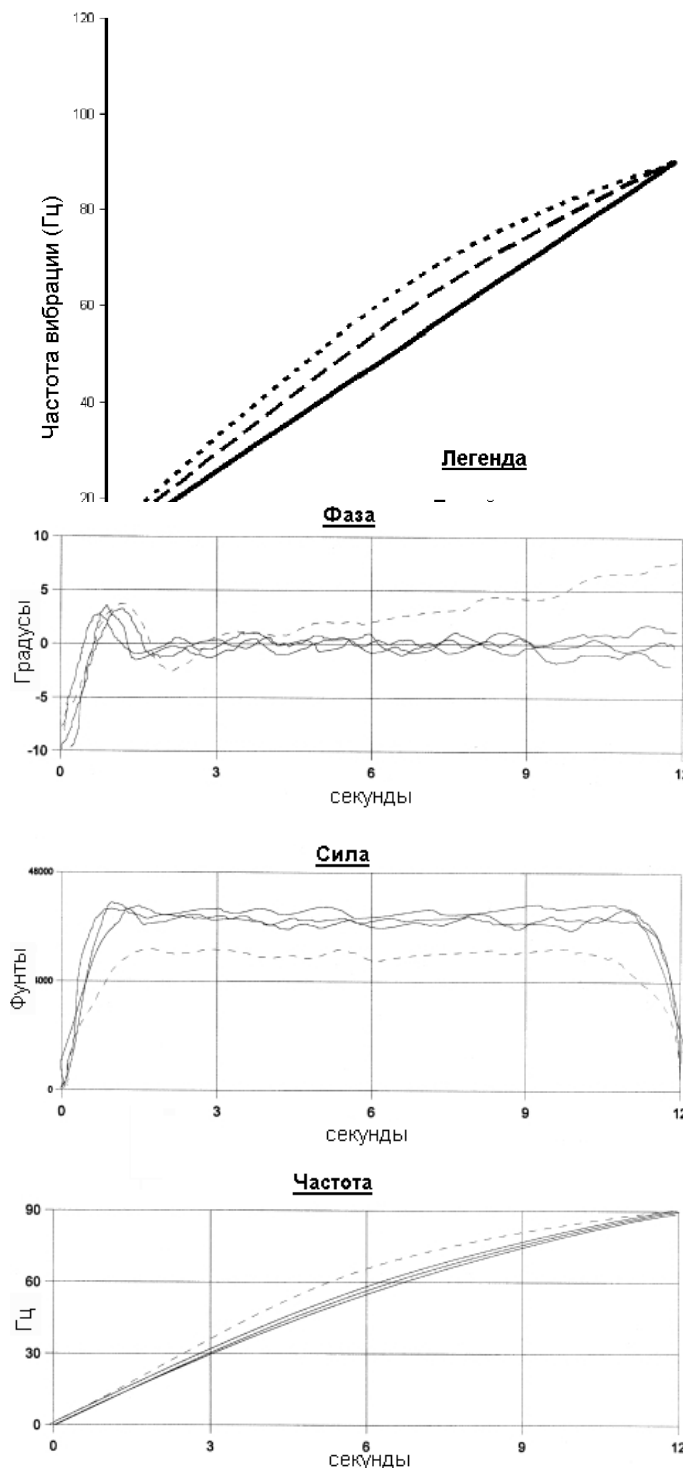
Простые тесты ("sims") выполняются, по крайней мере, два раза в день, чтобы подтвердить, что вибраторы работают удовлетворительно. Сложные испытания, со связью физическим кабелем между приёмником и вибраторами, являются наиболее полной проверкой и они должны быть закончены в начале работ, и в любое время оборудование автономно отсоединяется для обслуживания или ремонта. Тестирование вибратор обычно требует существенного количества времени в поле, чтобы записать различные виды параметров источника; например, изменении диапазона вибраций, расширение импульса, длина перетаскивания, число вибраций, длина вибраций, процент повышение или усиления, пиковая сила, и число вибраторов. Если параметры съёмки не известны, испытательная последовательность, подобная той, что приведена в Таблице 6.2, рекомендуется. Стандартная вибрация могла бы быть обозначена как тест номер 2. Тип испытательной последовательности может измениться очень сильно от области к области. S/N формула может использоваться, чтобы проектировать испытательную последовательность так, чтобы параметры изменились достаточно сильно, делая S/N изменения легко видимыми. В Таблице 6.2 это требование было включено увеличением числа и длины вибраций с коэффициентом 2. Улучшение S/N должен быть 3 ДБ с каждым удвоением силы [см. уравнение (6.2)].

Таблица 6.2. Типичная тестовая последовательность для вибратора.

Номер теста	Число вибраторов	Частота вибрации (Гц)	Число вибраций	Длина вибрации (с)	Расширение ДБ/октава	Длина группы (м)	Продвижение (м)	Вся группа (м)
Тест частоты вибрации								
1	4	10-80	8	12	3	30	30	60
2	4	10-90	8	12	3	30	30	60
3	4	10-100	8	12	3	30	30	60
4	4	10-110	8	12	3	30	30	60
5	4	10-120	8	12	3	30	30	60
Тест расширения импульса								
6	4	10-90	8	12	none	30	30	60
7	4	10-90	8	12	6	30	30	60
Тест величины сдвига								
8	4	10-90	8	12	3	30	10	40
9	4	10-90	8	12	3	30	20	50
10	4	10-90	8	12	3	30	30	60
Тест числа вибраций								
11	4	10-90	1	12	3	30	30	60
12	4	10-90	2	12	3	30	30	60
13	4	10-90	4	12	3	30	30	60

14	4	10-90	16	12	3	30	30	60
15	4	10-90	32	12	3	30	30	60
Тест длины вибраций								
16	4	10-90	8	4	3	30	30	60
17	4	10-90	8	8	3	30	30	60
18	4	10-90	8	16	3	30	30	60
19	4	10-90	8	32	3	30	30	60
Тест числа вибраторов								
20	1	10-90	8	12	3	0	0	0
21	2	10-90	8	12	3	10	0	10
22	3	10-90	8	12	3	20	0	20
23	4	10-90	8	12	3	30	0	30

Для испытания вибратора важно иметь полевую систему обработки, которая позволит геофизику принять решение "на месте" относительно дальнейшего испытания, которое может быть необходимо сверх начальной испытательной последовательности. Полосовые фильтры деконволюционированных записей отстрелов дают хорошее указание на необходимый диапазон вибрации. Геофизик, занимающийся контролем качества, должен



гарантировать, что полевая система обработки может взаимодействовать с системой регистрации. Наиболее основные вопросы для этого поколения носителей записи: Совпадают ли ленточные драйверы; как долго передаётся информация; и является ли время приемлемым? Рекомендуется, чтобы один раз основные параметры были выбраны, первые квадратные километры области съёмки были быстро-прослежены, обработаны в поле, а результаты - проанализированы интерпретаторами на предмет полезности и качества данных (Дункан и другие, 1996). Нужно сохранить испытательные результаты, чтобы уменьшить число испытаний необходимых в течение будущих программ в поле.

Вибраторы могут выдавать вибрации большой разновидности. Низкие вибрации, которые были в моде в 1970-ых, были заменены высокими. Высокие вибрации начинаются с низкой частоты приблизительно 10 Гц и увеличиваются до 80, 100, 120 Гц, или больше. Вибрации могут быть линейны, это означает, что равное количество времени тратится на диапазоны частот, или расширяющиеся или "растущими" которые могут быть включены в систему, чтобы позволить расширение более высоких частот (Рисунок 6.28). Такое расширение создаёт нелинейные вибрации. Некоторые расширения полезны для увеличения высокочастотного диапазона заключительных суммированных сейсмических разрезов. Однако, слишком сильное расширение, может создавать шумные зарегистрированные сейсмограммы из-за недостатка низкочастотных данных, необходимых для интерпретативности. Нормальная

Рисунок 6.29. Графики контроля качества фазы, силы и частоты от времени.

величина расширения находится между 3 и 6 ДБ/октава. Осторожное испытание и проектирование расширений импульсов гарантирует оптимум S/N (Притчетт, 1994). Выбор между линейными и нелинейными вибрациями обычно не затрагивают стоимость, пока время грунтования остается тем же самым. Меняющиеся вибрации могут использоваться, чтобы увеличить некоторые частоты без расширения импульса выборным способом. При этой технике, несколько диапазонов вибраций отбираются, чтобы охватить узкие полосы частот, а затем суммируются.

Для вибраторов, ускорение вибрации устанавливается следующим образом, и этот параметр должен быть установлен в грузовике регистрации также как и в вибраторах:

$$\text{Ускорение Вибрации} = \frac{\text{Верхние Частоты} - \text{Нижние Частоты}}{\text{Длина Вибрации}}. \quad (6.4)$$

Необходимо составить графики фазы, силы, и частоты от времени для всех вибраторов до и после тестирования, чтобы оценить их работу. Рисунок 6.29 демонстрирует работу четырех вибраторов. Три линии - сплошные, чтобы показать подобие их действий. Плохо работающий вибратор отмечен штриховой линией. График фазы от времени должен показать почти постоянную фазу после 1 - 2 с. Любое сильное отклонение (то есть, 5°) недопустимо, как на одном вибраторе, который показывает несколько линейное изменение фазы от времени (штриховая линия).

Вибраторы должны работать на 70 - 90 % пиковой силы. Каждый вибратор работает более постоянно с таким процентом, чем близко к пиковой силе. Также, действие на максимальной мощности создаёт большие различия между вибраторами, которые приводят к более низкому качеству данных. С другой стороны, сила вибратора не должна упасть ниже 90 % действующей силы в течении вибрации (например, штриховая линия). График частоты от времени на Рисунке 6.29 показывает нелинейную вибрацию трёх вибраторов, имеющих подобные колебания, в то время как один вибратор работает с большим расширением импульса.

Данные виброисточника могут быть зарегистрированы двумя путями. В нормальной практике, записи коррелируются с сигналом виброисточника перед записью на пленку. Регистрация некоррелированных записей на много увеличивает требования к плёнке — в пять раз в этом примере (длину вибрации 12 с, время регистрации 3 с, то есть, 15 с).

6.7 СТРАТЕГИЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ВИБРАТОРА

Для больших наблюдений, можно захотеть нанять два набора из четырех или пяти вибраторов, чтобы добиться более эффективной съёмки. Эта стратегия возбуждения увеличивается ежедневную стоимость, но уменьшает время регистрации. Использование нескольких наборов вибраторов зависит от нескольких факторов, типа ландшафта, требуемого усилия вибрации, и времени перемещения между ПВ. Пятый вибратор в каждом наборе может быть полевой запасной частью, так что производительность не потеряется, если вибратор нуждается в ремонте. Такой учёт непредвиденных обстоятельств необходим особенно в отдаленных областях.

Наблюдения с вибратором имеют главные преимущества в том, что ПВ могут быть заняты неоднократно, чтобы увеличить кратность после перемещения расстановки, или повторить точку возбуждения. Эту гибкость намного более трудно достигнуть с динамитными программами из-за времени на бурение, передвижения расстановки, и замешательства из-за которого скважины отстрелены. В течение действий вибратора, персонал раскладки может все еще работать и подсоединять кабели и прёмники. Это передвижение персонала обычно не может иметь место во время регистрации динамитных данных.

Когда ПВ должны быть заняты неоднократно, важно бороться за отсутствие дублирования лучевых траекторий источник - приёмник. Это также применяется к восстановлению структуры ПВ. Позиционирование восстановленных ПВ также лучше, когда ПВ перпендикулярны к линии возбуждения, чем когда параллельны. Это движение станций уменьшает беспорядок в распределении кратности.

Наблюдение со смещением вибрации способствует сокращению времени потраченного на ПВ вибратора. Это достигается, сжатием большинства ВП к данному времени регистрации, позволяя последующей вибрации несколько накладываться (Розмонд, 1996).

Некоторые вибросейсмические наблюдения выполнены с одиночными вибрациями на пунктах возбуждения на небольшом расстоянии обособленно (например, каждые 10 м). Данные от каждой из этих вибраций коррелируются отдельно. В течение обработки, эти "выстрелы" обрабатываются индивидуально, что ведет к кратности достигающей 720. Данные, получающиеся при таких наблюдениях, имеют чрезвычайно высокое качество. До

настоящего времени, большинство наблюдений такого типа производились на Ближнем Востоке.

Аллен и другие (1998) представил новый метод высокоточной регистрации с использованием вибраторов, который включает одновременную регистрацию данных от нескольких вибраторов. Обработка таких данных использует измеренные на вибраторах сигналы движения, чтобы отделить данные каждого вибратора, и приводит к более высокой кратности данных с существенным улучшением качества (Вилкинсон и другие, 1998).

6.8 ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ

Хотя динамит и вибратор используются в подавляющем большинстве съёмки, другие источники могут быть и используются в поле при 3-D наблюдениях, типа:

пневмопушки и гидропушки (используемые в переходных зонах наблюдений)

дробовик (Бетси)

Mini-Sosie (тампер)

наземные пневмопушки

Диносейс

Упругий Генератор Волны — EWG (Бизон)

Mini-Vibes

Можно использовать один из этих (неагрессивных для окружающей среды) поверхностных источников в некоторых частях 3-D наблюдений, чтобы собрать данные ближнего выноса (мелкие) где невозможно использовать динамит или вибротампер. Более тяжёлые (более сильные) источники могут собирать данные с большим выносом (глубокие) недоиспользуя эти части. Центр обработки будет иметь незавидную задачу, сопоставляя фазы мелких и глубоких данных, чтобы создать одно множество.

Контрольные вопросы к Главе 6

1. Какие параметры определяют усилие при динамитном отстреле?
2. Что подразумевается под выражением “время грунтования”?
3. Объяснить термины - длина множества и продвижение нарисовав диаграмму.

Регистрирующее оборудование

7.1 ПРИЁМНИКИ

Тип приемника зависит от характеристик данных, которые регистрируются и окружающей среды, где происходит съёмка. Различные приемники и их использование вынесены в Таблице 7.1. В нормальных полевых работах, геофоны имеют резонансную частоту 10 или 14 Гц, но в некоторых частях мира, тем не менее, существует нормальная практика использования 6- или 8-Гц геофонов. Однако геофоны с резонансными частотами до 40 Гц производятся (Рисунок 7.1). Приемники обычно объединены в группы по 1, 4, 6, 9, 12, или 24 (Рисунок 7.2). В то время как существует тенденция к большему числу геофонов (9, 12, 24 — или даже 72 на Ближнем Востоке), меньшее число (например, 6) все еще используется в некоторых областях, например Юг Америки. Если раскладки кабелей линий приёма длиннее, чем интервал группы, кабели могут быть смотаны. Станции геофонов могут добавляться как отдельные станции (телеметрические системы) или множествами по 4 или 6 групп (распределенные системы), в зависимости от используемой регистрирующей аппаратуры. Вообще каждая группа геофонов может быть адресована регистратором индивидуально.

Новые 3-компонентные твёрдотельные приемники находятся в стадии разработки. Эти датчики будут иметь цифровой выход с плоским спектром. Микроакселерометры используют технологию сигма-дельта, и обеспечивают высокое разрешение и ультранизкое искажение. В силу того, что три датчика установлены ортогонально друг к другу, угол развертывания может быть измерен непосредственно и любой наклон датчика несущественен.

Таблица 7.1. Типы приёмников.

Тип	Резонансная частота	Среда
геофоны	6, 8, 10 –40 Гц	суша
болотные приёмники	10–14 Гц	переходная зона
гидрофоны	10–14 Гц	море
3-х компонентные	2–8 Гц	сдвиговые волны

Будущие достижения в области сенсоров должны включать существенное сокращение веса, большую ёмкость канала, которая будет достигнута быстрее. Продольные измерения могли бы быть намного чаще в будущем, с меньшими используемыми размерами бина и более высокой регистрируемой кратностью.

Приемные группы формируются, раскладкой приёмников на некотором расстоянии (например, 12 геофонов на 20 м. или 40 на 55 футов). По эксплуатационным причинам, группы размещаются вдоль с регистрирующей расстановки, поперёк, или по конфигурации типа круга или прямоугольника, вокруг флажка станции (например, Рисунок 7.3). Немногие работы общедоступны относительно использования приёмных групп в сейсмических записях 3-D (Регон, 1994). Прямоугольная группа улучшает двумерный эффект, а линейное измерение множества уменьшается. Кластеризация некоторых геофонов может создавать взвешенную расстановку, но уменьшает эффективность длинноволнового шумового подавления. Более полное обсуждение групп приведено в Главе 8.

В холмистой местности, где различие между высотами на концах любой группы приемников превышает 2 м. или 6 футов, геофоны могут быть сгруппированы на маленькой области. В ландшафте с крутыми углами (различие в высотах более 5 м. или 15 футов) можно расположить геофоны параллельно топографическим контурам, чтобы минимизировать размазывание статики внутри группы. Геофоны могут быть временно закопаны, чтобы уменьшить шум ветра. Для 3-D наблюдений, которые должны быть повторены позднее (например, fire-flood мониторинг), лучше всего держать геофоны зарытыми или зацементированными в земле постоянно.

Трёхкомпонентная 3-D регистрация требует трёхкратного числа каналов с ёмкостью регистрации, так как каждая компонента регистрируется отдельно (Рисунок 7.4, центральный геофон). Это увеличенное число каналов может затруднить создание расстановки, которая производит достаточную кратность. Так как отражения сдвиговых

волн содержат более низкую полосу частот, используются геофоны с более низкой резонансной частотой.

В переходной зоне окружающей среды (мелкое море, болото, или озеро), можно использовать гидрофоны или болотные геофоны. Болотные геофоны должны быть установлены на шесты, чтобы гарантировать лучшее сцепление. Гидрофоны могут быть натянуты в виде структуры на дне озера. Часто доступное оборудование позволяет только один приёмный элемент на группу.



Рисунок 7.1. Геофон.

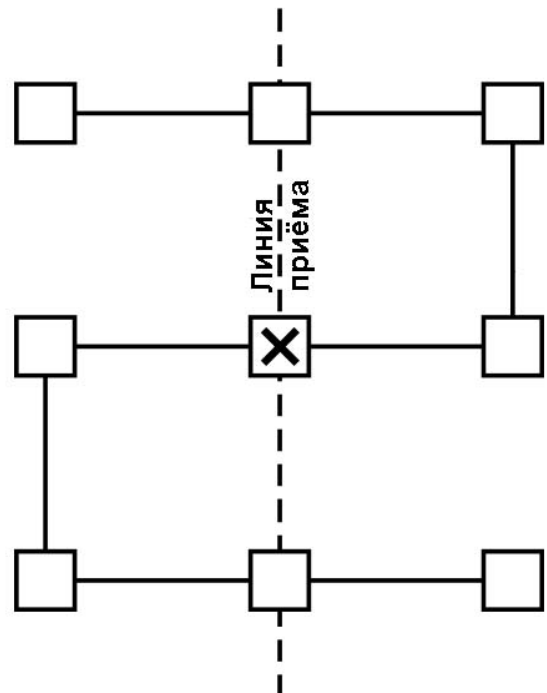


Рисунок 7.3. Девятиэлементная квадратная группа. Каждый квадрат - геофон. X - флаг станции.



Рисунок 7.2. Смотанная линия геофонов и кабели, используемые в сейсмической съёмке.



Рисунок 7.4. Различные типы геофонов.

Нужно тщательно исследовать влияние, которое одноэлементная группа окажет на ослабление шума. Гидрофоны чувствительнее к давлению, чем геофоны к скорости, а отраженное волновое поле давлений на 180° отличается по фазе от отраженного волнового поля скоростей частиц. Отношение времён прихода между первичным отражением давления и его прародителем очевидно вызвано 90° сдвигом по фазе между гидрофонами и геофонами на малых глубинах около береговой линии. Могут быть разработаны фильтры кросскорреляции, чтобы получить лучшее фазовое соответствие между различными приборами регистрации и формами зондирующих импульсов.

Как только удовлетворительные группы приемников развернуты для записи первого ПВ, оператор в грузовике регистрации должен стабилизировать расстановки при помощи проверки соответствующих контактов кабелей с помощью электроники. Возникли там любые слабые связи или утечки, персонал на линии должен проверить, восстановить, и (если необходимый) заменить кабели расстановки, ящики, батареи, и контакты. Оператор должен избежать полного отключения системы как только расстановка станет устойчивой потому, что пробуждение через расстановку вызывает снова полную пере проверку, что является значительной временной затратой (другая причина для 24-часового действия). Однако радиотелеметрические системы не страдают такими проблемами и малые времена пробуждения нормальны потому, что все ящики будятся одновременно скорее, чем с кабельной системой, где плохой ящик может вызвать то, что остаток расстановки вне этого ящика не будет активен.

Таблица 7.2. Инструментарий 3-D регистрации.

Изготовитель	Система	T/D/R	Ящики	Станций на ящик	Элементы линии	Центральная система
Fairfield	Telseis Star	T	RU	1-6	Непосредственно в CRS/CRS	CRS
Fairfield	BOX	T/ D/ R	RU	1-8		CRS
Geo-X	Aram	D	RAM	8	LTU	CRU
Input/Output	I /OI	D	RSC	6	LTU	SCM
Input/Output	I /O II	D	MRX	6	ALX	SCM
Input/Output	RSR	R	RSR	6		
Input/Output	System 2000	D	MRX	6	ALX	SCM
JAPEX	G.DAPS-4					
Sercel	Eagle	T	SAR	1-6	Непосредственно в CRS	CRS
Sercel	SN388	D	SU	1-6	CSU	CCU
Sercel	408 UL	T/D/R	FDU	1	LAUX	CM
Syntron	Polyseis	T	RTU			

D=распределённая система T=телеметрическая система R=удалённая сейсмическая регистрация

ALX Улучшенный сигнал линии
 CCU Центральный блок управления
 CLU Поперечный элемент
 CMM Центральный модуль управления
 CRS Центральная система регистрации
 CRU Центральный элемент регистрации
 CSU Элемент, пересекающий станции
 FDU Элемент полевых данных
 LAM Линейный модуль съёмки
 LIM Модуль интерфейса линии
 LTU Линейный элемент ответвления

MRX Миниатюрный удалённый формирователь сигналов, расширенный диапазон
 RAM Удаленный модуль съёмки
 RSC Удаленный формирователь сигнала
 RTU Радиотелеметрический элемент
 RU Удалённый элемент
 SAR Удалённый элемент сейсмической съёмки
 SCM Модуль управления системой
 SU Элемент станции

7.2 РЕГИСТРАТОРЫ

Имеется большое разнообразие регистрирующей аппаратуры доступное для наблюдений 3-D. Сегодня, много съёмочных систем обеспечивают технологию 24-битовой регистрации; большая часть систем, представленных в Таблице 7.2 именно такие. Система, выполненная

по 24-разрядной технологии, обеспечивает высокую точность потому, что делает запись данных в большом динамическом диапазоне. Список в Таблице 7.2 - не индоссамент отдельных инструментов, а просто резюме некоторых технических подробностей. Особенности каждой системы должны быть исследованы для ближайшей задачи, например, система I/O нуждается в дополнительной LIM при регистрации более 1015 каналов (1024 минус вспомогательные каналы). При наземных действиях, эти регистраторы обычно устанавливаются на грузовик или багги и, поэтому, могут легко перемещаться к областям съёмки данных.

Системы с меньшей канальностью и большей частотой дискретизации, типа DMT/SUMMIT и 24-разрядная OYO DAS, могут использоваться для небольших, малоглубинных 3-D наблюдений. В случае очень малокабельных систем (например, меньше 120), нормальным является использование нескольких регистраторов вместе по схеме главный-подчинённый для достижения достаточной ёмкости канала даже для небольших 3-D наблюдений. Все еще существует множество 16 - разрядных регистраторов, но предпочтение всегда отдаётся использованию системы с 24 разрядами. Наконец, старые аналоговые приборы типа DFS V больше не используются для проведения 3-D наблюдений.

Временная дискретизация в геометрии 3-D следует из теории дискретизации 2-D. Обычно, сейсмические данные записываются с шагом 2 мс с верхней частотой среза в 128 Гц в качестве антиалиасингового фильтра. Передискретизация на 4 мс - способ уменьшить объем данных перед обработкой, хотя имеется тенденция к более высокой частоте дискретизации (например, 0.5 или 1 мс). Более глубокие цели редко присылают обратно высокие частоты, таким образом, логично дискретизировать глубинные данные (например, двухстороннее время больше чем 2 с) с периодом меньше чем 2 мс.

Если 3-D наблюдение пересекает разнообразные ландшафты (например, горы, равнина, переходная зона), желательно использовать один тип регистратора для покрытия всей области наблюдения. Таким образом, выстрелы различных типов (динамит, пневмопушка, и т.д.) в горах или в болоте могут быть зарегистрированы тем же прибором. Если более одного регистратора используется, амплитудное и фазовое соответствие будет требовать компенсации за различия регистратора. "Бесшовное" приёмное покрытие от различных источников позволяет применение таких поверхностно согласованных процессов как деконволюция, статика, и амплитудная коррекция. Существующие тенденции промышленности одобряют такие "универсальные" системы регистрации.

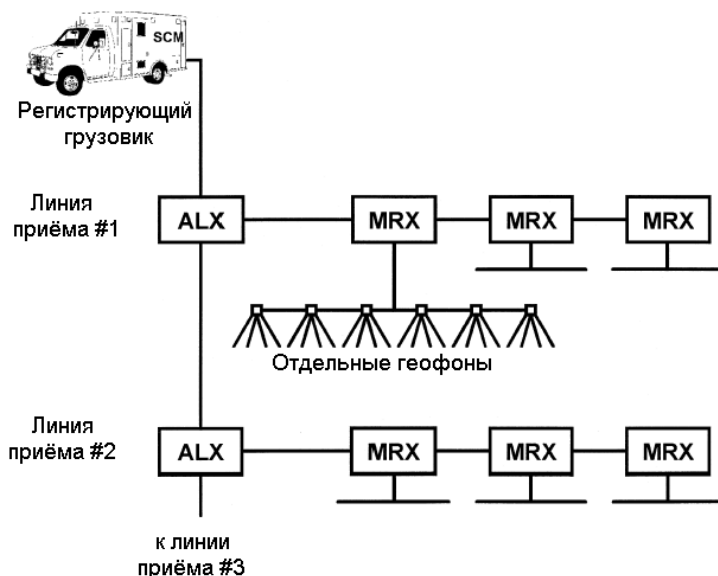


Рисунок 7.6. Типичная полевая установка для распределённой системы (Input/Output System Two). ALX = выдвинутое линейное ответвление, MRX = миниатюрный вынесенный формирователь сигналов.

7.3 РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Распределенные системы имеют кабельные связи между элементами, которые записывают полевые данные и системой управления в грузовике регистрации. Обычно, эти связи сделаны через линейную единицу (Рисунок 7.5) которая собирает информацию от нескольких различных групп геофонов. Оборудование регистрации располагается в порядке подобном тому, что на Рисунке 7.6. В большинстве распределенных систем, некоторое число групп геофонов связано с ящиком. Эти ящики преобразовывают аналоговый сигнал в цифровую форму (отсчёты). Ящики обычно сшиты вместе вдоль "ответвления", которое обычно имеет форму витой пары. Ответвления снабжают работу поперечных элементов, которые в свою очередь связаны "магистральной линией" и питаются

непосредственно от центрального регистратора (Рисунок 7.7). В случае вибратора, информация должна быть коррелирована и записана на пленку. Эта корреляция может происходить в отдельных ящиках или в грузовике регистрации (Рисунок 7.8). Эти грузовики имеют тенденцию быть очень стесненными приборами корреляции (Рисунок 7.9), камерами (Рисунок 7.10), магнитофонами, и компьютерами которые управляют действиями.

7.4 ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Настоящие телеметрические системы не имеют физической связи между станцией делающей запись и системой управления в грузовике регистрации. Эти системы должны использоваться там, где доступ ограничен из-за неровного ландшафта, проблем допуска, или любой другой причины.

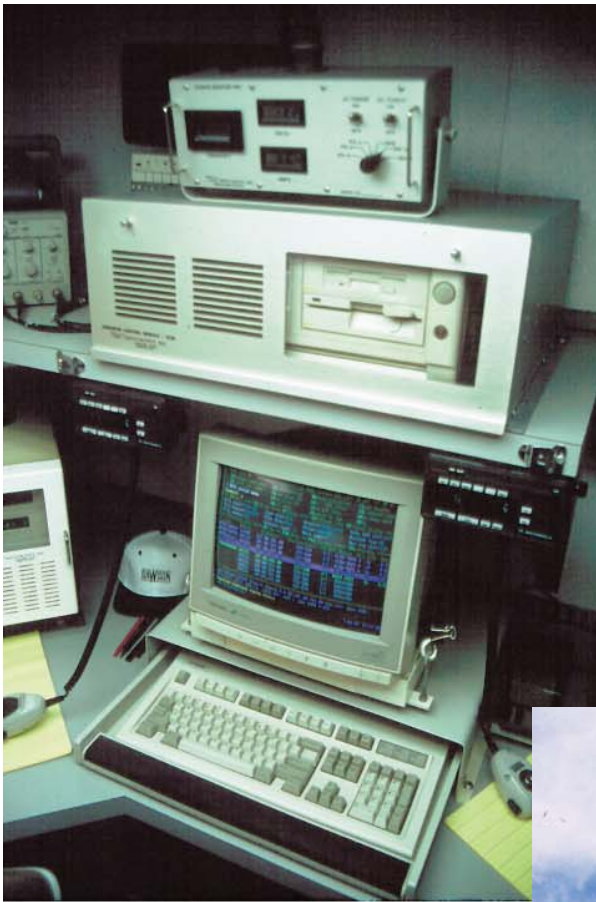


Рисунок 7.7. Элемент контроля системы



Рисунок 7.8. Регистратор.

Типичная полевая установка показана на Рисунке 7.11. Опять же для удобства и перекрестной ссылке к Таблице 7.2, система Sercel Eagle иллюстрируется в этом примере.



Рисунок 7.12. Установка антенны для телеметрических работ.

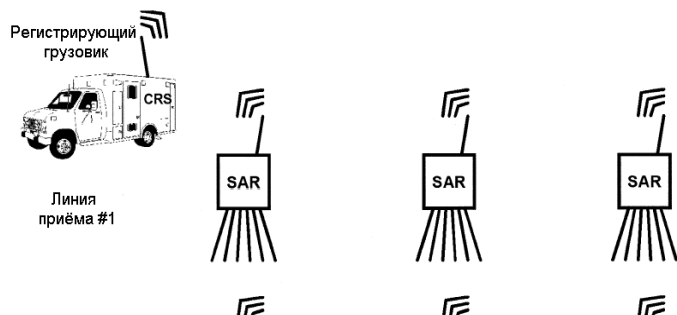
SAR (Устройство дистанционной сейсмической съёмки) делает запись сигнала и посылает её по радиочастотам к CRS (Центральная станции регистрации). Телеметрические системы имеют значительные преимущества по сравнению с распределенными системами, типа:

Уменьшенное HSE (Здоровье, Безопасность, Окружающая среда) воздействие:
 Никакого ущерба кабелям от живой природы — или окружающей среды (например, устричные раковины)
 Никакого перемещения кабеля по неровному (и поэтому опасному) ландшафту
 Произвольный интервал - не проблема

Меньшее время установки:
 Каждый ящик независим от других ящиков; поэтому, стрельба обычно начинается намного быстрее, чем с кабельной системой, где один плохой ящик может делать остальную часть расстановки бездействующей.

Лучшая производительность:
 Съёмка не должна останавливаться из-за одного или двух плохих ящиков.

Некоторые телеметрические системы (Fairfield BOX и Syntron Polyseis) могут получать данные в режиме реального времени. Другие телеметрические системы имеют неудобства по сравнению с распределенными системам в том, что передача радио данных от ящиков к регистратору требует больше времени, чем в реальном режиме. Для некоторых систем, время передачи данных может быть порядка нескольких минут на ПВ, что может задерживать персонал отстрела. Деревянное покрытие может также приносить проблемы для передачи сигнала, а FM интерференция может быть существенна в населенных областях. Смешанные системы (частично телеметрическая, частично распределенная) могут использоваться для пересечения рек или дорог в выбранных



Линия приёма #2

Рисунок 7.11 (Sercel Eagle)



Рисунок 7.15. Транскрайбер данных.



Рисунок 7.13. Выносные ящики. пунктах.

7.5 УДАЛЕННОЕ ХРАНЕНИЕ

Некоторые системы были разработаны с возможностью хранить много записей в ящике около группы геофонов. Примеры этих систем - Fairfield BOX и I/O RSR система. RSR система состоит из грузовика регистрации, большой антенны (Рисунок 7.12), и отдельных удалённых элементов сейсмической регистрации или "ящиков" (Рисунок 7.13). Данные, зарегистрированные в поле и сохранённые в ящике или RSR ящике (записи нескольких сотен или большего количества ПВ) затем собираются несколько раз в неделю, в зависимости от того, как много памяти доступно. Единица сбора

данных или DCU (Рисунок 7.14) временно подсоединяется к ящику (ящик или RSR), а затем записанная сейсмическая информация перегружается в DCU. После передачи данных, память в ящике стирается (ящик или RSR) для дальнейшего использования. DCU отсоединяется от Ящика или RSR и соединяется с транскрайбером и коррелятором (Рисунок 7.15) для дальнейшей переписи. Потом транскрайбер сортирует данные по записям отстрела, коррелирует управляющие вибрации, и записывает данные на ленту для постоянного хранения. В некоторых случаях (например, Fairfield BOX), сохранённые данные могут быть собраны по радио, пока центральный регистратор находится в пределах радио диапазона удаленных элементов хранения. Такой метод сбора данных может сильно уменьшить HSE воздействие.

Контроль качества данных затруднён или невозможен в некоторых случаях удаленного хранения. В идеале, атрибуты сейсмических трасс должны быть доступны для всех трасс выстрела вскоре после его регистрации. Эти атрибуты (например, S/N, среднеквадратическая энергия) обеспечивают уверенность, что хорошие сейсмические данные зарегистрированы. Некоторые удаленные системы хранения могут обеспечивать информацию об атрибутах трасс посредством радио для каждого выстрела.

Контрольные вопросы к главе 7

1. Какие типы приемников должны быть рассмотрены для использования в условиях переходной зоны?
2. Что вовлечено в стабилизацию расстановки?
3. Описать различия между распределенными и телеметрическими системами.
4. Как работает удаленная система сейсмической регистрации?

Группы

8.1 ВОПРОС ГРУПП

Проектирование групп в 3-D наблюдениях требует тщательного рассмотрения. Хорошее исследование групп в 2-D съёмках можно найти у Вермеера (1990). Если приёмная группа используется, она должна быть настолько проста насколько возможно. Круговые, прямоугольные конфигурации, или продольные группы обычно используются сегодня из-за простоты и эффективности их расстановки. Проектировщик может сделать главный акцент на запутанной приёмной группе, но это сообщение может быть трудно передать полевому персоналу, который может не понять потребность выполнения инструкций точно. В таких случаях, проектировщик должен непосредственно работать с полевым персоналом, чтобы достигнуть дотошного размещения групп.

В 3-D наблюдениях, энергия источника приход с многих направления. Ответ группы изменяется очень сильно в зависимости от азимута между пунктами возбуждения (например, динамит) и группами приёмников. Если группы геофонов разложены в продольном направлении, ответ от пункта возбуждения, выстрелившего в точке находящейся в продольном направлении, будет уменьшен, в то время как на боковой источник такое множество не будет воздействовать. Из-за этого изменения, многие компании предпочитают не использовать никаких групп вообще при регистрации 3-D данных с односкважинными динамитными пунктами возбуждения, а использовать всенаправленные группы типа круговых или кластеризованных групп.

Полевые испытания по сравнению линейных и площадных геофонных групп показали, что могут быть ситуации, при которых группы могут уменьшать отражения сильнее, чем поверхностные волны (Виттик, 1998). Испытания включали и продольную и поперечную регистрацию, то есть, волновые поля приходили к геофонным группам как линейно, так и с боков.

Регон (1998) показал, что плотное измерение волнового поля с помощью площадных сетей приёмников - эффективно для сокращения рассеянного шума. Шум, приходящий с волной, требует использования адекватного пространственного измерения (и обычно полевой группы), в то время как окружающий шум лучше преодолевается соответствующим выбором типа источника, силы источника, и кратности.

Группы в направлении линии возбуждения должны дополнять группы в направлении линии приёма настолько, насколько возможно (Вермеер, 1998а). Рисунок 8.1 показывает различные комбинации групп, которые могут рассматриваться. На Рисунке 8.1а представлен единственный ПВ, регистрируемый линейной приёмной группой, ряд срединных точек указывает возможное размазывание в направлении линии приёма. Рисунок 8.1b показывает площадную совокупность срединных точек, которая могла бы возникнуть при комбинации линейных групп возбуждения и приёма. Этот площадное покрытие срединными точками просуммировано в одну трассу. Рисунок 8.1c показывает покрытие срединными точками, которое может быть достигнуто с единственным источником и площадной группой приёма. Чем больше число элементов в приёмной группе, тем больше площадное покрытие срединными точками. Такие площадные группы эффективны в подавлении рассеянного назад шума.

8.2 ГЕОФОННЫЕ ГРУППЫ

Рисунок 8.2 иллюстрирует отклик пятиэлементной группы геофонов ориентированной с востока на запад на энергию, приходящую с различных направлений. Рисунок 8.2а показывает отклик группы в виде линейного графика, в то время как Рисунок 8.2b показывает отклик в радиальном представлении. Обратите внимание на малое ослабление боковой энергии, но 90° (север) и 270° (юг), и сильное ослабление на 0° (восток) и 180° (запад). Рисунок 8.2b показывает отклик 2-D группы с 0° являющимся продольным направлением к геофонам, то есть, восточно-западной. Изображение поперечного сечения отклика группы показано в нижней части каждого рисунка, например в 209.8° для Рисунка 8.2а. Местоположение каждого профиля наблюдения обозначено толстой черной линией проходящей через каждый отклик 2-D.

8.3 ГРУППЫ ИСТОЧНИКОВ

Рисунок 8.3 показывает отклик группы на смоделированную в направлении север-юг четырёхвibratorную расстановку. Отметьте хорошее ослабление на 90° (север) и 270° (юг) и малое ослабление, или полный отклик на 0° (восток) и 180° (запад). Типичные конфигурации - четыре вибратора с 10 м. интервалами между грунтованиями (40 м. эффективная длина группы)

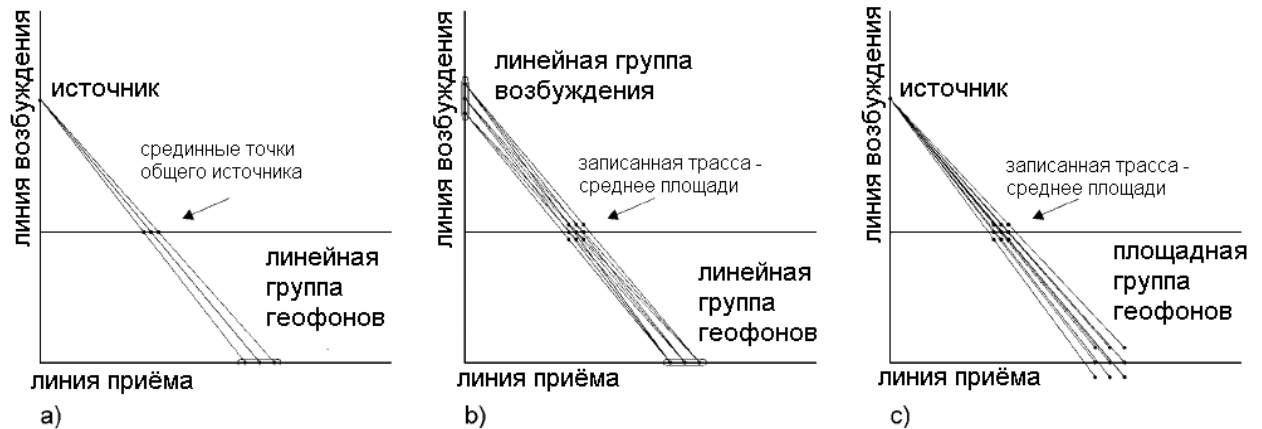


Рисунок 8.1. Покрытие срединными точками для: а. одиночный источник к линейной группе геофонов (по данным Вермеера, 1998а), б. линейная группа источников к линейной группе геофонов, с. одиночный источник к площадной группе геофонов.

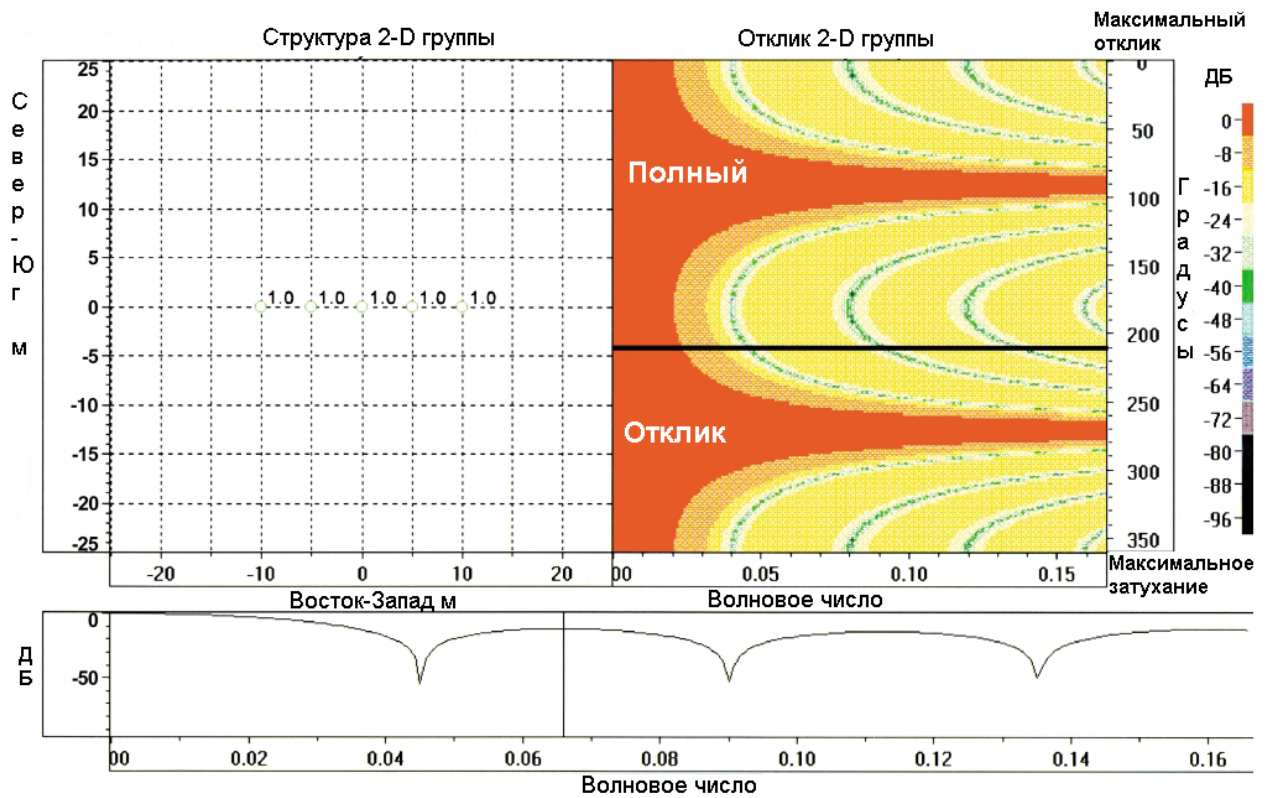


Рисунок 8.2а. Отклик группы геофонов (линейный).

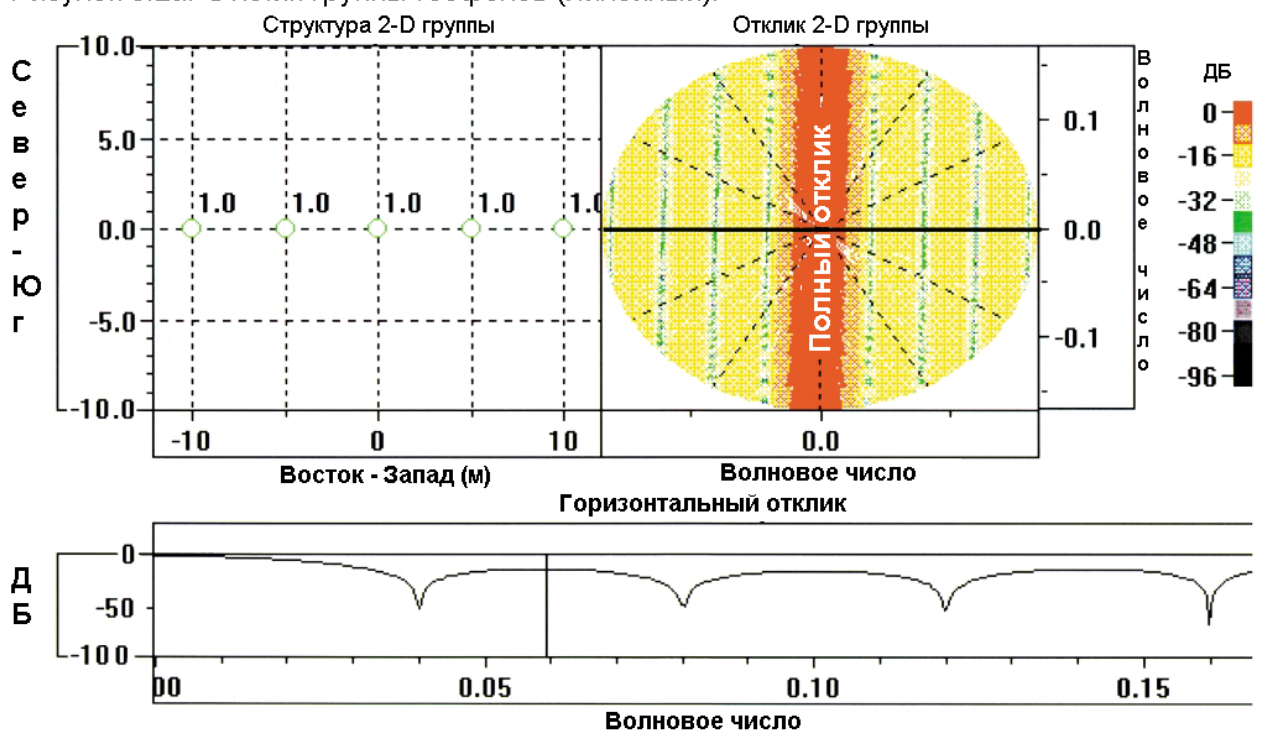


Рисунок 8.2b. Отклик группы геофонов (радиальный)

сдвигающиеся на 5 м. (или меньше) одновременно. В примере на Рисунке 8.3а, расстояние между грунтованиями - 5 м. а продвижение - 5 м., для всех четырех вибраций. Эффективная длина группы - 35 м.; отклик четырех вибраторов показан в виде радиальной структуры на Рисунке 8.3б.

8.4 ОБЪЕДИНЕННЫЙ ОТВЕТ ГРУППЫ

Рисунок 8.4 показывает объединенный ответ групп приёма и возбуждения. Важно обратить внимание, что эти графики - теоретический отклик в идеальной ситуации с группами геофонов и источников расположенными ортогонально. Эта специфическая

группа обеспечивает хорошее шумовое подавление во всех направлениях. Каждый метод расстановки имеет собственную специфическую геометрию регистрации. Соответственно, группы будут размещены по-другому. Теоретический отклик должен быть оценен перед осуществлением отдельного проекта.

8.5 СТЕК ГРУПП

Стек групп был обсуждён Анстеем (1986a, 1986b, 1986c, 1987, 1989). Подход стека групп в 2-D создает чётную, непрерывную, однородную последовательность геофонов поперек сейсмограммы ОСТ. При полевых работах, разделённые расстановки используются со следующими наложенными геометрическими параметрами:

длина группы равна интервалу группы,
 интервал возбуждения равен интервалу группы,
 и
 ПВ находится между группами.

Эти стеки групп зависят от выноса трасс от их соответствующих ПВ. Если принимается изотропия шума, стек группы 3-D становится группой 2-D сформированной различными выносами трасс. Таким образом, отклик по каждому азимуту - тот же самый. Из-за того что 3-D ОСТ бины всегда содержат трассы с различными выносами, эффект стека группы различен в каждом ОСТ бине и часто незначителен из-за нерегулярной смеси выносов в каждой ОСТ.

8.6 РУКИ ПРОЧЬ ОТ ТЕХНИКИ СЪЁМКИ

Ongkiehong и Аскин (1988) сделали шаг дальше в подходе стека групп, применяя равные длины групп для конфигураций источников и приёмников. Для симметричного измерения, число элементов в каждой группе, или источников или приёмников, должно быть тем же самым. Их заключение - *любое отклонение от однородности в основном операторе измерения является, в конечном счете, вредным*. В полевой съёмке 3-D, такое симметричное измерение не может быть экономически возможным, и должны быть сделаны некоторые компромиссы.

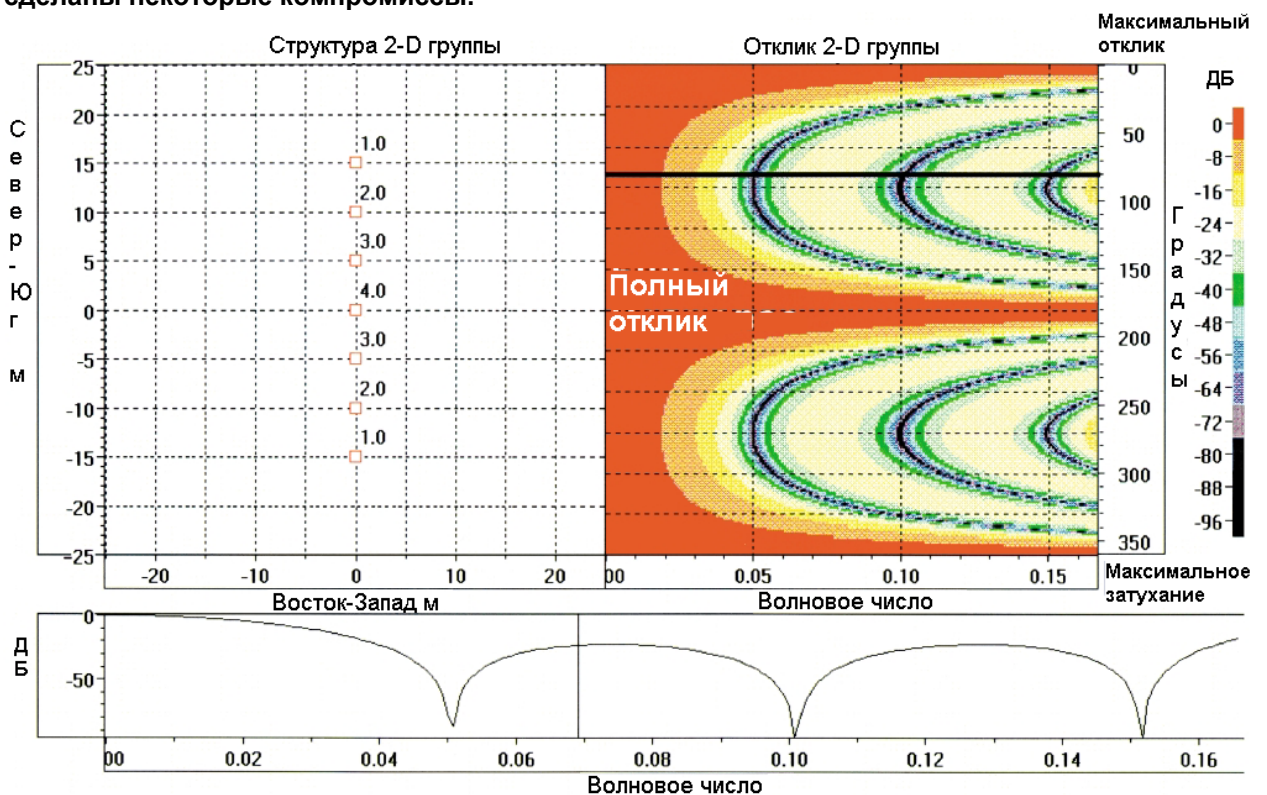


Рисунок 8.3а. Отклик группы возбуждения (линейный).

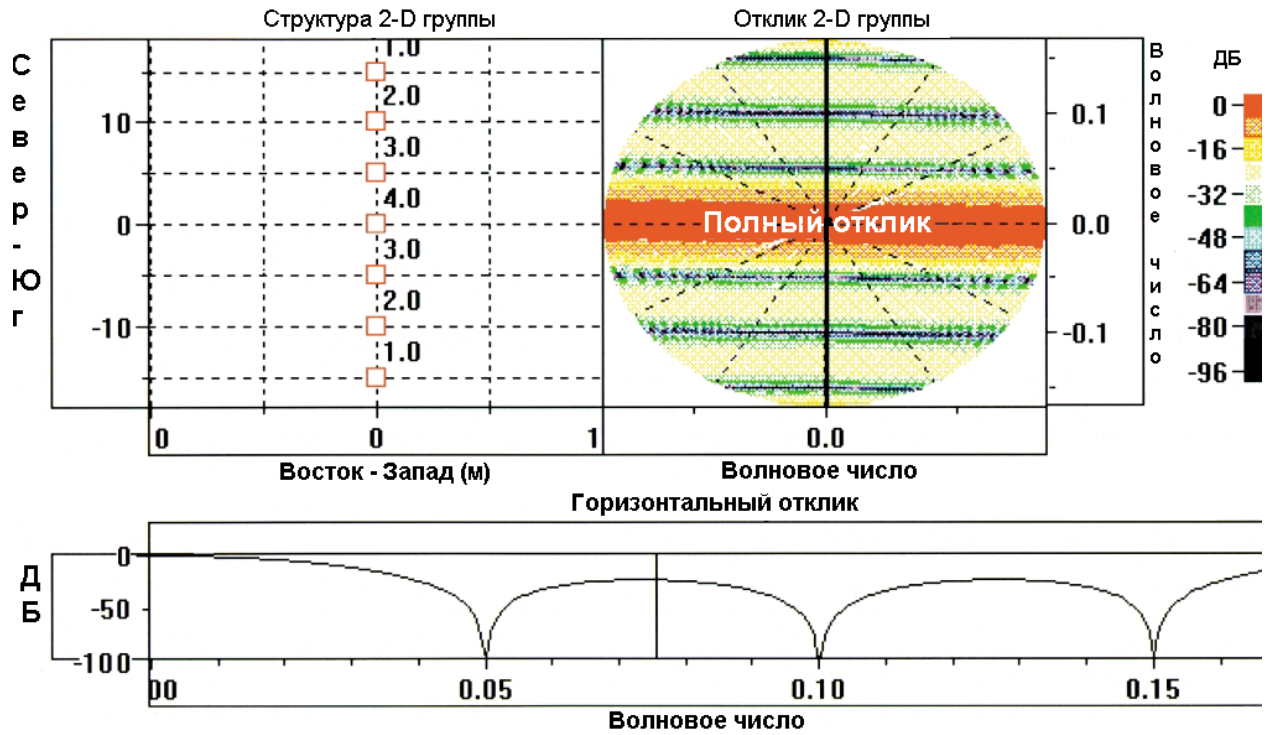


Рисунок 8.3b. Отклик группы возбуждения (радиальный).

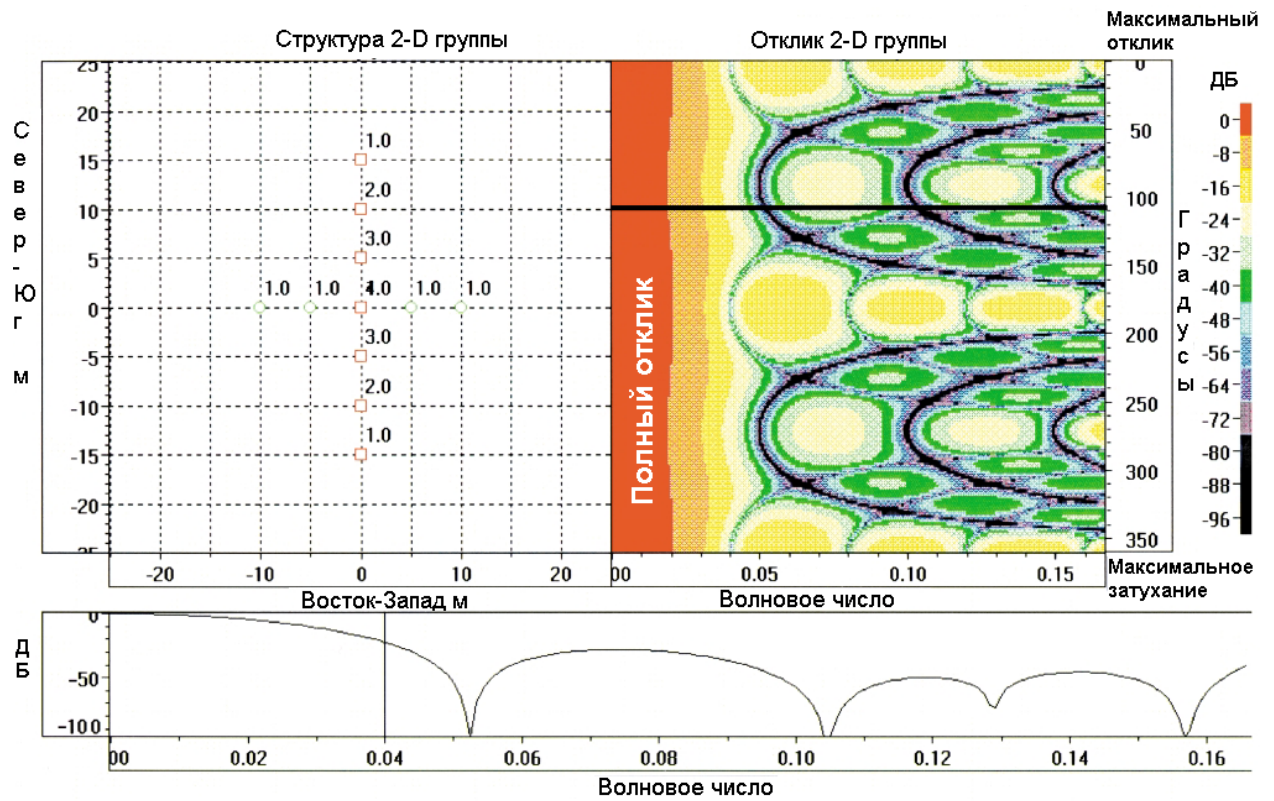


Рисунок 8.4a. Отклик комбинированной 2-мерной группы (линейный).

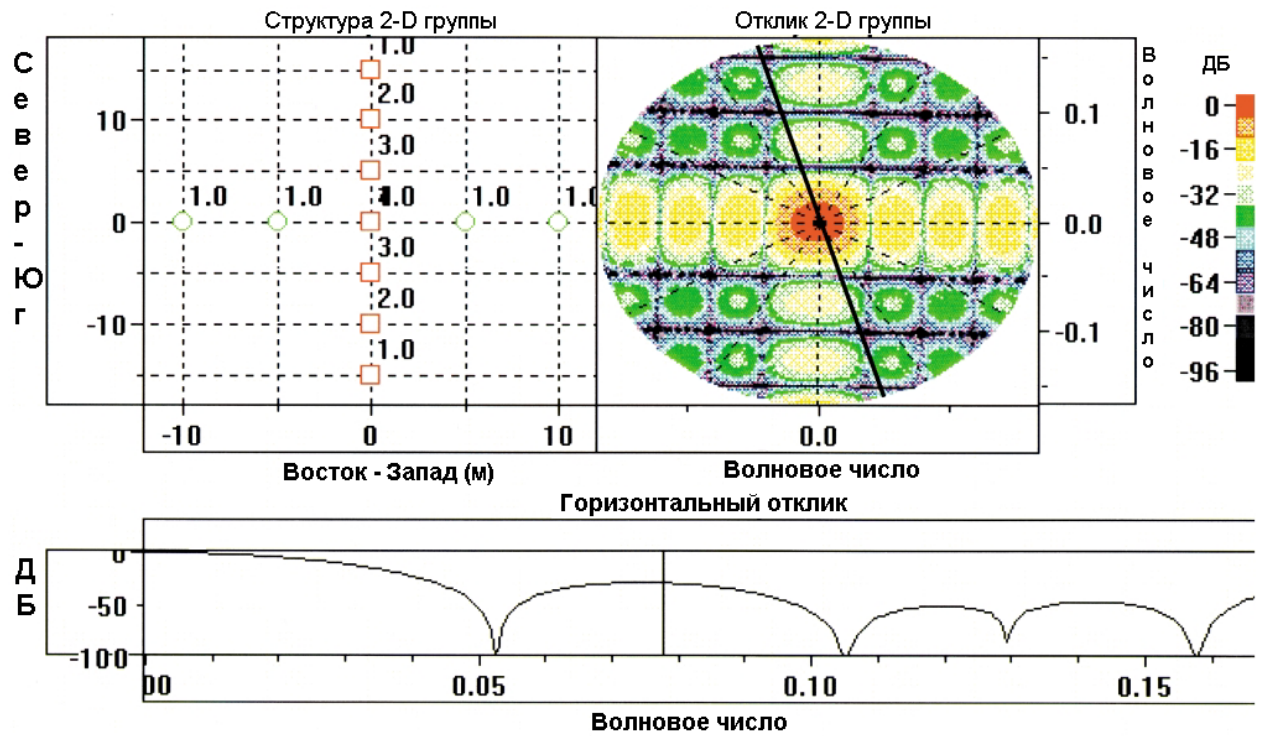


Рисунок 8.4b. Отклик комбинированной 2-мерной группы (радиальный).

8.7 СИММЕТРИЧНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

Вермеер (1998a) также поддерживает идею относительно симметричности измерения. Всё что делается со стороны приёмника, должно быть также выполнено со стороны источника. Следовательно, станция возбуждения и приёма также как интервалы линий равны. Максимальный вынос измеряется в продольном направлении, и он равен максимальному выносу, измеренному в поперечном направлении. Это также приводит к равной продольной и поперечной кратности. Любые приёмные группы зеркально отображаются как группы возбуждения. Как упомянуто в предыдущем пункте - это идеальный сценарий, который требует компромиссов в практических ситуациях.

Практические полевые соображения

9.1 ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Проектировщик 3-D сейсмической программы и топографы должны поддерживать близкую связь с целью правильного расположения программы и её выполнения должным образом. Проектировщик должен передать точные инструкции для пособий, которые могут быть сделаны для любого ожидаемого изменения, например, как размещаются структуры пунктов возбуждения. В крутых ландшафтах, топографы часто предполагают, что расстояние может быть измерено по линейке (измерение по наклонным линиям), а не по горизонтали. Горизонтальное измерение – единственный эффективный путь обеспечения того, чтобы центральное распределение срединных точек поддерживалось (Рисунок 9.1).

Современные топографические работы с Глобальной Позиционной Системой (GPS) значительно изменили скорость расстановки и точность получения топографических данных в сложном ландшафте. GPS приборы обычно переносят в рюкзаке (Рисунок 9.2). Ручной сборщик данных используется, чтобы выйти к следующей точке наблюдения, или прибор может быть установлен на все ландшафтные транспортные средства (тягач) (Рисунок 9.3) для более быстрых полевых действий. Многие подрядчики съёмки помещают регуляторы на тягачи, чтобы ограничить скорость транспортного средства из соображений безопасности. По пути к пункту наблюдения линия ослабляется и помечается, для того чтобы по ней следовал персонал раскладки (Рисунок 9.4).

Растительность (особенно большие влажные деревья) может сильно препятствовать приему GPS сигнала. Последние инерционные системы навигации, которые можно нести в рюкзаке, стали доступны. Они использовались в плотных джунглях со значительным успехом.

3-D сейсмический проект вообще проходит три стадии составления карт: теоретический план, преплот, и окончательный план. Теоретический план - просто обозначение теоретических местоположений станции и линий (Рисунок 9.5a). Преплот программы в рабочем масштабе даёт топографам хорошее основание, от которого можно работать и дает проектировщику удобство в том, что ожидаемая позиция для каждой точки возбуждения и приёма задокументирована (Рисунок 9.5b). Нужно перенумеровать местоположения источников и приемников таким способом, чтобы не было двух местоположений с одинаковыми номерами. Топография, скважины, здания, трубопроводы, существующие сейсмические линии, и другая поверхностная информация имеет влияние на местоположение станций и линий возбуждения и приёма (Таблица 9.1). Проектировщик учитывает всё это на столько, на сколько возможно на стадии планирования, особенно топографические ограничения. Полезно иметь преплот полученный в локальных координатах и, возможно, наложенный на фотоснимок территории. Топограф должен обеспечить детальной информацией относительно точек исключения, заносов, и выносов проектировщика, который потом принимает решение об уместности изменений и возможно может сделать другую модель программы. Проектировщик должен указать: как далеко источники или приемники могут быть перемещены прежде, чем они должны быть полностью разложены. Вообще, вынесение станций больше чем интервал линии недопустим. Где существуют сложные поверхностные препятствия, может быть выгодно наличие проектировщика в поле вместе с топографом. Многие проблемы могут быть легко решены на месте. В идеале этот продвинутый человек имеет сейсмический полевой опыт и оборудован ноутбуком с загруженным начальным 3-D проектом. Топограф должен установить формат цифровой топографической информации до визита в поле. Формат SEG-P1 широко принят для этой цели. Стандартные обменные форматы для позиционной информации были изданы Обществом Геофизиков Исследователей (1983). Электронная передача топографической информации может значительно уменьшить вероятность человеческой ошибки, при копировании данных.

Окончательный план использует фактическую информацию наблюдений (Рисунок 9.5c). Окончательный план наблюдений программы 3-D может не иметь сильного сходства с преплотом, но это все еще необходимый элемент результатов топографических работ, не только для обработчика, но также и для регулятивных органов. Когда окончательные планы представлены регулятивным органам, иногда они включают только приблизительные местоположения линий и неопределённые координаты источников и приёмников.

Окончательные планы должны также включать информацию типа маршрутов доступа и обхода, которые персонал может использовать.

Другая техника для регулирования проблем выносов названа “проект на лету”. При использовании этой техники, проектировщик работает в поле вместе с разрешающими агентами, топографами, персоналом сейсмической раскладки, и соответствующими компьютерными ресурсами для регулирования выносов и перескакиваний “на лету”. Эта техника работает лучше всего,

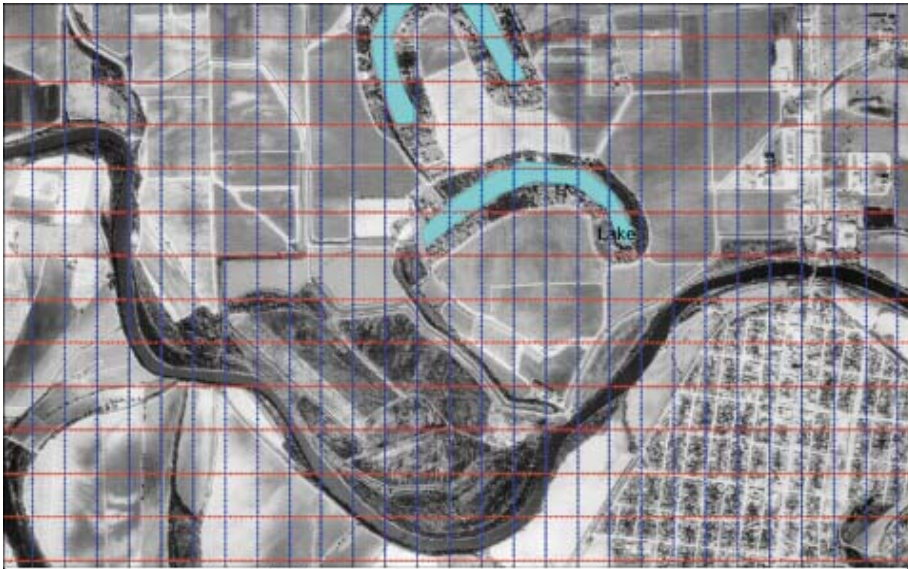


Рисунок 9.5а. Теоретическая расстановка.



Рисунок 9.5b. Пример преплота.

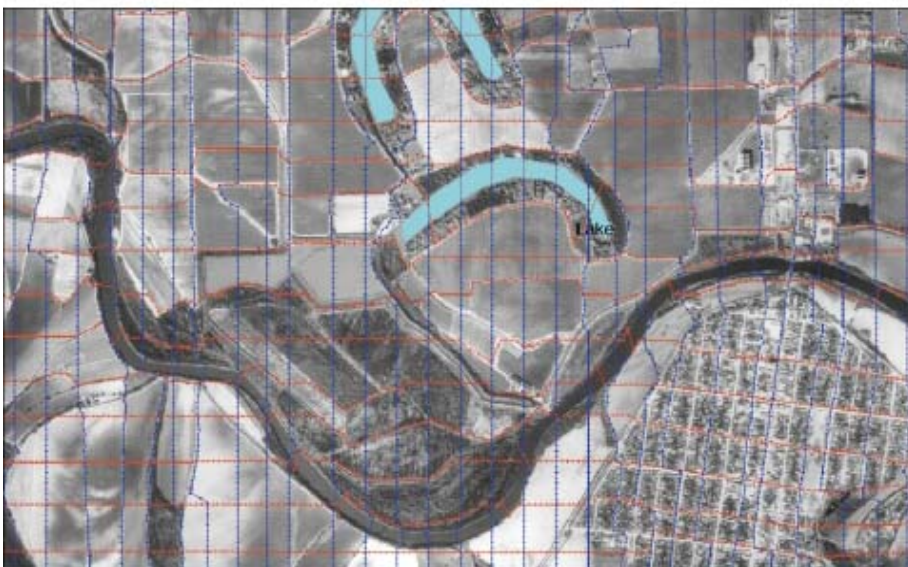


Рисунок 9.5с. Типичный окончательный план.



Рисунок 9.1. Измерения рулеткой.



Рисунок 9.2. GPS прибор, переносимый в

когда проектировщик
предраспределяет
многие пункты и
компенсирует с
другими движениями и

отклонениями. Со всеми этими предраспределёнными точками, загруженными в GPS приборы, и пакетом полевого проекта, проектировщик работает в поле с помощью радио и компьютера. Когда точка должна быть вынесена, команда топографов или разрешающая команда вызывает проектировщика, который моделирует вынос и делает компенсацию за счёт перемещения других точек или предлагая другие возможные шаги. Эти другие перемещения проверяются в поле, поскольку расстановка прогрессирует. Эта техника наиболее эффективна, когда существуют хорошие рабочие отношения между всеми различными группами и установлена превосходная радиосеть.

Координаты карты обычно даются, используя Universal Transverse Mercator (UTM) проекцию. Центральные меридианы, который используется как ссылка - чрезвычайно важная часть информации. Компьютерные программы для преобразования из одной географической системы координаты в другую легко доступны. Знание о сфероиде, эллипсоиде, и деталях проецирования имеют особую важность для международных работ. Например, в Аргентине используется измененная UTM сетка с происхождением на юго-востоке Тихого океана. В Африке, различные сфероиды воздействует на преобразование широты и долготы.

Таблица 9.1. Пример таблицы требований к расстояниям (Канада/США)

Препятствие	Взрывать нельзя	Взрывать можно
Здание	50 м. 330 ф.	180 м. 300 ф.
Водная скважина	100 м. 330 ф.	180 м. 300 ф.
Трубопровод низкого давления	3 м.	3 м.
Трубопровод высокого давления	15 м. 300 ф.	32 м. для ≥ 200 ф. ≤ 2 kg (≤ 5 фунтов)
Нефтяные и газовые скважины	15 м. 300 ф.	более 180 м. (в зависимости от величины заряда)

9.2 СКРИПТ ФАЙЛЫ (СЦЕНАРИИ)

Современные полевые системы управляются файлами сценариев, которые определяют: как активная расстановка приёмников передвигается во всей программе 3-D, как развивается последовательность пунктов возбуждения. Для маленького 3-D наблюдения, где вся 3-D расстановка размещена и активна перед получением первого ПВ, последовательность пунктов возбуждения незначительна. Однако, в больших съёмках 3-D, прогрессия пунктов возбуждения имеет предельную важность. Времени в обрез и повторное занятие или станций возбуждения или приёма должно быть минимизировано. При больших наблюдениях 3-D обычно то, что число доступных каналов (геофонов, кабелей, и ящиков), по крайней мере, вдвое больше числа каналов в активной расстановке. Этот способ раскладки позволяет более эффективное действие персонала и передвижение расстановки. Если число доступных каналов приближается к размеру активной расстановки, эффективность персонала резко падает потому, что команда съёмки начинает ждать команду расстановки, и затраты на ожидания становятся чрезмерными. Управление доступными каналами и эффективность команды расстановки может сэкономить существенное количество денег.

Большинство компьютерных программ, используемых для проектирования 3-D геометрии, могут производить файлы сценариев. Эти файлы могут потом быть загружены в полевой регистратор до стрельбы. Оператор в грузовике регистрации может иметь ограниченную способность изменять файлы сценариев. Никогда нельзя предполагать, что оператор знает, как проектировщик ожидает, чтобы 3-D наблюдение было снято, поскольку последовательность ПВ имеет к этому отношение. Файлы сценария должны быть заранее проверены вместе с подрядчиком. В файле достаточно особенностей для ошибок, которые вызывают серьезные задержки съёмки, и эти потенциальные проблемы должны быть устранены прежде, чем персонал готов начать отстрел. Встреча между руководящей стороной, наблюдателем, и проектировщиком, перед тем как персонал выходит в поле, может определить способы оптимизировать полевые действия и уменьшить затраты. Типичный файл сценария показан в Таблице 9.2. Файлы сценариев идентифицированы последовательными номерами или номерами пункта возбуждения, а затем устанавливается приёмопередающая расстановка. Скрипт файл не упорядочиваются последовательно. Несколько форматов скрипт файла доступны для систем съёмки типа ARAM, Fairfield, I/O, и Sercel.

Компания Шелл представила дополнительный формат файлов сценария в SEG для использования в поле. Этот формат обозначается как Shell Processing Support (SPS) формат. SPS файлы должны содержать все, что нужно знать относительно наблюдения 3-D. Сейсмический обработчик тогда знает всю съёмочную информацию требуемую, чтобы обработать данные. SPS файлы содержат четыре группы файлов:

Таблица 9.2. Пример файла сценария.

This is the beginning of an I/O Script file, converted to ASCII, created from FD5.0.
The survey is 3200 m * 3200 m, with 50 m * 50 m bins *RLI* = 200 m (N/S); *SLI* = 400 m (E/ W); 297 sources 561 receivers; no roll-on; I/O numbering option chosen.

HEADER[34bytes]:Script file, software rev: 2.62

[2 bytes]10 10

Separator:4660 nscripts:297

Serial:101 Stn type:1 Src Type:1

Shot Point: LINE: 1.0 STATION: 0.0

RECEIVER PATCH: Lowest Line :1 Lowest Stn : 0 Highest Line:16 Highest Stn: 31

ACTIVE LINES: 16

Line: 1 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 2 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 3 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 4 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 5 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 6 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 7 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 8 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 9 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 10 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 11 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 12 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 13 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 14 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 15 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 16 First Stn: 0 Last Stn: 31

Serial:102 Stn type:1 Src Type:1

Shotpoint: LINE: 1.50 STATION: 0.0 - Different source point

RECEIVER PATCH: Lowest Line :1 Lowest Stn : 0 - Same receiver patch

Highest Line:16 Highest Stn: 31

ACTIVE LINES: 16

Line: 1 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 2 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 3 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 4 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 5 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 6 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 7 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 8 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 9 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 10 First Stn: 0 Last Stn: 31

Line: 11 First Stn: 0 Last Stn: 31
 Line: 12 First Stn: 0 Last Stn: 31
 Line: 13 First Stn: 0 Last Stn: 31
 Line: 14 First Stn: 0 Last Stn: 31
 Line: 15 First Stn: 0 Last Stn: 31
 Line: 16 First Stn: 0 Last Stn: 31

Таблица 9.3. Пример SPS файла сценария.

Типичные SPS файлы. Четыре файла показаны на следующих страницах. Этот первый файл – файл заголовка.

H HEADER FILE

H00 SPS format version num.	SPS001,07.02.95
H01 Description of survey area ngal,,N/A,N/A	
H02 Date of survey	07.02.95,07.02.95
H021 Post-plot date of issue	07.02.95
H022 Tape/disk identifier	N/A
H03 Client	N/A
H04 Geophysical contractor	N/A
H05 Positioning contractor	N/A
H06 Pos. proc. contractor	N/A
H07 Field computer system(s)	GMG/SIS,MESA,Version 1.2
H08 Coordinate location	N/A
H09 Offset from coord. location	N/A
H10 Clock time w.r.t GMT	N/A
H12 Geodetic datum,-spheroid	N/A
H14 Geodetic datum parameters	N/A
H17 Vertical Datum description	N/A
H18 Projection type	N/A
H19 Projection zone	N/A,N/A
H20 Description of grid units	AMERICAN FEET
H201 Factor to meter	0.30480061
H220 Long. of central meridian	N/A
H231 Grid origin	N/A
H232 Grid coord. at origin	N/A
H241 Scale factor	N/A
H242 Lat., Long.- scale factor	N/A
H30 Project code and description	N/A,N/A,N/A
H31 Line number format	N/A
H400 Type,Model,Polarity	1,N/A,N/A,N/A
H401 Crew name, Comment	1,N/A
H402 Sample rate, Record Len.	1,0.000000,N/A
H403 Number of channels	1,320
H404 Tape type, format, density	1,N/A,N/A,N/A
H405 Filter_alias Hz,dB pnt,slope 1,	N/A,N/A,N/A
H406 Filter_notch Hz,-3-dB points	1,N/A
H407 Filter_low Hz, dB pnt slope	1,N/A
H408 Time delay FTB-SOD app Y/N	1,N/A

H409	Multi component recording	1,N/A
H410	Aux. channel 1 contents	1,N/A
H411	Aux. channel 2 contents	1,N/A
H412	Aux. channel 3 contents	1,N/A
H413	Aux. channel 4 contents	1,N/A
H600	Type,Model,Polarity	G1,N/A,N/A,N/A
H601	Damp coeff,natural freq.	G1,N/A,N/A
H602	Nunits, len(X),width(Y)	G1,N/A,N/A,N/A
H603	Unit spacing X,Y	G1,N/A,N/A
H700	Type,Model,Polarity	E1,N/A,N/A,N/A
H701	Size,vert. stk fold	E1,N/A
H702	Nunits, len(X),width(Y)	E1,N/A,N/A,N/A
H703	Unit spacing X,Y	E1,N/A,N/A
H711	Nom. shot depth,charge len.	E1,N/A,N/A
H712	Nom. soil,drill method	E1,N/A,N/A
H713	Weathering thickness	E1,N/A
H990	R,S,X file quality control	07.02.95,N/A,N/A
H991	Coord. status final/prov	N/A,07.02.95,N/A,N/A

Таблица 9.3. Пример SPS файла сценария (продолжение).

```

S SOURCE POINT FILE
S1 10011E1 00.0 000.0 1010.7 25.1 0.0 1235959
S1 10021E1 00.0 000.0 989.8 44.5 0.0 1235959
S1 10031E1 00.0 000.0 971.6 61.3 0.0 1235959
S1 10041E1 00.0 000.0 953.0 76.3 0.0 1235959
S1 10051E1 00.0 000.0 934.8 95.8 0.0 1235959
S1 10061E1 00.0 000.0 919.5 117.9 0.0 1235959
S1 10071E1 00.0 000.0 903.6 136.5 0.0 1235959
S1 10081E1 00.0 000.0 886.5 149.7 0.0 1235959
S1 10091E1 00.0 000.0 860.8 161.1 0.0 1235959
S1 10101E1 00.0 000.0 843.1 178.8 0.0 1235959
S1 10111E1 00.0 000.0 825.5 196.5 0.0 1235959
S1 10121E1 00.0 000.0 807.8 214.2 0.0 1235959
S1 10131E1 00.0 000.0 790.1 231.8 0.0 1235959
S1 10141E1 00.0 000.0 772.5 249.5 0.0 1235959
S1 10151E1 00.0 000.0 754.8 267.2 0.0 1235959
S1 10161E1 00.0 000.0 737.1 284.9 0.0 1235959
S1 10171E1 00.0 000.0 719.4 302.5 0.0 1235959
S1 10181E1 00.0 000.0 701.7 320.2 0.0 1235959
R RECEIVER LOCATION FILE
R1 10051G1 00.0 000.0 1073.0 72.7 0.0 1235959
R1 10061G1 00.0 000.0 1090.7 90.4 0.0 1235959
R1 10071G1 00.0 000.0 1108.3 108.1 0.0 1235959
R1 10081G1 00.0 000.0 1126.0 125.7 0.0 1235959
R1 10091G1 00.0 000.0 1143.7 143.4 0.0 1235959
R1 10101G1 00.0 000.0 1161.3 161.1 0.0 1235959
R1 10111G1 00.0 000.0 1179.0 178.8 0.0 1235959
R1 10121G1 00.0 000.0 1196.7 196.4 0.0 1235959
R1 10131G1 00.0 000.0 1214.4 214.1 0.0 1235959
R1 10141G1 00.0 000.0 1232.0 231.8 0.0 1235959
R1 10151G1 00.0 000.0 1249.8 249.5 0.0 1235959
R1 10161G1 00.0 000.0 1267.4 267.2 0.0 1235959
R1 10171G1 00.0 000.0 1285.0 284.8 0.0 1235959
R1 10181G1 00.0 000.0 1302.8 302.5 0.0 1235959
R1 10191G1 00.0 000.0 1320.5 320.2 0.0 1235959
X RELATIONSHIP FILE
X0 0111 10241 1 1715 5001 50171
X0 0111 10241 18 3416 6001 60171
X0 0111 10241 35 5117 7001 70171
X0 0111 10241 52 6818 8001 80171
X0 0111 10251 1 1716 6001 60171
X0 0111 10251 18 3417 7001 70171
X0 0111 10251 35 5118 8001 80171
X0 0111 10251 52 6819 9001 90171

```

X0	0111	10261	1	1716	6001	60171
X0	0111	10261	18	3417	7001	70171
X0	0111	10261	35	5118	8001	80171
X0	0111	10261	52	6819	9001	90171
X0	0111	10271	1	1716	6001	60171
X0	0111	10271	18	3417	7001	70171
X0	0111	10271	35	5118	8001	80171
X0	0111	10271	52	6819	9001	90171
X0	0111	10281	1	1716	6001	60171
X0	0111	10281	18	3417	7001	70171
X0	0111	10281	35	5118	8001	80171
X0	0111	10281	52	6819	9001	90171
X0	0111	10291	1	1717	7001	70171
X0	0111	10291	18	3418	8001	80171
X0	0111	10291	35	5119	9001	90171
X0	0111	10291	52	68110	10001	100171
X0	0111	10301	1	1717	7001	70171
X0	0111	10301	18	3418	8001	80171
X0	0111	10301	35	5119	9001	90171

Н файл заголовков содержит общую информацию регистрации, S файл пунктов возбуждения эквивалентный SEG-P1 для местоположений ПБ, R файл приёма по существу идентичный SEG-P1 формату съёмки для местоположения приемника, и X файл отношений перекрёстные ссылки на пункты возбуждения и станции приёма.

SEG приняла формат SPS как SEG стандарт, и его использование широко распространено. Sercel 388 и Fair-field BOX приборы могут читать эти SPS файлы непосредственно для определения местоположений приёма для каждого пункта возбуждения. Таблица 9.3 подводит итог SPS файлам сценария.

9.3 ПРИЁМО-ПЕРЕДАЮЩИЕ РАССТАНОВКИ

Важно минимизировать число положений приёмопередающих расстановок в 3-D наблюдении. Приёмопередающая расстановка описывает отдельное местоположение регистрирующей расстановки в пределах наблюдения и пункты возбуждения, связанные с той

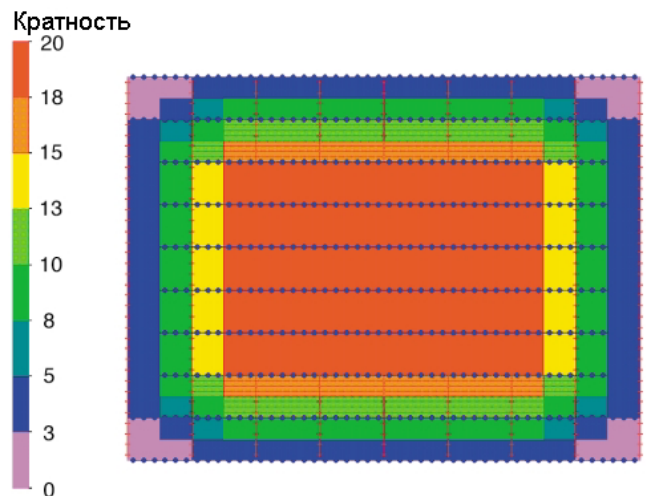


Рисунок 9.6а. Распределение кратности для маленькой 3-D расстановки использующей скроллинг - вкл. / выкл.

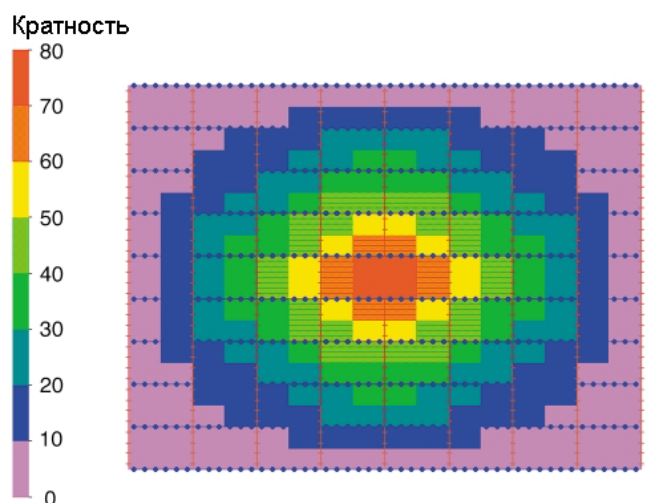


Рисунок 9.6б. Распределение кратности для маленькой 3-D расстановки без скроллинга - вкл. / выкл.

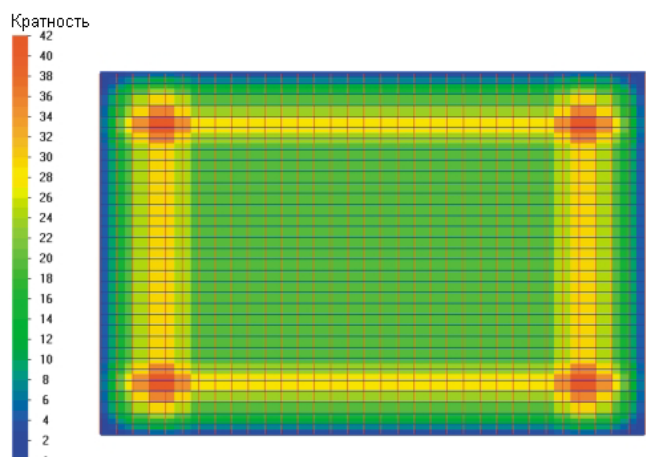


Рисунок 9.6с. Распределение кратности для большого 3-D наблюдения без скроллинга - вкл. / выкл.

расстановкой. Перемещение расстановки требует времени, особенно когда числом каналов, доступных команде, ограничено. Перемещения расстановки обычно выполняются за счёт переключателей продольного скроллинга находящихся в грузовике регистрации. Поэтому, в этой главе термин скроллинг синонимичен шагам расстановки. Число приёмопередающих расстановок в наблюдении очень сильно зависит от решения нужно ли производить скроллинг – вкл. \ выкл. станций или линий.

9.4 СКОРЛЛИНГ - ВКЛ\ВЫКЛ

Скроллинг – вкл. и скроллинг – выкл. относится к процедуре регистрации с частичной расстановкой около граней 3-D наблюдения. Вообще, команда будет способна начать быстрее, если она может начинать стрелять с четвертью или половиной расстановки около граней. Ожидание раскладки полной расстановки - трата времени и, чаще всего, трата дальних выносов. Когда сейсмическая команда начинает работу, она в основном размещают кабели до тех пор, пока не возникнет достаточное приёмное покрытие, для начала записи первого ПВ. Может потребоваться приблизительно два часа, чтобы сделать скроллинг одной линии в 100 приемников, или приблизительно полтора дня для размещения 1000 каналов в хорошем ландшафте. После того как кабели приёма сдвинуты, продолжается отстрел.

Рисунок 9.6a показывает распределение кратности, которая создана более экономичным скроллингом – вкл. и скроллингом – выкл., используя размер расстановки - 10 линий по 48 каналов каждая. Рисунок 9.6b показывает более высокое распределение кратности, которое возникает без скроллинга – вкл. и скроллинга - выкл. В этом случае, вся система наблюдения бала активна. Обратите внимание: дополнительная кратность получена главным образом за счёт дальних выносов, которые не могут вносить вклад в окончательный стек. Если поперечный размер намного меньше, чем продольный, можно захотеть оставить одну или две дополнительных линии приёма активными при скроллинге вкл. \ выкл. Рисунок 9.6c показывает край с высокой кратностью, которая развивается в большем наблюдении при не использовании скроллинга - вкл. \ выкл. (использование тех же самых 10 линий по 48 каналов в расстановке). Применение соответствующего мьютинга значительно уменьшит кратность на углах.

Принимая скроллинг - вкл. \ выкл. в продольном направлении, число положений приёмопередающих расстановок рассчитывается следующим образом (см. Рисунок 9.6a):

Продольные приёмопередающие расстановки = Продольный размер области / Интервал линий возбуждения + 1 = Число линий возбуждения. (9.1)

Пример: 2400 м / 300 м. + 1 = 9 продольных приёмопередающих расстановок.

Принимая скроллинг - вкл. \ выкл. в поперечном направлении число положений приёмопередающей расстановки - (см. Рисунки 9.6a и 9.7):

Поперечные приёмопередающие расстановки = Поперечный размер области / Интервал линий приёма = Число линий приёма - 1. (9.2)

Пример: 1800 м / 200 м = 9 поперечных приёмопередающих расстановок.

Предыдущее уравнение основано на съёмке пунктов возбуждения только через один интервал линии приёма в центре расстановки. Примечательно, что число приёмопередающих расстановок независимо от размера расстановки при скроллинге линий и станций вкл. \ выкл. Общее число приёмопередающих расстановок - просто совокупность продольных и поперечных:

Общее число приёмопередающих расстановок = Продольные приёмопередающие расстановки * Поперечные приёмопередающие расстановки. (9.3)

Пример: 9 * 9 = 81 приёмопередающая расстановка.

Следовательно, с единичной шириной прореживания, потребовалась бы 81 приёмопередающая расстановка. Общее количество скроллингов - просто:

Общее число скроллингов = приёмопередающие расстановки – 1. (9.4)

Пример: 81 – 1 = 80 скроллингов.

Если можно пересекать пункты возбуждения на более чем один интервал линии приёма, число поперечных скроллингов может быть уменьшено. Эта полевая процедура стоит рассмотрения, особенно, когда число приёмных линий - десять или более (см. Пункт 9.5). Если, например, активная расстановка с шестью линиями используется, можно делать скроллинг через три интервала линий (ширина прореживания = 3). Формула для продольных приёмопередающих расстановок остаётся как в уравнении (9.1), в то время как формула для поперечных изменяется следующим образом (предполагая скроллинг - вкл. \ выкл.):

Поперечные приёмопередающие расстановки = Поперечный размер области / (Интервал линий приёма * Ширина прореживания). (9.5)

Пример: $1800 \text{ м} / (200 \text{ м} * 3) = 3$ поперечных приёмопередающих расстановки.

Увеличивая ширину прореживания до 3, число требуемых приёмопередающих расстановок уменьшено с 81 до 27.

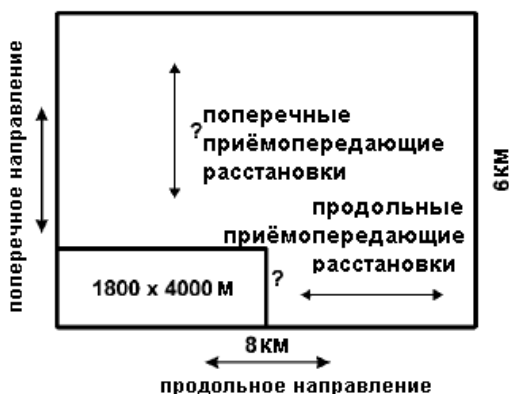
9.5 НЕТ СКРОЛЛИНГА - ВКЛ\ВЫКЛ

Если активная расстановка равна или больше, чем размер области наблюдения, тогда существует только одна приёмопередающая расстановка, когда скроллинг - вкл. \ выкл. не используется. В примере на Рисунке 9.6b, была бы только одна приёмопередающая расстановка для активной расстановки $10 * 48$ каналов. Однако, если активная расстановка уменьшена до $8 * 24$, тогда число приёмопередающих расстановок увеличивается. Принимая отсутствие скроллинга - вкл. \ выкл. в продольном направлении, число положений приёмопередающих расстановок рассчитывается следующим образом (см. Рисунки 9.6b):

Продольные приёмопередающие расстановки = (Продольный размер области – Продольный размер активной расстановки) / Интервал линий возбуждения + 1. (9.6)

Пример: $(2400 \text{ м} - 1200 \text{ м}) / 300 \text{ м} + 1 = 5$ продольных приёмопередающих расстановок.

Принимая отсутствие скроллинга - вкл. \ выкл. в поперечном направлении, число положений приёмопередающих расстановок:



Параметры наблюдения

Область наблюдения = 6 x 8 км
 Размер расстановки = 1.8 x 4 км
 = 6 x 80 каналов
 RI = 50 м
 SI = 50 м
 RLI = 300 м
 SLI = 400 м

Скроллинг Нет скроллинга
 вкл. / выкл. вкл. / выкл.

продольные расстановки		
поперечные расстановки		
общее число расстановок		

Поперечные приёмопередающие расстановки = (Поперечный размер области – Поперечный размер активной расстановки) / Интервал линий приёма + 2. (9.7)

Пример: $(1800 \text{ м} - 1600 \text{ м}) / 200 \text{ м} + 2 = 3$ поперечных приёмопередающих расстановки.

Общее количество приёмопередающих расстановок для активной расстановки $8 * 24$ - произведение 5 продольных * 3 поперечных приёмопередающих расстановки, то есть, всего 15.

Рисунок 9.7 показывает следующий пример наблюдения 3-D. Число приёмопередающих расстановок, принимая скроллинг - вкл. \ выкл. (или нет), для ширины прореживания представлена как проблема для решения заинтересованными читателями.

9.6 ШИРИНА ПРОРЕЖИВАНИЯ

Рисунок 9.7. Передвижения расстановки.

Проектировщик должен решить, должна ли приёмопередающая расстановка включать пункты возбуждения только через один интервала линий приёма, или через два, три или больше, когда активная расстановка находится в середине 3-D наблюдения. Эта техника называется “Мультилинейный скроллинг”. Влияние на скорость команды различно в зависимости от принятого подхода. Время - главное ограничение при действиях команды 3-D. Наиболее важным является минимизация времени ожидания передвижения регистрирующего

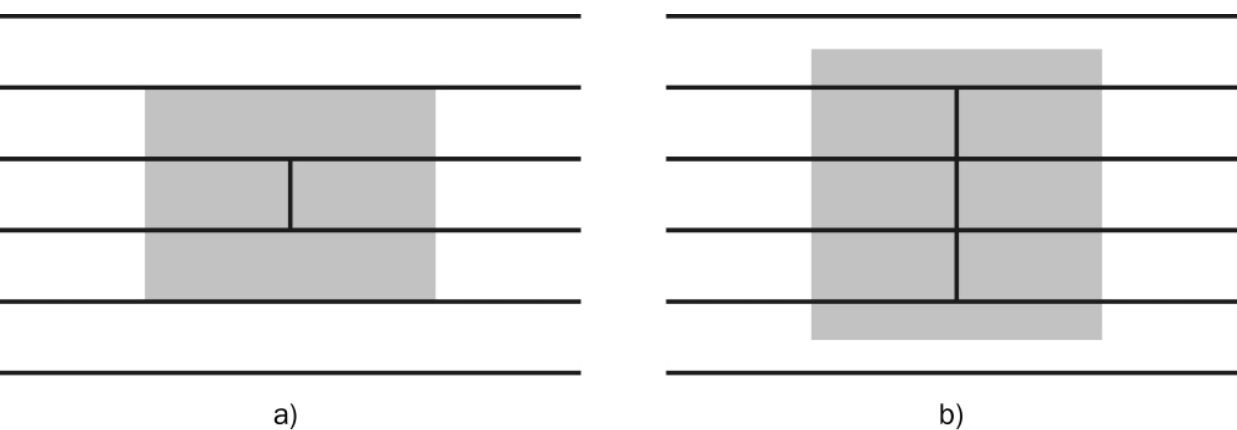
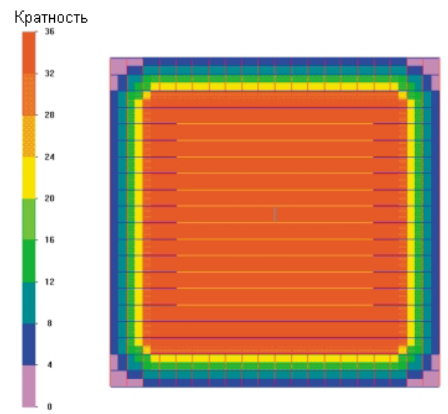
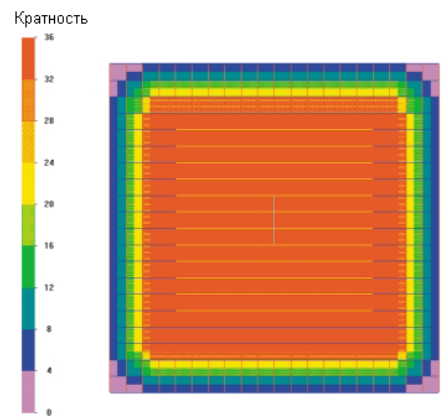


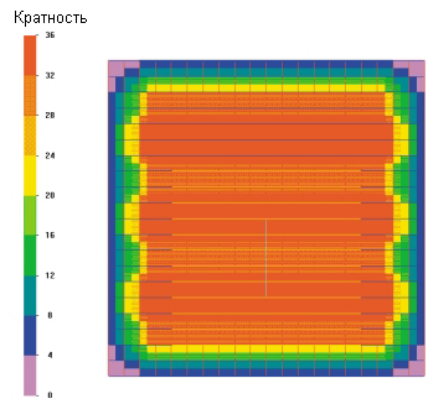
Рисунок 9.8. Покрытие срединными точками для различной ширины прореживания (6-ти линейная расстановка): a. ширина прореживания 1; b. ширина прореживания 3.



a)



c)



e)

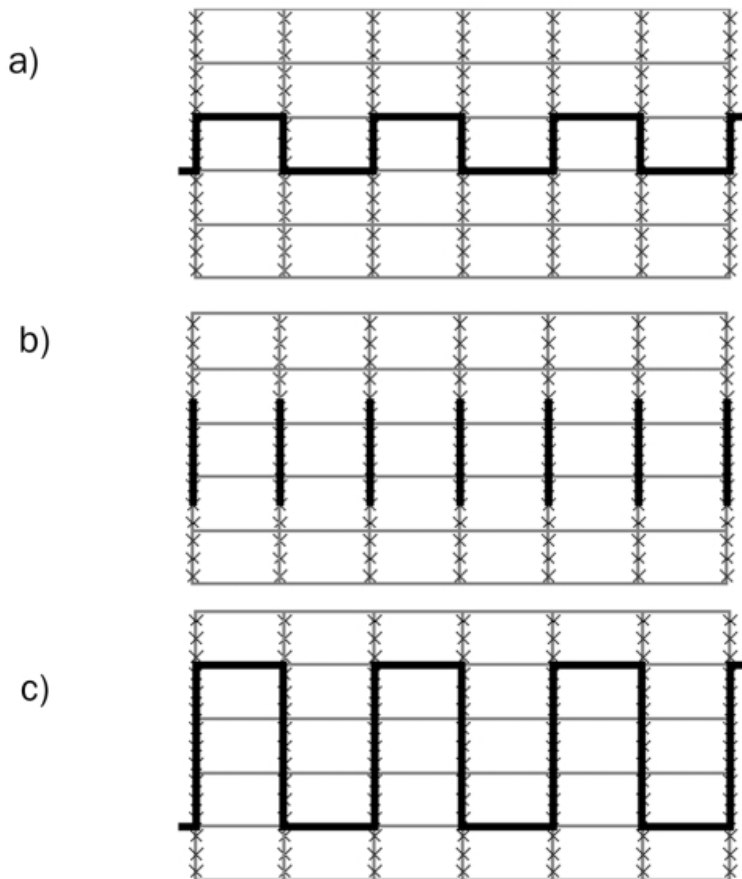


Рисунок 9.10. Широта распределения пункта возбуждения в середине расстановки (снэйкинг). Линии приёма - восток - запад, линии возбуждения - север - юг.

Рисунок 9.9. Распределение кратности
 a. ширина прореживания 1, 441 приёмов
 b. ширина прореживания 2, 231 приёмов
 c. ширина прореживания 3, 147 приёмов
 d. ширина прореживания 4, 126 приёмов
 e. ширина прореживания 5, 84 приёмов
 f. ширина прореживания 6, 84 приёмов

оборудования и оборудования возбуждения (бурение скважин или обходов вибратора), и

максимизация времени регистрации.

Увеличение ширины прореживания уменьшает количество перекрытий соседних областей срединных точек (см. Пункт 5.2). Это может иметь негативное влияние на кратность, связывание статики, распределения выносов и азимутов. Чем больше ширина прореживания, тем уже распределение азимутов. Дальние выносы увеличиваются также, приводя к большим X_{max} , хотя физический размер расстановки не меняется. Рисунок 9.8 показывает, как области меняются области покрытия срединными точками, если ширина прореживания увеличивается от 1 (а) к (3) б. X_{max} может легко быть рассчитан, если поперечный размер расстановки равен двойной поперечной ширине покрытия срединными точками.

Возможное изменение в распределении кратности - главный пункт рассмотрения. Вообще активная расстановка перекладывается, но на постоянные 12 * 96 каналов в расстановке. Рисунок 9.9 показывает распределения кратности с шириной прореживания в качестве единственной переменной (расстановка обозначена также). Отношение сторон для этой активной расстановки - 1.0 с шириной прореживания 1. Рисунок 9.9а показывает, что кратность в центре активной расстановки достигает даже 36 (со скроллингом - вкл. / выкл.). Эта ширина прореживания указывает, что пункты возбуждения находятся просто между центрами двух линий приёма (сравните Рисунок 9.10а). Рисунок 9.9б показывает ту же самую кратность для ширины прореживания 2. Заметьте уменьшение приёмопередающих расстановок с 420 до 231, что будет существенное воздействие на производительность персонала. Пункты возбуждения должны быть расположены как показано на Рисунке 9.10б, что может быть выполнено только командами работающими с динамитом. Было бы более эффективно распространить пункты возбуждения на следующие линии приёма как на Рисунке 9.10с. Распределение кратности остаётся чётным (Рисунок 9.9с) для этой 12-ти линейной активной расстановки. Некоторые из остающихся рисунков показывают образование линий на кратности, которое может быть вызвано плохим выбором ширины прореживания - 4 или 5 для этой 12-ти линейной активной расстановки (Рисунки 9.9д и 9.9е). Ширина прореживания в 6 снова приводит к гладкому распределению кратности (Рисунок 9.9ф). Сокращение числа приёмопередающих расстановок и увеличение X_{max} даёт представление о влиянии выбора ширины прореживания.

Ширина прореживания не может быть выбрана произвольно. Следующая формула делает этот выбор зависящим от числа линий приёма в активной расстановке:

Ширина прореживания = Число линий приёма в активной расстановке / (2 * n), (9.8)

где n - целое число.

Пример: Ширина прореживания = 1, 2, 3, и 6 для активной расстановки с 12 линиями приёма

Максимальная ширина прореживания равняется половине числа линий приёма в активной расстановке, пока пункты возбуждения не дублируются. Возможная ширина прореживания даётся в размерности интервалов линий приёма (Таблица 9.4).

Таблица 9.4. Выбор ширины прореживания.

NRL	Возможные значения ширины прореживания
4	1, 2
6	1, 3
8	1, 2, 4
10	1, 5
12	1, 2, 3, 6
14	1, 7
16	1, 2, 4, 8
18	1, 3, 9
20	1, 2, 5, 10

9.7 СТРАТЕГИЯ ОТСРЕЛА

Всегда сверяйтесь с топографическими картами или аэрофотоснимками, чтобы понять вероятные проблемы доступа перед выбором стратегии отстрела. Советник будет способен определить наибольшие эксплуатационные проблемы.

При рассмотрении размера активной расстановки, необходимо помнить о передвижении оборудования. Излишне большая активная расстановка, которая должна часто перемещаться добавляет огромное количество времени к регистрации 3-D данных. Время простоя должно быть сбалансировано. Например, если регистрация не возможна ночью, перемещение оборудования может быть возможно. Любое сокращение во времени регистрации может уменьшить затраты, что может сделать наблюдение менее дорогим для клиента.

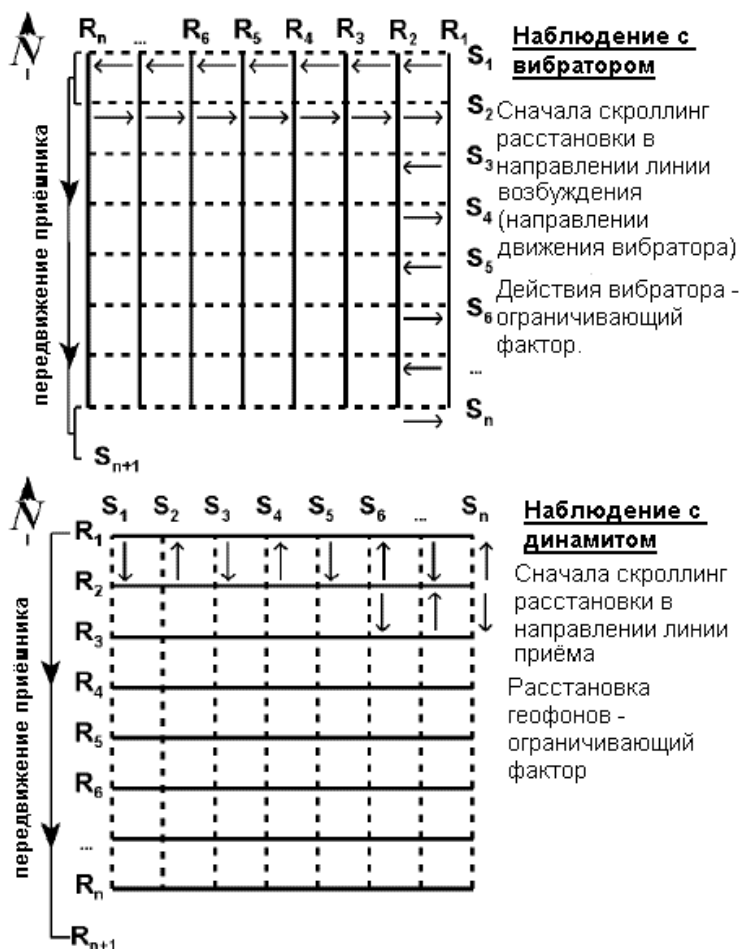


Рисунок 9.11. Типичная схема расположения для вибросейсмического или динамитного наблюдения.

возбуждения могут быть отработаны быстро, так что нужно оптимизировать передвижение оборудования (геофонов). Линейный персонал должен всегда перемещаться по самому короткому возможному маршруту. Важно обратить внимание на то, что отдельный проект мог бы быть прост в осуществлении с использованием вибратора, и наоборот не быть эффективным при динамитной съёмке. Поэтому несколько проектов могут быть хорошими, для достижения отдельных геофизических целей.

9.7.1 Вибратор

Предположим, что длинная сторона 3-D наблюдения имеет направление север - юг (Рисунок 9.11). Для вибросейсмических операций возбуждения, расположим кабель с севера на юг так, чтобы каждая линия была частично разложена и достаточно велика для каждой активной расстановки, а затем стреляем поперек линий, используя электронные переключатели продольного скроллинга. Как только вибраторы отработали половину активной расстановки, удалим короткие отрезки линий приёма с верхней части наблюдения и помести их в нижнюю часть.

9.7.2 Динамит

Для динамитных операций возбуждения, расположение приёмников принимается с востока на запад поперек короткой стороны наблюдения (Рисунок 9.11), и выстрелы

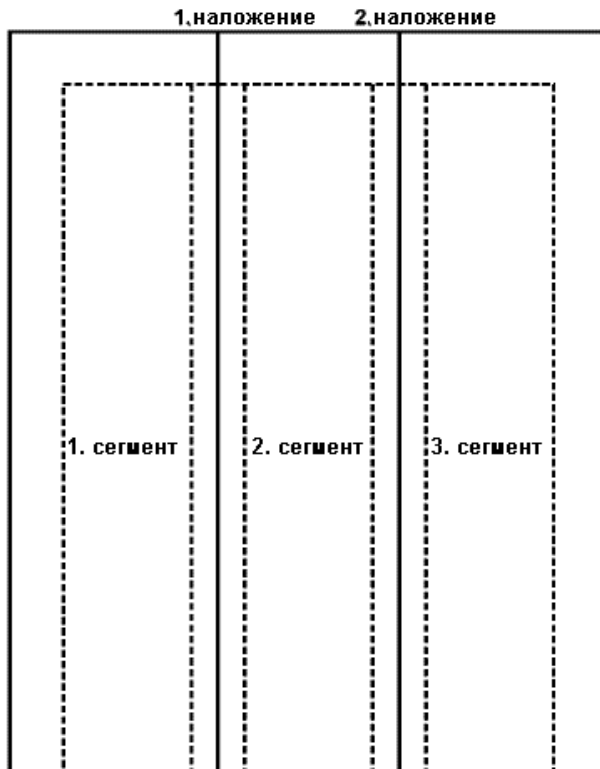
Снэйкинг наиболее эффективен при использовании одной вибраторной команды. Снэйкинг более чем трёх линии одновременно (Рисунок 9.10с) является гораздо более эффективным, чем снэйкинг по одной линии (Рисунок 9.10а) потому, что 9 ПВ за обход против 3 ПВ за обход будут экономить существенное количество времени.

Направление, в котором кабели приёма размещены, может драматично сказаться на материально-техническом обеспечении наблюдений. Если возможно, персонал должен иметь достаточно каналов для раскладки приёмных линий полностью поперек одной из сторон съёмки. Полные линии можно тогда скроллинговать; нет никаких потерь в эффективности занятия станций дважды или более. В длинных узких наблюдениях, расположение оборудования обычно зависит от того, является ли источник вибратором или динамитом. Для вибросейса, стрельба отнимает много времени, и обычно лучше перемещать вибраторы, в то время как геофонная команда (линия) ждёт. Для динамита справедливо обратное утверждение. Пункты

принимаются пока не приходит время перемещать всю линию. Эта процедура быстрее для персонала на линии, чем перемещающиеся части нескольких линий. Нет никаких различий в кратности, выносах, и азимутах, если направления линий возбуждения и приёма переключены.

9.8 БОЛЬШИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

При рассмотрении больших наблюдений, нужно планировать - как сейсмической команде позволено делать запись данных. Большое наблюдение может требовать так много станций приёма вдоль направления линии приёма, что команда может не иметь достаточно количества оборудования для числа линий необходимых для активной расстановки. Один способ - стрелять перекрывающиеся сегменты; другой - арендовать большее количество оборудования. Вообще, если количество арендованного оборудования уже находящегося в эксплуатации чрезмерно велико, создание перекрывающихся сегментов или перепроектирование наблюдения - наименее дорогой выбор.



пример 6-ти линейного прореживания



Рассмотрим приёмную расстановку из 8 линий по 100 станций в каждой. Кроме того, предположим, что линии приёма имеет длину в 250 станций для полного наблюдения. Если персонал имеет только 1000 доступных каналов, нельзя планировать расстановку из 8 линий по 250 каналов в каждой. По существу, снижение кратности в первом сегменте должно быть перекрыто наращиванием кратности от второго сегмента (Рисунок 9.12). Минимальное количество перекрытий показано в нижней части Рисунка 9.12. В

идеале, полная расстановка должна быть доступна для обоих сегментов вдоль общей линии возбуждения, или кратность уменьшается, а на связывание статики будет оказано неблагоприятное воздействие. Эта процедура требует повторное занятие станций, что требует времени и дорого стоит. Нужно решить: может ли перекрытие вдоль накладывающихся сегментов быть уменьшено, и до какой степени.

Часто имеется выбор между повторным занятием станций возбуждения и приёма. С вибраторами, можно хотеть повторить пункты возбуждения без повторения лучевых траекторий источник-приёмник. Для динамитной съёмки, повторное

Рисунок 9.13. Скроллинг полного прореживания.

наложение приёмников может быть лучшей альтернативой, хотя это нежелательно. Эффективность и скорость стрельбы с перекрывающимися сегментами сильно зависят ширины прореживания (см. Пункт 9.5).

Скроллинг полного прореживания представляет чрезвычайно эффективный метод продвижения приёмопередающей расстановки, когда 3-D наблюдение очень большое, а пункты возбуждения относительно недороги. Пункты возбуждения занимают дважды, и все приёмные линии одновременно перемещаются в поперечном направлении. Этот метод позволяет подрядчику делать съёмку очень больших 3-D систем наблюдения только с ограниченной пропускной способностью канала. Обратите внимание, что нет никаких общих приёмников от одного прореживания к следующему. Таким образом, статика будет полностью недетерминированной от одного прореживания к следующему. Этот метод стрельбы не рекомендуется, если ожидается существенный статика.

Повторение местоположений пунктов возбуждения увеличивает поперечную кратность и делает её равной числу приёмных линий, активных в расстановке, вместо половины числа линий приёма как в других конфигурациях (см. Пункт 2.5):

Поперечная кратность = Число линий приёма. (9.9)

Пункты возбуждения для отдельной приёмопередающей расстановки находятся и внутри и вне расстановки. От центра расстановки, местоположения источников отнесены на следующее расстояние от центрального пункта возбуждения:

Число линий приёма * интервал линий приёма. (9.10)

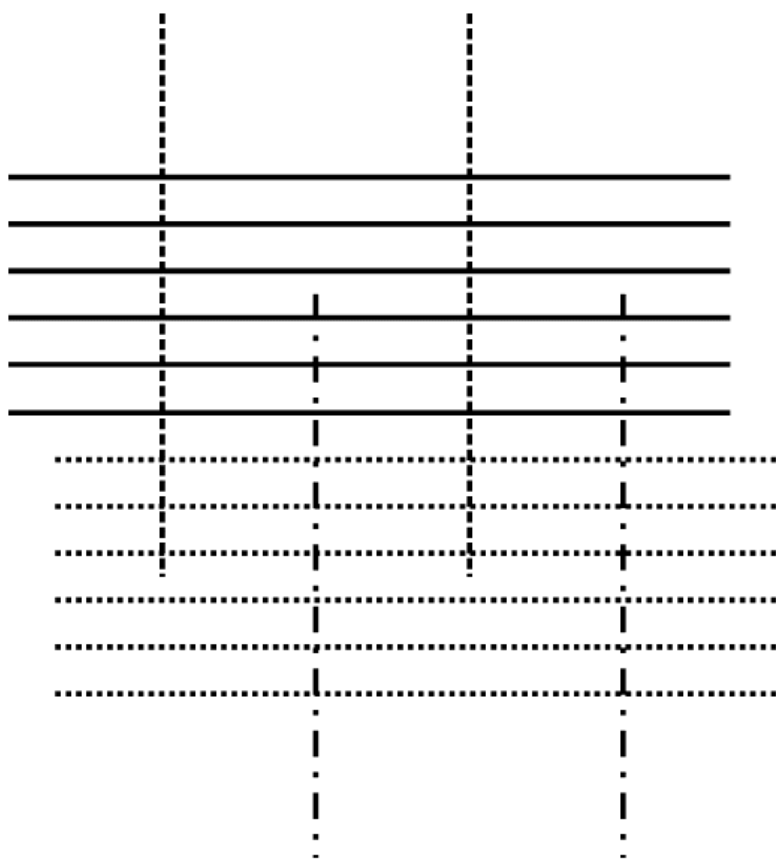


Рисунок 9.14. Скроллинг полного прореживания, чередующийся.

Поэтому, число пунктов возбуждения, которые могут быть приняты в одном положении приёмопередающей расстановки со скроллингом полного прореживания:

Число пунктов возбуждения на приёмопередающую расстановку = $\frac{2 * (NRL) * (RLI)}{SI}$. (9.11)

Пример первой приёмопередающей расстановки А показан в верхней части Рисунка 9.13. После приёма ПВ связанных с этой приёмопередающей расстановкой, приёмная расстановка продвигается в продольном направлении к концу наблюдения, как это показано. Полная расстановка затем смещается скроллингом полного прореживания в поперечном направлении, что показано положением средней приёмопередающей расстановки В на Рисунке 9.13. Продольные скроллинги повторяются в противоположном направлении к другому концу области наблюдения. Приёмопередающая расстановка затем перемещается другим скроллингом полного прореживания к нижнему положению С на Рисунке 9.13. Точка возбуждения находящаяся в нижней части приёмопередающей расстановки на позиции А граничит с верхней точкой возбуждения приёмопередающей расстановки в позиции

С. Пункты возбуждения средней приёмопередающей расстановки В - полностью перекрыты, приводя к увеличению поперечной кратности. Хотя ПВ занимают дважды, не дублируются никакие лучевые траектории источник - приёмник. Практически, скроллинг полного прореживания снимается так, как описано (часто с линиями возбуждения, простирающимися даже дальше), но выполняется как ряд перекрывающихся симметричных крестообразных расстановок (Вермеер, 1999а). Таким образом, не все

выстрелы, которые были приняты в данном расположении приёмников, используются. Избыточность в сборе данных (и их отброс процессором) более чем компенсируется высокой скоростью съёмки. При обработке, поэтому, минимальные наборы данных - просто накладывающиеся крестообразные расстановки (см. Главу 5), и создаётся хорошо оцифрованный 3-D (за исключением несвязанной статики, описанной выше).

Если требование минимального выноса, может быть смягчено, можно не занимать повторно ПВ, а скорее чередовать линии возбуждения (Рисунок 9.14).

9.9 ПОЛЕВЫЕ ИНСПЕКЦИИ (QC)

Контроль качества необходим во всех аспектах полевой деятельности, включая: топографические работы, измерения рулеткой, регистрация, размещение геофонов, качество установки геофонов, синхронизация вибратора, загрузка динамита на глубину, точность групп возбуждения и приёма, тестирование полевых параметров, готовность персонала, и качество контрольных устройств. Геофоны должны быть установлены вертикально к поверхности земли, а не вертикально к местному наклону из-за неровного ландшафта. На крутом склоне, группы должны быть разложены продольно и параллельно контурам рельефа или быть собраны вместе. Вообще, различие по высоте между первым и последним геофоном в группе не должно превышать 2 м. (6 футов).

Наблюдатели могут очень хорошо представлять клиента в области контроля качества. Они обычно имеют обширный полевой опыт в различных ролях в сейсмических командах, работали в многочисленных местах. Они знают - как искать ловушки, и так же знают, где команда может пожелать избрать более короткий путь при определённых обстоятельствах. Наблюдатели посещают персонал регулярно по всей области 3-D наблюдений или постоянно находятся с ними для непосредственной помощи в решении любых проблем, которые могут возникнуть.

Проектировщик может также исполнять роль контролёра качества в поле. Многие аспекты проекта 3-D наблюдений не могут быть легко переданы съёмочной команде или наблюдателю. Некоторые задержки и дорогостоящие простои происходят из-за несоответствующих решений принимаемых в поле. Проектировщик, который имеет полное понимание проекта, может быстро и эффективно принимать решения и делать изменения в поле. Помните в текущих (2000) расценках, средняя сейсмическая команда обходится в поле от \$ 1 до \$ 2 в секунду. Задержка необходимая чтобы доехать до города, телефона проектировщика, объяснить проблему, выработать решение, и применить его в поле может стоить десятки тысяч долларов.

Проектировщик должен определить - сколько последовательных пунктов возбуждения может выпасть из последовательности ПВ (например, 5 из 80). Выпавшие пункты возбуждения не должны быть на смежных линиях возбуждения. Такое разрешение должно быть сделано только по причинам невозможности доступа: трубопроводы и пересечения рек, здания, и т.д. Эти пропущенные пункты возбуждения должны быть заменены, если возможно, со структурой выстрелов. Вообще эти проблемы будут идентифицированы раньше срока, но не всегда. Изменение погодных условий может сделать доступ невозможным там, где предварительно, при сухой погоде, доступ к станциям возбуждения казался приемлемым. Чем больше свободы проектировщик и клиент может дать подрядчику и инспектору, тем быстрее полевая команда может работать. Сотрудничество всех вовлеченных сторон важно для эффективной съёмки 3-D сейсмического проекта.

9.10 ПРОДОЛЬНЫЕ И ПОПЕРЕЧНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ

Когда теоретические местоположения источника и приемника сталкиваются с препятствием, станции должны быть перемещены на некоторое близлежащее местоположение. Необходимо обеспечить геодезистов инструкциями, относительно того, как поперечные (перемещения пунктов возбуждения или приёма перпендикулярно направлению линии) или продольные (перемещения пунктов возбуждения или приёма в направлении линии) отклонения должны быть выполнены.

Несколько приоритетов может быть установлено (Н. Купер, 1997, персональная связь). Наиболее важным является то, что каждый пункт возбуждения должен быть принят, и каждый приемник должен быть расположен. Это требование поддерживает среднюю плотности пунктов возбуждения и приёма и среднюю кратность. Изменения кратности представляются как увеличение продольных или поперечных отклонений; однако, эти изменения менее важны, чем фактическое падение уровня кратности из-за пропущенных пунктов возбуждения или приёма. Приоритеты могли бы быть следующими:

1. Перемещение местоположений возбуждения или приёма меньше чем на 1/2 интервала станций в каждом направлении — поддержание кратности в каждом бине.

2. Занятие каждого местоположения возбуждения и приёма — поддержание средней кратности в пределах наблюдения.
3. Поперечное отклонение до 1/2 интервала линий — смещение создаёт наименьшее количество полос на кратности.
4. Продольное отклонение — отклонение создаёт большее количество полос на кратности, чем поперечное (если не смещать на один интервал линий (Donze и Crew, 2000)).
5. Не занимать повторно пункты возбуждения и приёма — повторные лучевые траектории не добавляют никакой ценной информации.

Можно попытаться установить определённые продольные и поперечные отклонения для каждого 3-D проекта. Один пример представлен в Таблице 9.5. Чем меньше значения, тем более предпочтительнее это местоположение в качестве замены передвижению пункта возбуждения (см. обведённую S). Эта отдельная таблица указывает на предпочтение поперечных отклонений над продольными отклонениями. Эти преимущества уменьшаются с увеличением расстояния от первоначального местоположения.

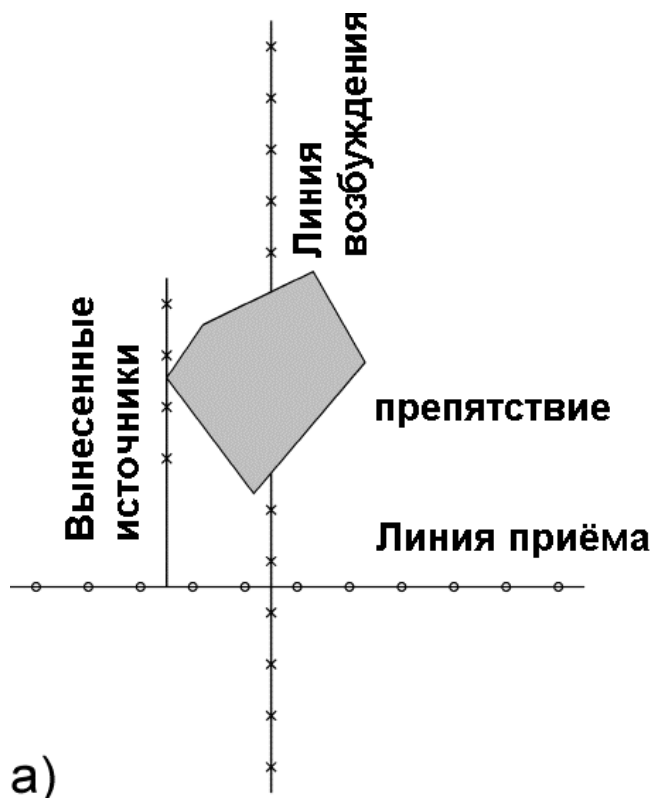
Когда имеются несколько точек, которые должны быть отнесены в сторону, предпочтительнее сдвигать их по гладкой непрерывной линии (например, дуга окружности), а не в виде сильных внезапных изменений в величинах продольных и/или поперечных отклонений (Рисунок 9.15). Это произведет более гладкое изменение в выборках источников и приёмников в дополнение к распределению срединных точек под поверхностью и, следовательно, улучшит подавление шума, произведёт меньшее количество съёмочных следов, и усилит изображение (Vermeer, 1998a, b).

Таблица 9.5. Схема продольных и поперечных выносов для отдельной 3-D расстановки.

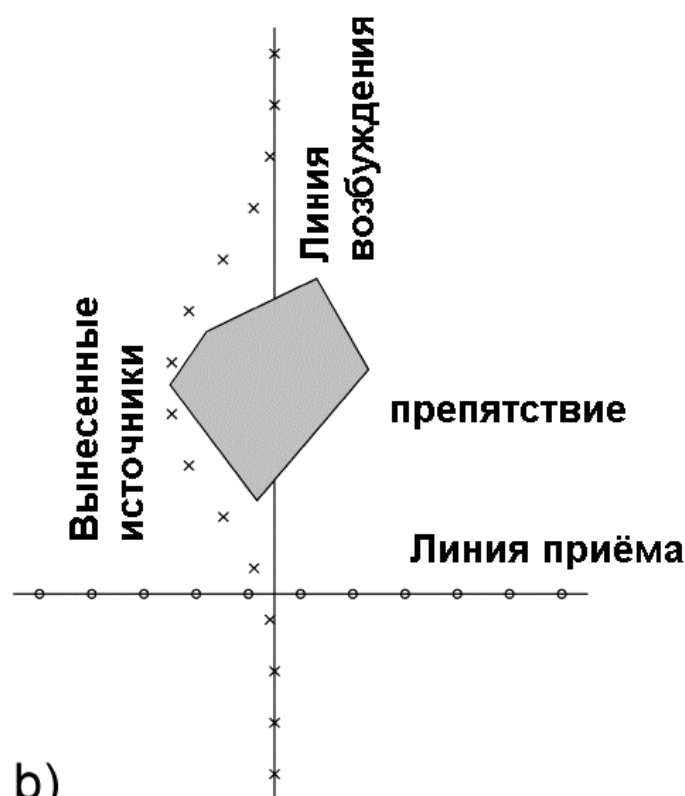
21	20	S	18	17	16	15	14	13	12	11	10	S	10	11
20	19	S	17	16	15	14	13	12	11	10	9	S	9	10
19	18	S	16	15	14	13	12	11	10	9	8	S	8	9
R	R	R/S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R/S	R	R
17	16	S	14	13	12	11	10	9	8	7	6	S	6	7
13	12	S	10	9	8	7	6	5	4	3	2	S	2	3
17	16	S	14	13	12	11	10	9	8	7	6	S	6	7
18	17	S	15	14	13	12	11	10	9	8	7	S	7	8
19	18	S	16	15	14	13	12	11	10	9	8	S	8	9
20	19	S	17	16	15	14	13	12	11	10	9	S	9	10
21	20	S	18	17	16	15	14	13	12	11	10	S	10	11
R	R	R/S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R/S	R	R
19	18	S	16	15	14	13	12	11	10	9	8	S	8	9
15	14	S	12	11	10	9	8	7	6	5	4	S	4	5
19	18	S	16	15	14	13	12	11	10	9	8	S	8	9

R = положение приёмника

S = положение источника



a)



b)

Рисунок 9.15. Смещение относительно препятствия (по Вермееру, 1998а):

- a. на расстояние кратное интервалам станций, и**
- b. по сглаженной линии.**

9.11 ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

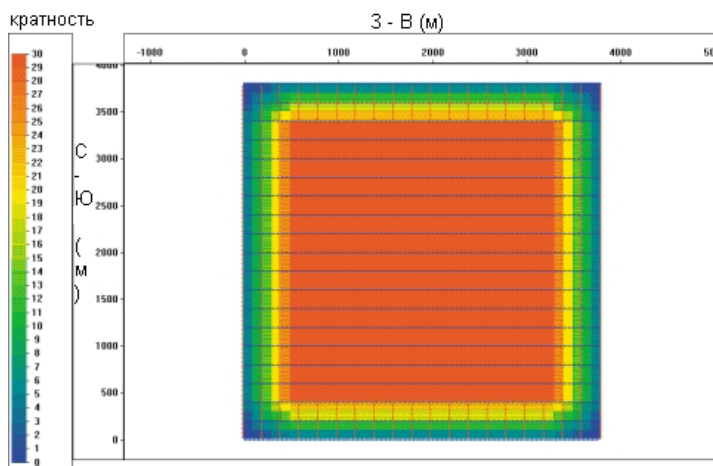
9.11.1 Область отображения

При решении того, как велика область, которая должна быть отображена, несколько вопросов должны быть рассмотрены, типа: Что нужно интерпретаторам? Должны ли рассматриваться все привязанные скважины? Является ли наблюдение достаточно большим, чтобы собрать энергию от всех наклонных отражений? Являются ли область миграции и зона наращивания кратности достаточно большими? Может быть необходимо разместить дополнительные пункты возбуждения вне области приёма, чтобы достигнуть некоторых из этих целей. Могут существовать некоторые области наблюдения, стоимость в которых за единицу площади больше из-за плохого доступа или дороговизны разрешений. Решение должно быть принято относительно того - действительно ли необходимы эти области. Переоценка недоступных областей может быть проведена, основываясь на том - сколько они стоят.

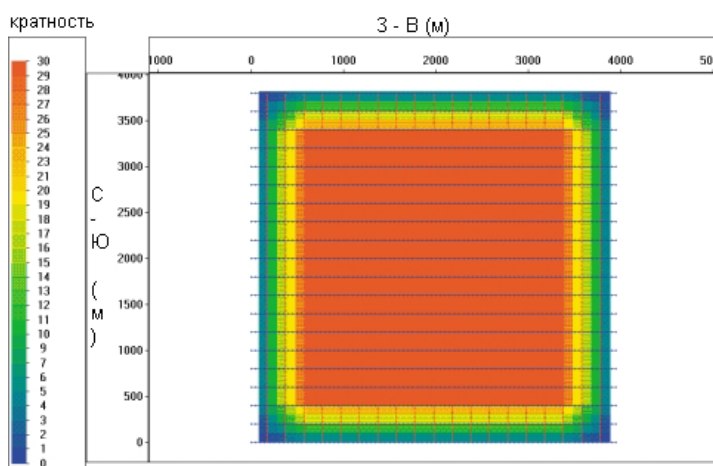
Может быть возможным ослабление интервалов линий возбуждения в зоне перепадов. Глубинные данные мигрируют дальше; поэтому, недостаток коротких выносов не может быть проблемой в этой зоне.

Рисунок 9.16 показывает, как можно сократить полевые усилия 3-D наблюдения. Предполагается, что область полностью имеет некоторый диапазон. Можно или получать необходимые данные при помощи расстановки на Рисунке 9.16a (ограниченной линиями возбуждения и приёма), или увеличивать длину приёмных линий на половину интервала линий возбуждения в обе стороны и сдвигать линии возбуждения в середину предыдущих линий возбуждения (Рисунок 9.16b), и удалять одну линию возбуждения. Следовательно, общее усилие на возбуждение уменьшается. То же самое может быть выполнено в другом направлении - за счёт расширения линий возбуждения и сокращения усилий на приём как показано на Рисунке 9.16с. Зона наращивания (см. Главу 2) начинается с первым покрытием срединными точками.

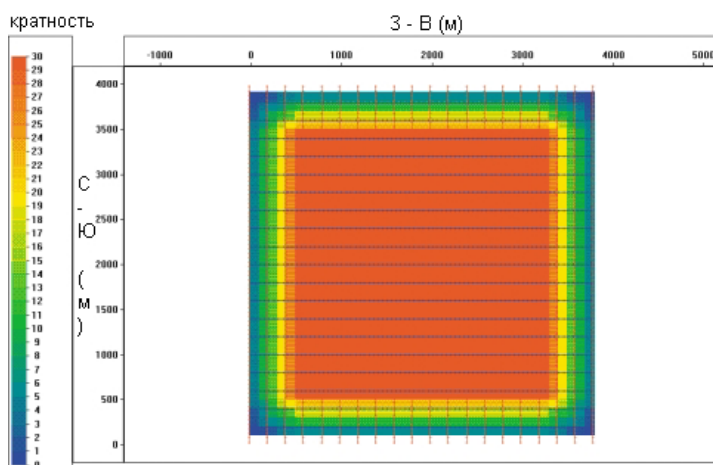
9.11.2 Кабели



a)



b)



c)

Рисунок 9.16. а. Максимизация области отображения. б. Максимизация области отображения - без одной линии возбуждения. с. Максимизация области отображения - без одной линии приёма.

Некоторые приборы полевой записи имеют ограничения, что затрагивает проект. Например, I/O система один и два - каждая требует ящик на каждые шесть станций. Менее шести станций на ящик будут работать с оборудованием I/O, но для оптимизации использования оборудования, нужно определить число приемников на линию в расстановке как кратное 6.

В идеале нужно также иметь интервал линий возбуждения делимый на $6 * RI$, или $2 * SLI$ делимый на $6 * RI$. Если ПВ находится не точно между ящиками, то небольшая асимметрия может быть внесена в расстановку при использовании систем съёмки, которые не могут адресовать станции приёма индивидуально. Частота выходов для приёмников на кабелях важна в проекте. Если определить размер бина в 35 м. (115 футов), следовательно, интервал приемников - 70 м. (230 футов), а подрядчик имеет кабели с выходами для приёмников через каждые 65 м. (220 футов), то имеется серьезная проблема. Стандартные выходы разделены интервалами приблизительно 65 м. (220 футов); хотя интервалы в 85 м. становятся более распространенными.

9.11.3 Разрешение

При прокладке линии стандартной ширины - 16.5 футов, каждая *половина мили* линии эквивалентна повреждению урожаю или лесу на площади в 1 акр. В метрических единицах, стандартная линия 5-ти метровой ширины, вдоль каждой 2 км линии - 1 гектар. Важно минимизировать повреждения за счёт кооперации с землевладельцами. Заборы и маршруты доступа должны использоваться только тогда, когда это абсолютно необходимо, и нужно всегда иметь предшествующее письменное разрешение для доступа на частные земли.

Руководящие принципы низкого сейсмического воздействия (LIS) были представлены в Канаде в 1993. Ширина линии возбуждения должна придерживаться 5 м. (6 м. для вибраторов), а линия приёма - 1.5 м., если hand-cut или 3 м., если cat-cut (если позволено). Вообще, только деревья, которые блокируют вид линии, удаляются. Геофоны обычно

переносятся вручную, вертолетом, или на тягачах (ATVs). Для узких линий возбуждения, динамитные отверстия может быть необходимо бурить вручную. Минимальное волнение почвы в LIS программах приносит пользу росту древесного покрытия, а воздействия на местообитание живой природы меньше, чем при стандартной прокладке линии. Однако прокладка линии в соответствии с руководящими принципами LIS может стоить на целых 30 % больше, чем при стандартной прокладке (Wiskel, 1995).

9.11.4 Безопасность

Безопасность персонала должна быть рассмотрена при проектировании наблюдения. Аккуратное перемещения пунктов приёма и возбуждения имеет незначительное влияние на



распределение кратности и выносов, но может делать рабочие места намного более безопасными. Например, если компьютерный проект помещает теоретическое местоположение на скалистом склоне или утесе, может быть лучше переместить пункт на горизонтальное, более безопасное место и при этом удерживать срединные точки в пределах бина. Только осторожное моделирование может определить эти безопасные замены. Местоположения источников и приёмников могут быть перемещены как для безопасности, так и для лучшего размещения и сцепление геофонов.

Ежедневные встречи по технике безопасности необходимы, чтобы члены персонала знали любые возможные опасности относительно подготовки динамита и общих полевых действий. Во многих странах, медицинская поддержка должна быть на участке не только для выгоды команды, но и потому, что это требуется в соответствии с законом. Связанная с этим стоимость должна приниматься во внимание при планировании 3-D наблюдения. Процедура сообщения о несчастном случае должна быть определена так, чтобы все необходимые подрядчики, и операторы, и

Рисунок 9.17. Техника безопасности.

правительственные агентства были уведомлены своевременно. Договорное соглашение определяет обязанности каждой стороны, вовлеченной в 3-D сейсмическое наблюдение, при возникновении любого несчастного случая.

Регистрация опасностей или книга опасностей должна быть начата для документирования проблем безопасности при работе, и каждый служащий должен быть хорошо осведомлен в этих проблемах. Регистрация опасности - расширение карты хорошего доступа, которой нужно обеспечить каждую команду на раскладке. Также, хорошие инспекторы, которые документируют проблемы и соображения безопасности жизненно необходимы для успеха вашей программы безопасности. Однако важно доставлять эту информацию членам команд своевременным способом.

В некоторых случаях, проектировщик может быть наименее опытным человеком в поле, и персональная безопасность может быть пропущена, если не имеется никаких проверок безопасности для людей, которые более приучены к работе в офисе. Хороший комплект

путешественника (Рисунок 9.17), объединенный с системой обнаружения и взаимной связи так, чтобы кто-нибудь знал полевые местоположения всего персонала днём и ночью, может противодействовать этим проблемам полевой работы. Проведение холодных ночей в поле может быть наименее удобным и некомфортабельным и в самом крайнем случае смертельным.

9.12 ПОЛЕВЫЕ ПРИМЕРЫ

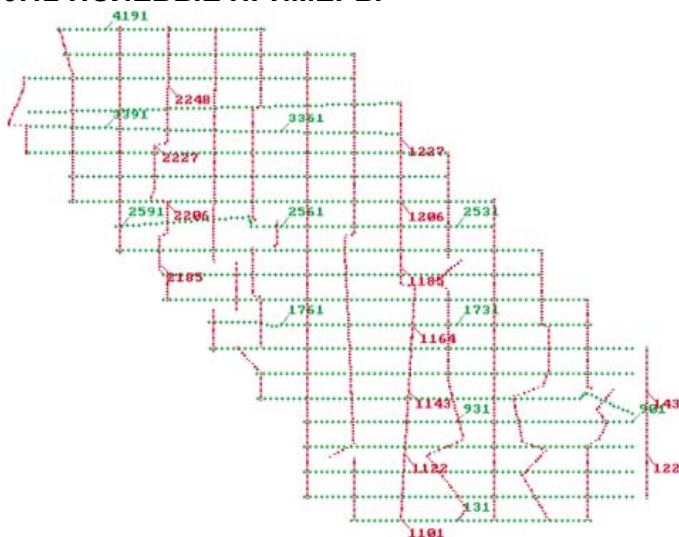


Рисунок 9.18a. Схема расположения системы наблюдения сделанная в офисе до выезда в поле.

ситуации.

Следующие изображения сравнивают распределение кратности до съёмки данных 3-D (офисный проект) с реально полученным распределением (полевая действительность). Рисунок 9.18a - предлагаемое расположение 3-D наблюдения до регистрации. Для сравнения, фактическое расположение показано на Рисунке 9.18b. Анализ кратности ОСТ для различных диапазонов выносов показал некоторые серьезные несоответствия в кратности ближайших трасс (например, 0-800 м.; Рисунки 9.19a и 9.19b), в частности, в центре наблюдения около реки. Кроме того, возникновение полос на кратности в направлении с востока на запад вызвано продольными и поперечными отклонениями. Дополнительные пункты возбуждения может быть необходимо добавить в различные места, чтобы решить эти проблемы и компенсировать реальные

9.13 ПОЛЕВОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ДАННЫХ)

В 3-D сейсмических наблюдениях, объем данных может быть огромным. Необходимо иметь методы, которые быстро идентифицируют ошибки и/или плохие данные. Современный полевой контроль качества использует атрибуты сейсмической трассы (энергия в выделенном окне, факторы затухания энергии, времена первого вступления) в комбинации с информацией о системе наблюдения (положения источников и приемников), чтобы создать новые измерения и изображения контроля качества. Такие изображения контроля качества обычно могут точно определить ошибки местоположения и другие проблемы и с позициями возбуждения, и с позициями приёма.

Имеются три основных причины обработать данные в поле:

1. Проверить точность заголовков трасс — геометрия 3-D.
2. Произвести в режиме квази-реального времени пригодные к интерпретации результаты для изменения полевой программы или расположения скважин.
3. Чтобы позволить быструю обработку в выносном обработочном центре.

Процедуры полевого контроля качества проверяют следующее:

качество позиционирования
сейсмическое качество данных
сейсмическое / позиционное отношение данных

Наиболее важный пункт - сейсмическое / позиционное отношение данных. Исследуя отношения между сейсмическими данными и позицией, в которой энергия была создана (пункт возбуждения), среда через которую она прошла (ОСТ), и позицией регистрации (полевая станция или приёмник), можно определить точность положения данных и качество сейсмических данных.

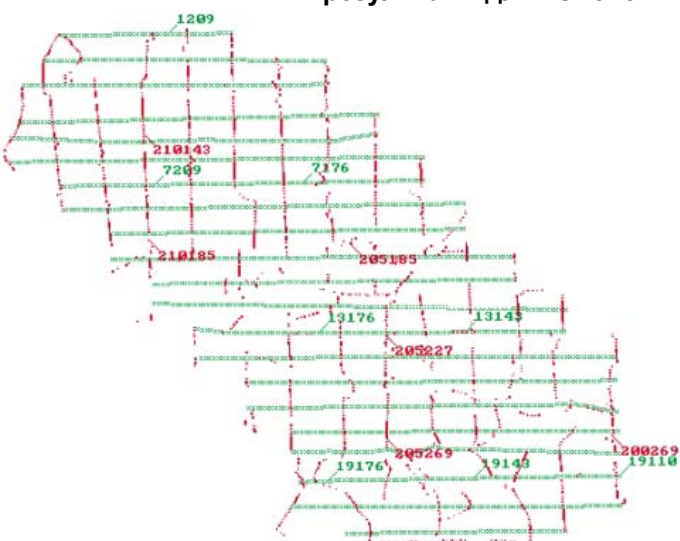


Рисунок 9.18b. Схема расположения системы наблюдения отвечающая полевым условиям.

Эти отношения помогают определить времена первого вступления, изменения в амплитуде от трассы к трассе, и ожидаемую пространственную непрерывность атрибутов данных типа экспоненциального затухания амплитуды.

9.13.1 Позиционное Качество Данных

Чтобы проверять положение данных, можно использовать обычный автономный геодезический контроль качества, но наиболее полезный метод - наложить окончательные координаты наблюдения на карту или изображение (TIFF или DXF файлы). Визуальная связь между позициями возбуждения и приёма и фактическими заземлениями - непревзойдённая проверка точности.

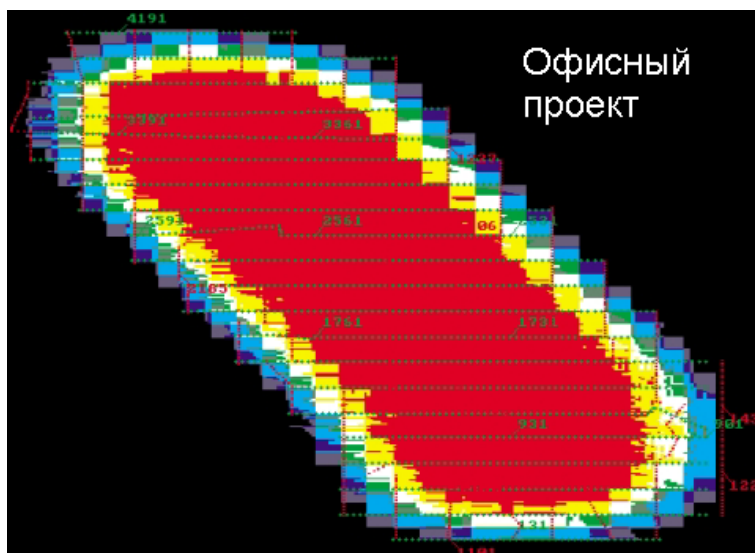


Рисунок 9.19а. Офисный проект с короткими выносами.
прёмники)?

9.13.2 Качество Сейсмических Данных

Визуализация сейсмических данных может выявить многое относительно потенциальных ошибок позиционирования и ответить на вопросы, такие как: Выглядит ли первое вступление так, как ожидалось (по сравнению с наложением теоретических первых вступлений приёмопередающей расстановки)?

Такое ли как ожидалось число выстрелов и число трасс на выстрел?

Такое ли качество данных как ожидалось (есть ли там какие-нибудь отражения)?

Приемлем ли уровень шума (много ли там плохих трасс /

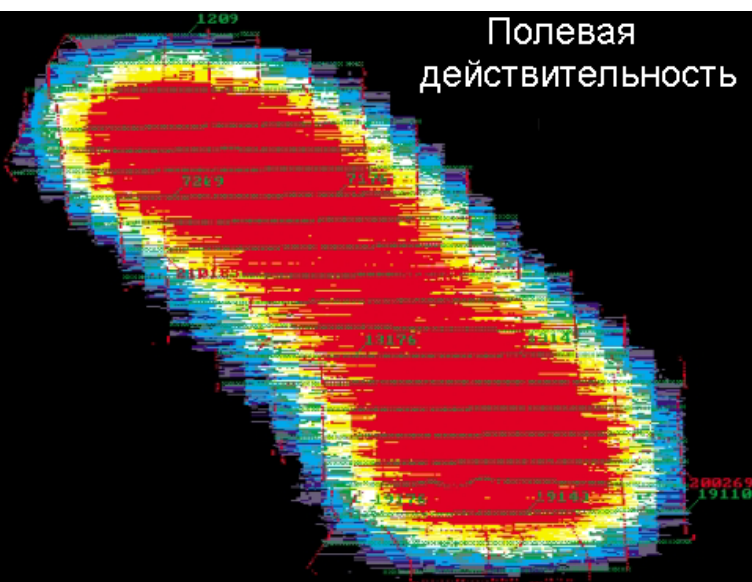


Рисунок 9.19b. Полевая действительность с короткими выносами.

9.13.3 Проверка Сейсмическое / Позиционное Отношения Данных

Отношения между положениями выстрелов, ОСТ, и приемников определяет то, как данные появляются. Другими словами, первые вступления появляются на некоторых временах, и амплитуда данных следует законам сферического расхождения и нелинейного затухания. Метод полукольца включает проверку информации выстрела, приемника, и ОСТ, и непрерывность признаков трассы для проверки отношений (данные и положение).

Атрибуты данных сейсмической трассы могут быть выбраны из следующего:

- Времена первого вступления связаны с горизонтальным расстоянием между источником и приемником. В результате, можно проверить верность взаимоположения.
- Средняя амплитуда в пределах окна вокруг первых вступлений и в пределах данных указывает - какое сферическое расхождение там было. Следовательно,

можно использовать отношение между амплитудой и выносом источник / приёмник. Этим можно проверить информацию первых вступлений в случае плохих пикировок или их отсутствия.

- Фактор затухания амплитуды указывает траекторию, выбранную энергией распространяющейся от источника к приемнику. Поэтому этот атрибут связан с

некоторой областью под землёй. Такой атрибут может использоваться для проверки правильности общего расположения, за счёт изучения его пространственной непрерывности.

- Частота на максимальной амплитуде снова связана с траекторией в среде. Это, однако, более всего полезно для обнаружения плохих трасс. Частота в основном одинакова для всех хороших трасс, но может весьма отличаться на шумных трассах (часто связано со станцией приёма).
- Отношение сигнал / шум рассчитывается как отношение среднеквадратических амплитуд в пределах окна перед первыми вступлениями (“шумовое” окно) к среднеквадратической амплитуде в окне, которое включает сигнал в пределах данных. На отношение сигнал / шум могут воздействовать многие факторы типа поверхностных условий, вынос, поверхностные волны и другой линейный шум источника, случайный шум, и плохие каналы.

Другие атрибуты могут быть классифицированы подобным образом согласно их использованию в проверке или определении положения возбуждения и приёма.

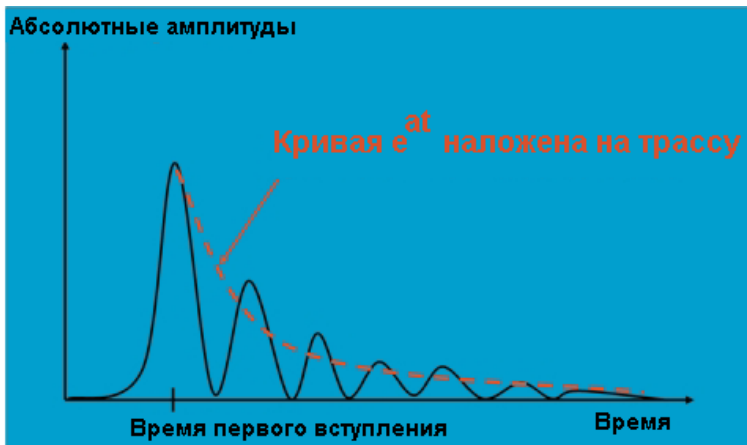


Рисунок 9.20. Определение параметра затухания амплитуды.

амплитуды
факторы затухания амплитуды
максимальная частота

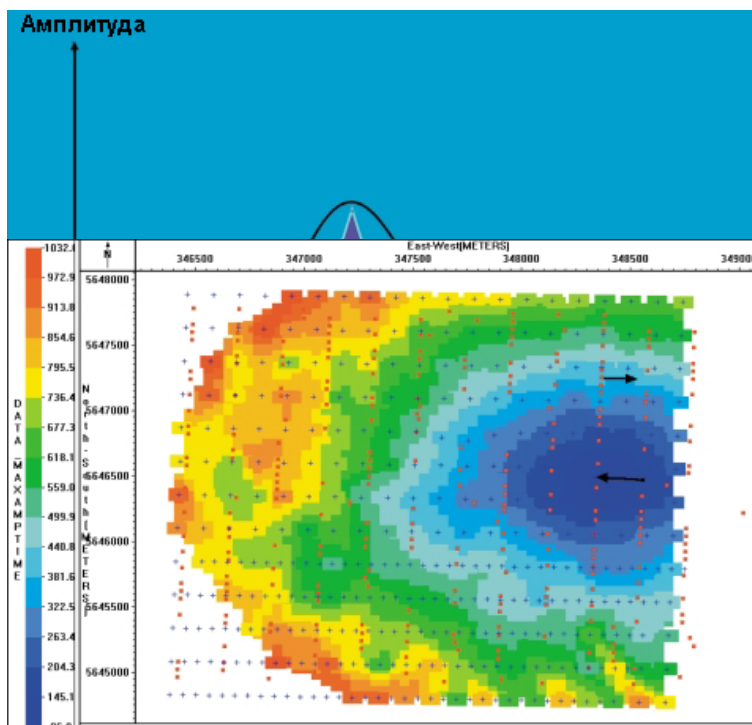


Рисунок 9.22. Предсказание местоположений возбуждения по временам первого вступления и проверка, использующая времена максимальной амплитуды для каждой трассы.

Диагностика Отношений Выстрел / Приемники

В строгой процедуре контроля качества, карта выстрелов и приемников может показывать минимум, максимум, и среднее этих пунктов:

высота источников и приемников
номера линий возбуждения и приёма
номера полевых станции и точек возбуждения
источник, приёмник, и кратность ОСТ
глубина выстрела, вертикальное время, характеристика рельефа
средние среднеквадратические

отношение сигнал / шум

Определение затухания амплитуды:

Единственный параметр a может использоваться, чтобы определить экспоненциальное затухание данных трассы приближенное по методу наименьших квадратов кривой e^{-at} к пикам абсолютных амплитуд трассы (Рисунок 9.20). Этот параметр непосредственно связан с траекторией энергии, и поэтому с подземной геологией. Этот параметр должен показать пространственные изменения, которые имеют логическую связь с геологией.

Определение статистики трассы:

Единственный параметр - “максимальная частота” - может быть определён для каждой трассы. Это частота

максимальной амплитуды спектра, полученного из некоторого окна данных (Рисунок 9.21).

Диагностика Отношения Источники / Приёмники

Значения следующих заголовков для каждого пункта возбуждения могли бы быть отображены на карте источников и приёмников.

Xmid, Ymid

азимут приемник - источник

среднеквадратическая амплитуда

времена первого вступления

Диагностика Отношения Источники / Приёмники:

Другие отношения исследованы за счёт использования графиков и разрезов, типа номера пунктов возбуждения, выносов для каждой трассы, и среднеквадратической амплитуды окна вокруг первых вступлений. Превосходное согласование между выносом и амплитудой - дополнительное подтверждение точности взаимоположения.

Предсказание местоположений источника по временам первых вступлений на каждом приёмнике должно быть подготовлено в качестве проверки. Местоположение источник может быть предсказано основываясь на знании всех координат приёмника для каждого выстрела и времён первых вступлений. В Рисунке 9.22, две маленьких стрелки справа указывают пункты возбуждения, которые должны быть перемещены. Другими словами, пункт возбуждения на "хвосте" стрелки должен быть перемещен в "кончик", чтобы удовлетворить комбинацию пикировок времён первого вступления и местоположения источника. Времена с максимальной амплитудой, кажется, сосредоточены вокруг кончика стрелки, что указывает на правильность предсказания.

Предсказания могут быть повторены основываясь на среднеквадратических амплитудах в окне содержащем первые вступления. Вообще, это не так же точно как времена первых вступлений, но может помочь подтвердить предсказание. Положение приёмника может также быть предсказано основываясь на знании всех координаты источников (пунктов возбуждения принятых на каждом приёмнике) и времён первых вступлений.

Другие диагностики контроля качества:

Многие диагностики контроля качества могут далее подтвердить (или опровергнуть) точность информации о геометрии. Некоторые наиболее полезные и испытанные из них:

- 100 % визуализации
- полевые стеки
- визуализация сырых записей
- использование визуализаций продольных и поперечных разрезов
- временной срез

Главная польза каждого - подчеркнуть пространственную непрерывность атрибутов данных. Нарушения в основном указывают на присутствие ошибки системы наблюдения или в координатах данных.

Далее диагностика контроля качества может также использоваться, чтобы проверить целостность самих сейсмических данных. Такая диагностика сообщает больше относительно состава восстанавливаемого сигнала, чем любые отношения к позиционной информации. Такая диагностика может включать:

- амплитудный спектр
- графики групп спектров (определяют ширину полосы частот сигнала)
- группы деконволюции
- Farr диаграммы [максимальный минимальный вынос (LMO) каждого выстрела и распечатка первого вступления в каскадном формате в их поверхностном положении]
- f-k спектры

Полевой контроль качества может устанавливать точность геометрии наблюдения и предоставлять информацию относительно содержания сигнала в данных. Вообще полевой контроль качества может выделять, определять количество, и оказывать помощь следующему:

- местоположение / сейсмика атрибут отношения
- список мертвых / перевёрнутых трасс (выстрелы, приемники, каналы)
- предварительная обработка данных
- скоростной анализ
- подборка графа обработки (установить последовательность и параметры)
- список необычных аспектов данных

Полевой контроль качества может позволять быструю обработку данных. Все эти пункты вносят вклад в более высокую производительность в обработочном центре и в более успешный результат 3-D наблюдений.

Контрольные вопросы к главе 9

1. Чем окончательный план отличаются от преплота?
2. Описать необходимые элементы файла сценария.
3. Влияет ли скроллинг - вкл. и скроллинг - выкл. на большую или меньшую кратность?
4. Когда снэйкинг (движение источников поперёк нескольких интервалов линий приёма) и движение подобное пинг-понгу используется?

Обработка

Эта глава не претендует на то, чтобы быть полной трактовкой обработки сейсмической данных; тема обработки данных полностью обсуждена у Yilmaz (1987). Скорее, эта глава представляет и кратко обсуждает некоторые проблемы обработки, которые близко связаны с 3-D съёмкой.

10.1 ОБРАБОТКА

Очень важно найти обработчика, который может эффективно проводить требуемые исследования 3-D данных. Контроль качества настолько важен, что, по крайней мере, один человек должен быть передан проверке хода обработки на многочисленных стадиях всего 3-D проекта. Большие компании могут иметь специализированную группу контроля качества вместо интерпретатора ответственного за эту процедуру. Лучший обработчик и контролёр качества должны быть объединены, чтобы достигнуть оптимального качества данных.

Системы полевой обработки сейчас настолько малы, что многие сервисные компании имеют возможность полной обработки на рабочем месте. Клиент должен сравнить преимущества более быстрого цикла обработки данных с дополнительными затратами, связанными с такими удобствами (Duncan и другие, 1996). При больших объёмах 3-D данных, нужно удостовериться в том, что полевой центр обработки может эффективно выполнять задачи. В таких случаях, полевой центр обработки может использоваться только для контроля качества, редактирования данных, или пикирования первых вступлений. Контроль качества должен быть также эффективен, как если бы данные были обработаны в условиях офиса.

Непосредственно подготовка 3-D геометрии - наибольшая задача в обработке. Некоторые обработчики оценивают время, потраченное на 3-D геометрию, как, по крайней мере, 50 % (а некоторые считают до 70 %) от общего времени обработки. Хорошие приборы контроля качества необходимы для проверки 3-D геометрии.

Чтобы избежать неожиданностей, граф обработки должен быть определен, а список расценок установлен прежде, чем начинается обработка. Большинство компаний предпочитают только ленту или CD-ROM копии для работы с данными на автоматизированном рабочем месте. Однако время от времени необходимо выполнять быструю проверку некоторых аспектов данных, и, в таких случаях, некоторая форма бумажной копии могла бы быть предпочтительна. Выделенные части объема 3-D данных могут быть выведены на бумагу или плёнку. Временные срезы данных на различных стадиях обработки - эффективные инструменты контроля качества. Необходимо наложить геометрию наблюдения на эти временные срезы, чтобы выявить вызванные геометрией признаки (съёмочные следы).

10.2 ГРАФ ОБРАБОТКИ

Навыки обработки, опыт, и применимость данного пакета программ для обработки сейсмических данных из определенной географической области - не одинаковы от одной сервисной компании к другой. Поэтому может быть применена обработка 3-D данных несколькими подрядчиками, как часть процедуры сокращения рисков (Bouska, 1998b).

Типичный граф обработки данных показан в Таблице 10.1. Первая группа пунктов представляет основной поток обработки, для которых часто предусмотрены цены за готовность к непосредственному использованию. Второй список пунктов представляет возможные добавочные услуги, за которые могут быть назначены отдельные цены. Последние три группы - минимальный набор представляемых документов (бумага, плёнка, и лента), получаемых как часть окончательной стоимости. Некоторые подрядчики могут предлагать дополнительные услуги за отдельную цену.

Должна быть подчеркнута важность правильной геодезической информации. Изменение всего на 15 м. (50 футов) всей линии или положения пункта, может иметь разрушающее воздействие на обработку всего 3-D. В отсутствии правильной геодезической информации, обработчик может продолжать использовать времена первого вступления, чтобы разместить

пункты возбуждения в их правильное пространственное положение. Однако, это требующая времени задача, которую лучше избегать.

Набор стандартных изображений 3-D наблюдения на плёнке может быть полезен даже, когда автоматизированные рабочие места используются для интерпретации. Рекомендуется, чтобы региональные изображения каждой десятой линии были доступны (также как графики исследуемой области для каждой линии или каждой второй линии), для сохранения детальной информации на бумажных носителях, которая будет необходима для определения местоположений скважин. Все эти изображения должны быть сделаны для обеих полярностей в обоих направлениях.

Таблица 10.1. Требования обработки.

Последовательность обработки (цена за выполнение всего):

- Демультимплексация и редактирование полевых данных
- Восстановление амплитуд
- Инструментальное и геофонное дефазирование
- Геометрия и анализ статики за рефракцию
- Деконволюция и настройка фильтра
- Поверхностно - согласованная деконволюция и масштабирование
- Грубый стек
- Скоростной анализ
- Автоматическая поверхностно - согласованная статика
- Промежуточные стеки
- Заключительный скоростной анализ
- 3-D урезанный стек с заключительной статикой
- FX - деконволюция
- Миграция 3-D после суммирования, один повтор

Возможные дополнения (цена за пункт):

- 3-D интерполяция
- Заимствование бинов или смешивание
- Перебинирование
- F-k подавление шума
- DMO
- Ослабление кратных (например, преобразование Радона)
- Глубинная миграция — главным образом после суммирования
- Миграция до суммирования временная или глубинная

Элементы отчётности (бумага):

- Записи выбранных выстрелов, до и после NMO
- Стеки общего выноса с изображением мьютинга
- Подбор параметров деконволюции
- Выбор параметров узких и широкополосных фильтров
- Грубый стек
- Изображения скоростного анализа (например, semblance)
- Промежуточный стек
- Заключительный стек
- Миграция

Элементы отчётности (плёнка):

- Карта местоположений источников и приемников
- Карты подповерхностных бинов и покрытия
- Миграция (например, каждая десятая линия, обе полярности, оба направления)

Элементы отчётности (SEG-Y лента):

- FX - деконволюция — нефигурованная и фигурованная
- Миграция — нефигурованная и фигурованная

10.3 СТАТИЧЕСКИЕ ПОПРАВКИ ЗА РЕФРАКЦИЮ

Времена пробега источник - приёмник (времена первого вступления) необходимы для определения статических поправок. Если такие измерения не представлены не в продольных не в поперечных направлениях, то нет никакой связи между линиями или частями линий (как в случае узких приёмных расстановок).

Короткие выносы необходимы для малоглубинной рефракции. Поэтому интервал линий приёма должен быть достаточно мал для адекватного измерения малоглубинных зон рефракции, так как маленький X_{min} необходим для определения первого слоя рефракции. Обратите внимание, что всё продольное и поперечное связывание потеряно, когда интервал линий приёма больше, чем вынос необходимый чтобы получить информацию о рефракции на малоглубинных объектах. Этот вынос показан как X_1 на Рисунке 10.1.

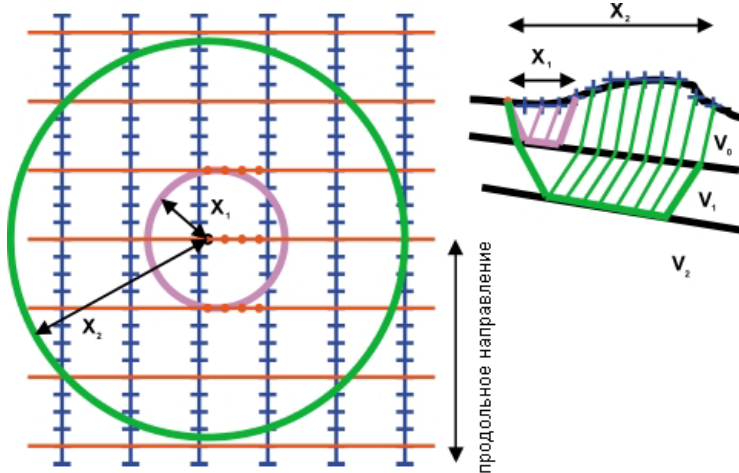


Рисунок 10.1 Критерий рефракции - план и разрез, показывающие взаимоотношение между интервалами линий и статикой за рефракцию. Сравните с Рисунком 2.17b.

Уравнения, используемые для определения скорости каждой зоны рефракции, включают пары источник - приёмник и их средние точки. В любой регулярной геометрии (прямой, кирпичной, зигзагообразной, и т.д.), эти уравнения не связаны (см. Статика Отражения ниже).

Единственный способ решить такие несвязанные уравнения состоит в том, чтобы использовать скоростное сглаживание по нескольким ОСТ. Эта техника сглаживания означает, что неопределённые длинноволновые ошибки будут присутствовать в скоростях и могут проявиться или в задержках приёма или возбуждения.

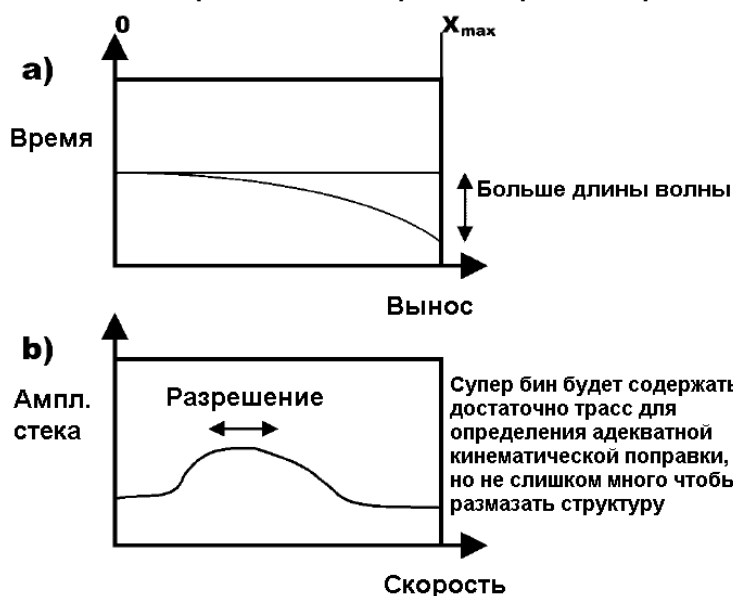
Использование узкой приёмной расстановки также представляет проблемы. Важно чтобы расстановка была достаточно широка для сбора поперечных измерений глубоких зон рефракции. Иначе, имеется мало

прямых измерений глубоких зон рефракции от любого принятого пункта возбуждения связанными приёмниками в поперечном направлении. Изменения таких зон рефракции в поперечном направлении могут быть определены только, за счёт объединения изменений между непосредственно соседними линиями приёма. Такое объединение будет почти всегда склонно к ошибке. Поэтому необходимо иметь продольные и поперечные выносы, и вдоль направления линии возбуждения и вдоль направления линии приёма, которые определяют все околоповерхностные низкоскоростные слои.

Использование узкой приёмной расстановки также представляет проблемы. Важно чтобы расстановка была достаточно широка для сбора поперечных измерений глубоких зон рефракции. Иначе, имеется мало

10.4 СКОРОСТНОЙ АНАЛИЗ

Анализ скоростей суммирования должен быть выполнен так часто как необходимости, чтобы обеспечить хорошее поле скоростей. Время от времени, скоростные исследования



выполняются каждые 500 м. в обоих направлениях, чтобы создать сетку точек скоростного анализа. При маленьких наблюдениях или наблюдениях с большей геологической сложностью, можно пожелать иметь сеть точек скоростного анализа в каждом пересечении линий. Вычисления вертикального времени пробега основаны на прямолинейной лучевой теории и приближении постоянных скоростей. Semblance анализ используется, чтобы оценить максимальную согласованность кривой кинематических поправок, которая тогда определяет функцию

Рисунок 10.2. Концепции скоростного анализа для: а. НМО и b. супер бинов.

скорости для суммирования. **Semblance** анализ не должен использоваться, когда интерпретатор ожидает **AVO** эффекты потому, что одно из основных предположений в этом анализе - то, что амплитуда сигнала не изменяется с выносом.

Иногда супербины, то есть, несколько бинов, объединённых вместе, используется, чтобы создать хорошую смесь выносов. Все выносы должны быть сгруппированы по азимутам потому, что скоростной анализ - направленное свойство наблюдения 3-D. Каждый набор выносов в каждом диапазоне азимутов

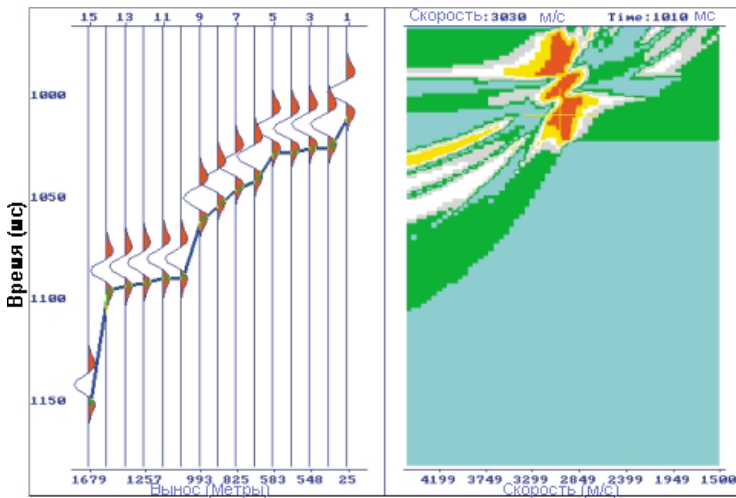


Рисунок 10.4. Скоростной анализ - концепция подбора.

данных с различными скоростями. Пример такого синтетического отражения с прослеженными

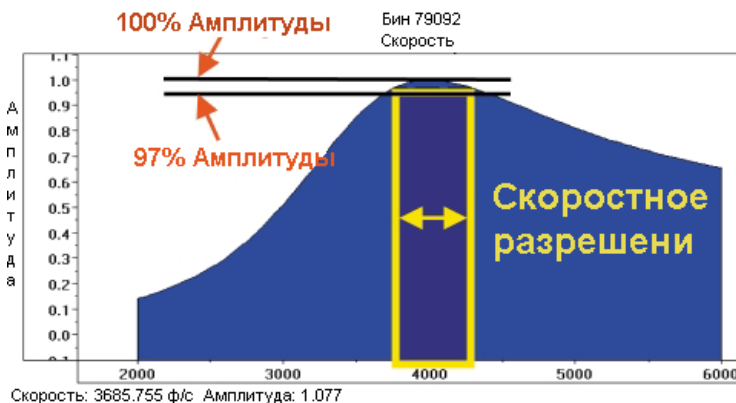


Рисунок 10.5. Определение скоростного разрешения.

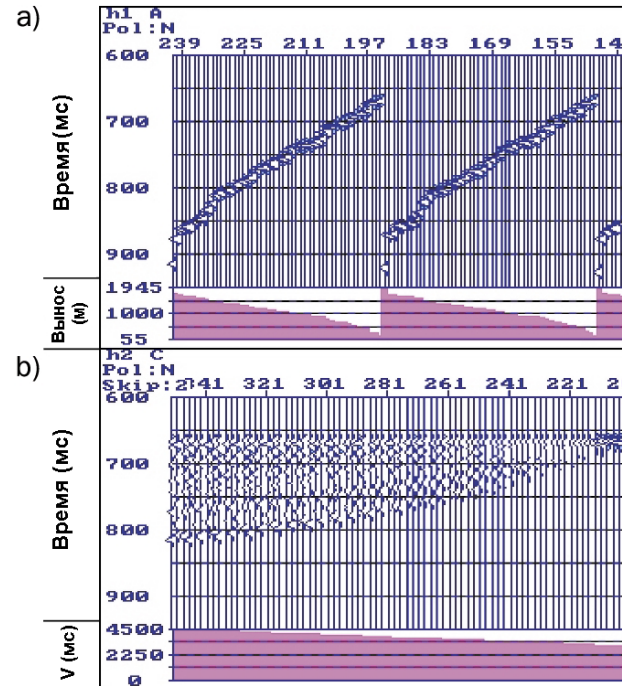


Рисунок 10.3. Несколько сейсмограмм. Одна сейсмограмма, суммированная.

лучами для фактического множества выносов поперек нескольких ОСТ реального наблюдения 3-D показан на Рисунке 10.3. Несколько трасс синтетических сейсмограмм ОСТ до ввода кинематических поправок показано на Рисунке 10.3а. Результат суммирования одной из этих сейсмограмм (трассы, принадлежащие одной ОСТ) по

должен соответственно определить кривые кинематических сдвигов (**NMO**), что означает, что изменение Δt должно превысить длину волны (Рисунок 10.2а). Нужно позаботиться о выборе достаточно маленькой супербины, чтобы не размывать геологические структуры (Рисунок 10.2b).

Скоростное разрешение для каждого бина ОСТ при реальном наблюдении может быть рассчитано за счёт создания синтетических отражений с выбранной скоростью и временем, а затем сложением синтетических

многим различным скоростям показан в нижней части изображения (Рисунок 10.3b).

Правильная скорость, разумеется, очевидна (приблизительно трасса CVS 201), но маленькая ошибка выбора все еще возможна, особенно на реальных данных.

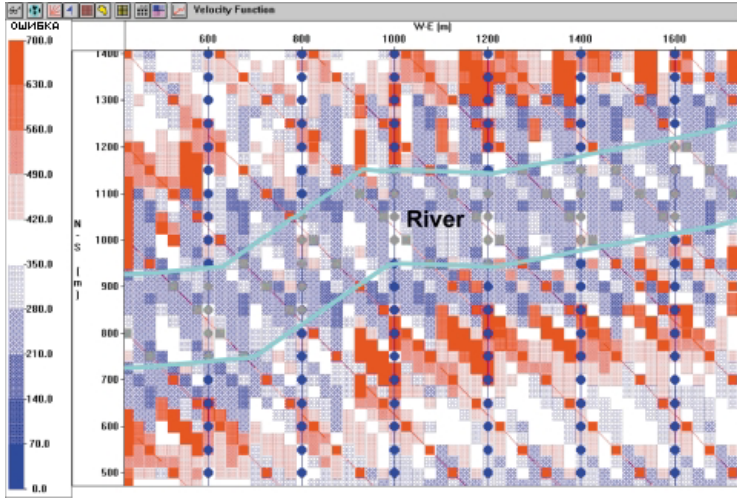


Рисунок 10.6. Распределение скоростного разрешения над исключённой зоной (река).

данных, конечно, нет такой уверенности. Эта вариация в выборе скорости (50 м./с. в этом примере) называется скоростным разрешением.

Рисунок 10.5 определяет скоростное разрешение графически. Этот график показывает максимальную амплитуду суммотрассы как функцию скорости кинематических поправок, которая применялась перед стеком. При правильной скорости, амплитуда суммотрассы достигает максимального значения. Имеется некоторая неопределённость относительно того - где точно эта максимальная амплитуда находится. Очевидно, что амплитуда суммотрассы намного ниже, когда неправильная скорость используется, либо слишком высока, либо слишком низка. Ширина кривой скорости от амплитуды на этом уровне (например, 3 % от амплитуды пика) - окончательный параметр в единицах скорости, который называется - *скоростное разрешение*. В действительности, скоростное разрешение - единственный параметр которые выражает способность множества выносов в бине ОСТ правильно фокусировать выбранную цель. Эта скоростная мера зависима от множества выносов и, фактически, является мощным индикатором хорошего или плохого распределения выносов.

Этот анализ был выполнен для предлагаемой цели и реальной геометрии 3-D со среднеквадратической скоростью 4000 м./с. и двойным временем 1.0 с. Зависимость ширина амплитуды получившегося стека от скорости на уровне 95 % выведена в цветовом представлении для каждого бина на Рисунке 10.6. В основном, хорошее сочетание выносов ведет к хорошему разрешению. Рамки скоростного разрешения в пределах от 200 до 700 м./с. вокруг целевой скорости. Изучение предыдущих данных 2-D по той же самой области может показать потенциально ожидаемое S/N, и, следовательно, соответствующий уровень неопределённости (уровень 95 % используется в этом примере) может быть определён для наблюдения. Любое недопустимое скоростное разрешение должно быть исправлено за счёт дополнения большего количества (обычно более длинных) выносов в плохие бины.

Пример на Рисунке 10.6 интересен потому, что имеется препятствие (река) пересекающее линии приёма и возбуждения. Пункты возбуждения и приёма в реке были исключены. Таким образом, было произведено воздействие на сочетание выносов в бинах ОСТ около реки. Влияние реки отражено в бинах, которые параллельны реке и размещены в пределах 200 м. с обеих сторон. В этой зоне бинов имеется более высокое значение скоростной неопределённости, указывающее на то, что обработчик сейсмический данных должен быть внимателен при выборе зон ОСТ для скоростного анализа, особенно около исключённых областей в 3-D наблюдении. В бинах, находящихся под рекой, скоростное разрешение улучшено потому, что там относительно больше дальних выносов, что помогает улучшить точность скоростного определения.

Этот факт далее подтверждается semblance анализом тех же самых данных на Рисунке 10.4. Выносы, которые записали синтетические данные в виде плоского отражения - не регулярны. В результате, выбор правильной скорости не может быть сделан с абсолютной точностью. На управляемом компьютером semblance графике, можно было выбрать отклонение скорости в 50 м./с. в любую сторону от правильного ответа и все еще удовлетворять критерию выбора максимальной амплитуды на semblance. Выбор может быть сделан по первому пику, впадине, или второму пику. В этом случае выбрана впадина. В реальных

10.5 СТАТИКА ЗА ОТРАЖЕНИЯ

На этапе обработки по вводу статических поправок за отражения, трассы каждого, или возможно большинства, бинов суммируются, чтобы сформировать устойчивую и представительную пилотную трассу для каждого бина ОСТ. Кросскорреляция отдельных трасс, которые вводятся в стек для отдельного бина, с пилотной трассой этого бина определяет величины статических сдвигов по времени, которые нужно применить к каждой трассе. Матричные вычисления отделяют статические поправки для каждого ПП и ПВ, чтобы создать то, что обычно называется поверхностно - согласованным решением.

$$T_{ijk} = S_i + R_j + S_k + \text{Ошибка скорости (если требуется)}$$

Время волны = Статика ПВ + Статика ПП + Время структуры

$$\begin{matrix} \left| \begin{matrix} \text{Геометрия} \end{matrix} \right| \cdot \begin{matrix} \left| \begin{matrix} S \\ \vdots \\ R \\ \vdots \\ G \\ \vdots \end{matrix} \right| \end{matrix} = \begin{matrix} \left| \begin{matrix} T \end{matrix} \right| \end{matrix}$$

Уравнения переопределены и зависимы, что ведёт к отсутствующим длинам волн

Гарантия увязки если:

ПВ ↔ ОСТ ↔ ПВ ↔ ОСТ ↔ Любой другой ПВ

...и также для приёмников

Рисунок 10.7. Уравнение статической поправки за отражение (поверхностно согласованное).

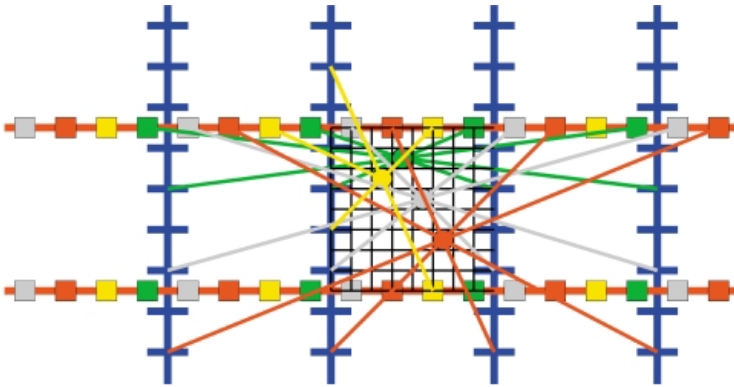


Рисунок 10.8. Статика за отражение - увязка.

вычислений управляется числом пар источник - приёмник, которые создают точки отражения в каждом бине.

Рисунок 10.8 иллюстрирует различные пары источник – приёмник, которые вносят вклад в

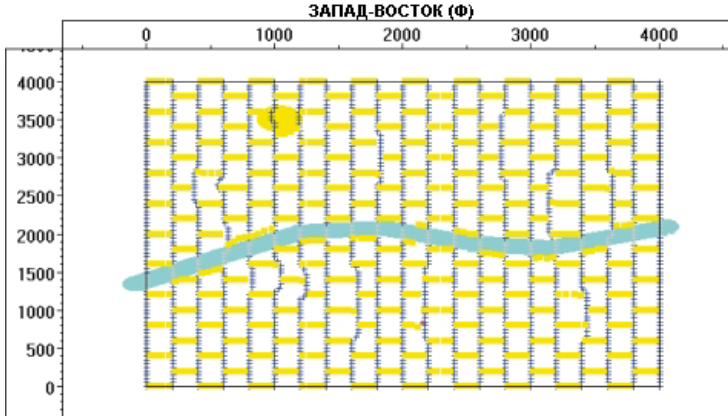


Рисунок 10.9. Нерегулярная геометрия обеспечивает увязку (искусственный пример)

Увязка статики (Wiggins и другие, 1976) подразумевает, что каждое ПП обстреливается многими ПВ и наоборот. Кросскорреляционные методы определяют временные разницы между смежными приёмниками и смежными источниками. Эти временные отличия, при умножении на обратную матрицу геометрии, обеспечивают поверхностно - согласованные статические значения на каждом ПП и ПВ. Если инверсия геометрии имеет на них пропуски, то статика неопределенна для некоторых пространственных длин волн. Абсолютные статические величины подразумеваются как сумма различных пространственных длин волн.

Возникновение пробелов обычно означает, что матрица геометрии недоопределена; то есть уравнения, которые определяют статику для некоторых ПП или ПВ - отсутствуют. Другими словами, имеются слишком мало уравнений, чтобы преодолеть потенциальные ошибки пикировки (Рисунок 10.7). Число уравнений, требуемых для поверхностно - согласованных статических

вычислений управляется числом пар источник - приёмник, которые создают точки отражения в соседние бина ОСТ. Этот пример ортогональной системы наблюдения демонстрирует, что, если пункты возбуждения 1, 5, 9, ..., вносят вклад в один бин ОСТ, то пункты возбуждения 2, 6, 10, ..., вносят вклад в следующий бин ОСТ, а пункты возбуждения 3, 7, 11, ..., в следующий бин. Это означает, что во всех уравнениях для каждой пары источник - приёмник, не будет никаких уравнений, которые связывают статику возбуждения на ПВ 1 с ПВ 2, или статику возбуждения ПВ 3 с ПВ 4. Вместо этого, ПВ 1 связан с ПВ 5 (и 9, 13, и т.д.). В этом

случае имеются четыре семейства уравнений, которые не связаны друг с другом. Отношения RLI/SI и SLI/RI определяют число семейств статических решений для приёмника и источника.

Сейчас известно (Wisecup, 1994) что все прямолинейные конфигурации с регулярным шагом (кирпичные, зигзагообразные, и т.д.) не связываемы для статики (кроме полностью заполненных 3-D). То есть имеются более одного независимого решения для статики за приёмник и источник. Для связи независимых решений вместе, Wisecup (1994) предлагает использование сглаживателей структурного элемента. Это обычно дает разумные ответы (никакого поперечного "дребезга"), но может оставлять ошибки в длиннопериодной статике и не может соответственно разрешить структурную аномалию. В Flexi-Bin® проекте, все линии возбуждения и приёма связаны, из-за неповторяющегося характера относительных положений источников и приёмников в пересечениях линий; это вызывает чередование крестообразных расстановок (см. Главу 5).

В пределе, 3-D наблюдение может быть отстрелено как ряд линий 2-D. В таком случае не имеется никакой связи решений между смежными линиями; следовательно, каждое решение может быть независимо высоким или низким. Когда большее количество линий приёма добавляется к расстановке, вводится элемент поперечного связывания, и решения проявляют большую непрерывность в поперечном направлении. Обратите внимание, что скроллинг полного прореживания (см. Главу 9) несвязан от прореживания к прореживанию, за исключением связи через пункты возбуждения. Следовательно, если имеется любая заметная статика (более 10 мс.), эта геометрия не должна использоваться потому, что статика за возбуждение неповторима от одного прореживания к следующему.

Связывание статики может быть обеспечено созданием нерегулярности в интервалах источника, приёмника, или линий (Рисунок 10.9). Другой способ - добавить линии возбуждения в приёмном направлении, а линии приёма в направлении линий возбуждения. Должно быть отмечено, что геометрия, которая хороша для статики, может не быть оптимальной для отображения. Другими словами, приповерхностное отображение, которое обеспечивает статика, не может быть окончательной целью, целью скорее является 3-D отображение подземных структур. Компромиссы, поэтому, должны всегда отдавать предпочтение подземным целям. Компьютерная программа должна использоваться для проверки каждой расстановки.

10.6 КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПОПРАВКИ С УЧЁТОМ ПАДЕНИЯ (DMO)

В то время как NMO исправляет временные задержки на вынесенных трассах, перемещая амплитуды к более ранним временам на трассе, DMO перемещает данные по падению в правильное положение, где трасса с нулевым выносом сделала бы запись наклонного отражателя (Рисунок 10.10). Миграция затем перемещает энергию в правильное горизонтальное и вертикальное подземное местоположение. Russell (1998) представил

хорошее итоговое упражнение для процесса DMO.

DMO – приложение, связанное с наклонами для частичной миграции до суммирования, сопровождаемой NMO и стеком. Hale (1984) обсуждает процесс подробно. DMO с постоянными скоростями - наиболее часто применяемый метод.

Переменный по времени DMO был описан Meinardus и (1991) Schleicher.

Эллипс DMO имеет наибольшее влияние на данные с небольшими временами и дальними выносами. Изменяющаяся поверхностная геометрии может создать амплитудные аномалии, связанные с различными сочетаниями выносов и азимутов, которые могут или не могут быть компенсированы при обработке. Трёхмерное DMO



Рисунок 10.10. Перемещение данных во время NMO, DMO и миграции (по Шерифу, 1991).

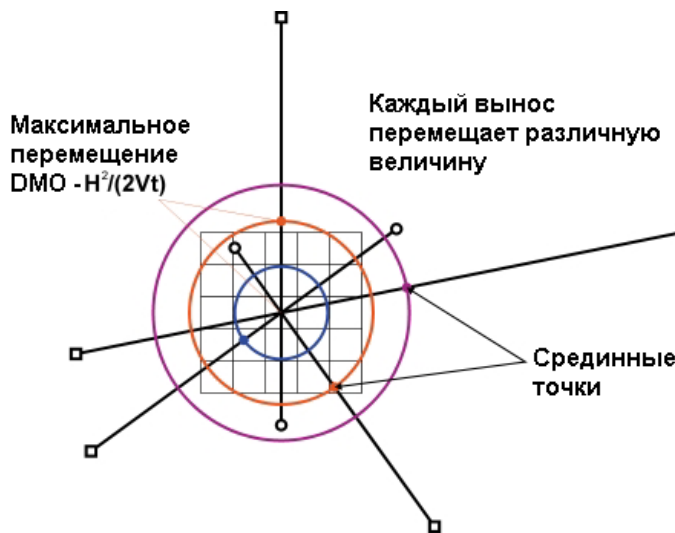
нуждается в таком большом количестве выносов какое возможно в каждом диапазоне азимутов, чтобы сформировать отражения конструктивной интерференцией. Иначе, возникает несовершенная реконструкция изображения. Это конструкция секций выносов может быть затруднена в 3-D наблюдениях из-за рассеивания срединных точек и изменений азимутов источник - приёмник. Поэтому, не все проекты 3-D обеспечивают для себя успешное применение DMO.

Пусть H будет выносом источник - приёмник, V - средняя скорость, а t - целевое время. Тогда энергия на времени t в бине ОСТ получается от всех пар источник - приёмник, которые пересекают бин, и чьи срединные точки находятся в пределах центра бина, как показано на Рисунке 10.11 (Deregowski, 1982). Кратность и число уникальных выносов в каждом бине после DMO на времени t - хорошие меры характеристики DMO. Из Рисунка 10.11,

$$\text{Радиус DMO} = \frac{H^2}{2Vt}. \quad (10.1)$$

Пример: если $V = 3000$ м./с. $H = 1000$ м. $t = 1.0$ с.
радиус DMO = 170 м. (или приблизительно 7 бинов, если $B = 25$ м.)

или если $V = 10\,000$ ф./с. $H = 3000$ футов $t = 1.0$ с.
радиус DMO = 450 футов (или приблизительно 4 бина, если $B = 110$ футов)



Другими словами, все трассы, которые имеют вынос 1000 м. (3000 футов), азимут источник - приёмник, который проходит через центральный бин, и срединную точку, которая находится в пределах 170 м. (450 футов) от этого центрального бина, внесут энергию в центральный бин. Обратите внимание, что при наклоне отражателя в 5° в этой ситуации, энергия смещается по горизонтали на расстояние 15 м., как определено уравнением:

$$\frac{H^2}{V * t} * \sin(\theta) * \cos(\theta), \quad (10.2)$$

где θ - наклон отражателя.

Рисунок 10.11. Вклады DMO в бин.

Центральный отсчёт на Рисунке 10.12 создан многими другими трассами, которые

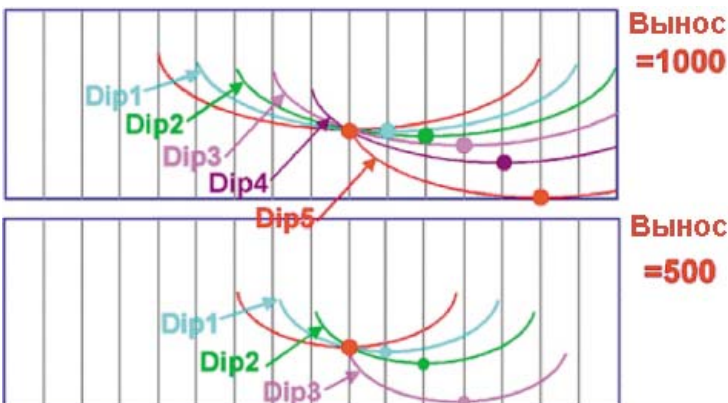


Рисунок 10.12. DMO - разложение наклона.

обеспечивают вклад энергии. Чем дальше трасса от центральной, тем круче угол падения энергии, которая вносит вклад в центральный отсчёт. Конструктивная интерференция гарантирует, что падения восстановятся (отобразятся) в их правильном положении при нулевом выносе, где имеет место суммирование, а не в положении ОСТ. Миграция после суммирования затем переместит падения в их правильное геологическое положение (ОГТ). Если трассы отсутствуют, конструктивная интерференция разрушается. Этот

эффект обычно называется геометрическим отпечатком (или съёмочным следом, см. Пункт 10.8). Бедный по геометрии проект может создавать пробелы на плане выносов, и недостаток некоторых выносов в регулярной расстановке может препятствовать процессу конструктивной интерференции для некоторых углов падения. Отсчёт на времени t восстанавливается как:

$$\begin{aligned} \text{отсчёт на времени } t &= \Sigma \{ \text{все вынесенные трассы} [\Sigma \text{ все углы падения}] \} \\ &= \text{Трассы с падением 1} (\Sigma \text{ все выносы}) \\ &\quad + \text{Трассы с падением 2} (\Sigma \text{ все выносы}) \\ &\quad + \text{Трассы с падением 3} (\Sigma \text{ все выносы}) \dots \end{aligned}$$

Пропущенные трассы на графике общего выноса не будут вносить вклад в некоторые падения. Число активных трасс вносящих вклад в каждый диапазон углов падения подсчитано. Сумма первых и вторых элементов операторов DMO в каждом положении OCT для каждого диапазона выносов также может использоваться (Jakubowicz, 1990; Beasley, 1993).

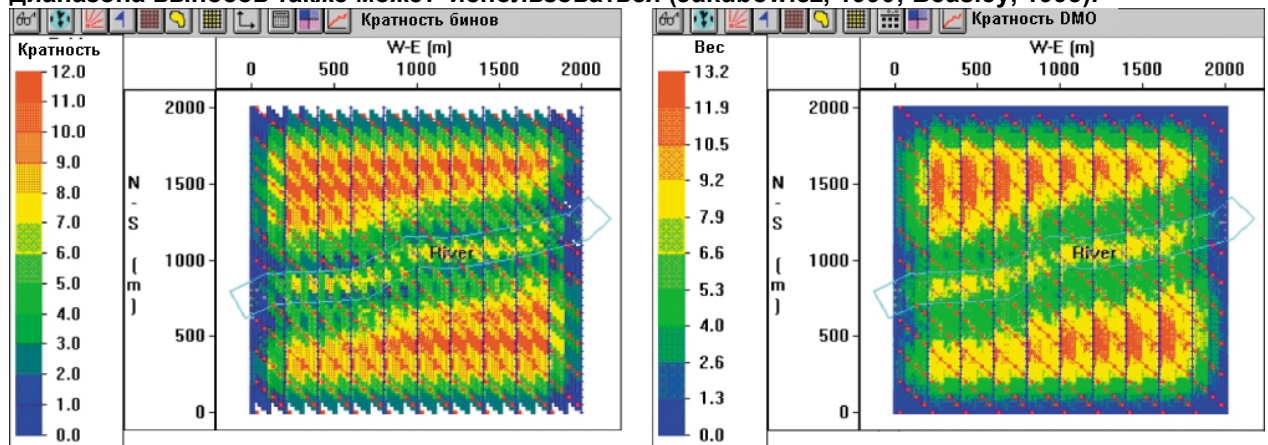


Рисунок 10.13. Кратность OCT (слева) и DMO-взвешенная кратность (справа).

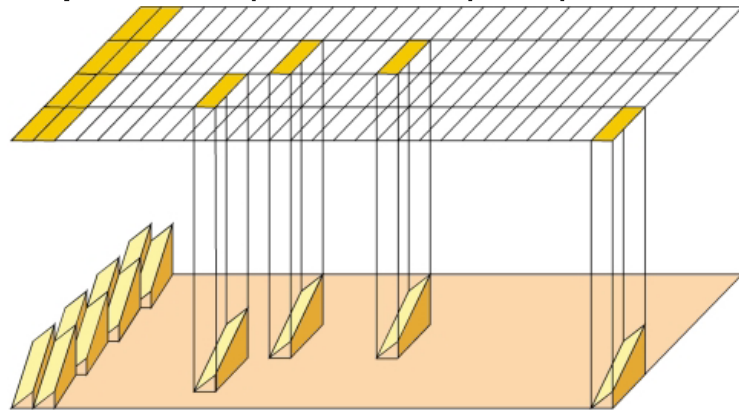


Рисунок 10.14. Псевдонаклон в каждом бине для модели DMO.

Хороший критерий конструктивной интерференции DMO - вычислить взвешенную кратность DMO в каждом бин для определенного целевого времени и скорости (Crouzy и Pion, 1993a, b). Эта взвешенная кратность DMO построена, учитывая все возможные вклады в один выходной бин OCT. Энергия от многих пар источник-приёмник, имеющих оси, которые пересекают этот бин, размазана за счёт DMO по этому выбранному выходному бину. Энергия сильнее или слабее в зависимости от того, какое расстояние она прошла по эллипсу оператора DMO. Взвешенные

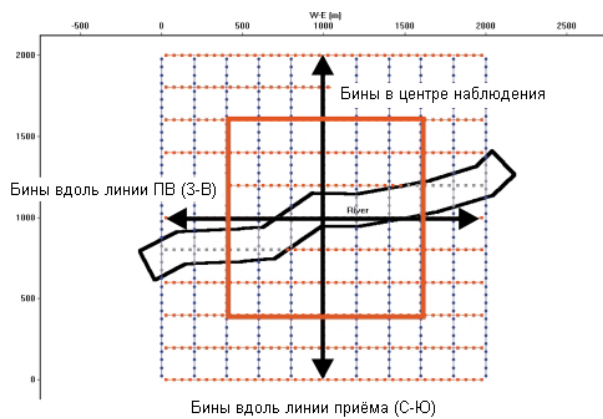
функции были изданы и дают возможность вычислять взвешенные суммы всех вкладов для любого данного бина.

Рисунок 10.13 показывает сравнение кратности срединных точек и взвешенной кратности DMO для фактической геометрии 3-D с рекой проходящей через центр наблюдения. Выделенные серым станции в центре указывают отсутствующие приёмники и источники. Увеличенный вклад дальних выносов в кратность DMO под рекой ведет к более высокой кратности DMO там, чем в бинах далёких от препятствия. Такие изменения во взвешенной кратности DMO могут вести к аномалиям в данных из-за изменений S/N , которые отображают кратность.

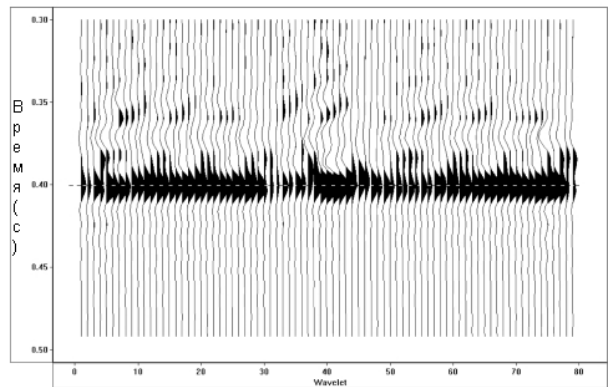
В дополнение к кратностным аномалиям DMO, которые вызывают геометрические отпечатки, как показано выше, DMO отвечает за возможность расчёта наклонных отражений, зарегистрированных различными конфигурациями. Эти характеристики демонстрируют серьезные фазовые и амплитудные изменения, указывая, что такие наклонные цели, если они представлены на реальных данных, могут показывать сильные геометрические отпечатки (Connelly и Девочку - braith, 1995). В исследовании Connelly и Galbraith, цель – псевдонаклонные отражения, где предполагается, что каждый CMP бин имеет определенное падение на указанном времени и азимуте, как изображено на Рисунке 10.14. Вычисления производились добавлением вкладов каждой пары источник - приёмник в псевдонаклонное отражение на указанное целевое время в каждом бине по всей области наблюдения. Совершенная нуль - фазовая характеристика указала бы, что отражение качественно отображено за счёт DMO в этом бине. Менее качественная характеристика указывает, что имеется недостаточное количество вкладов в наклонное отражение в этом бине.

Рисунок 10.15а показывает геометрию, где алгоритм применялся к стандартной ортогональной геометрии. Интервал пунктов возбуждения и приёма в продольном направлении - 50 м. Интервал линии возбуждения и приёма - 200 м. Расстановка - 6 линий по 32 станции на линию, дающая регулярную кратность OСТ 12. Результаты показаны для падения 45° направленного на север (то есть, ориентированного на 0° для каждой расстановки) и на времени 0.4 с. Результаты соответствуют множеству бинов OСТ по трём частям наблюдения:

- 1) вдоль центральной линии приёма (Рисунок 10.15b),
- 2) вдоль центральной линии возбуждения (Рисунок 10.15c), и
- 3) площадной вид центра наблюдения (Рисунок 10.15d).

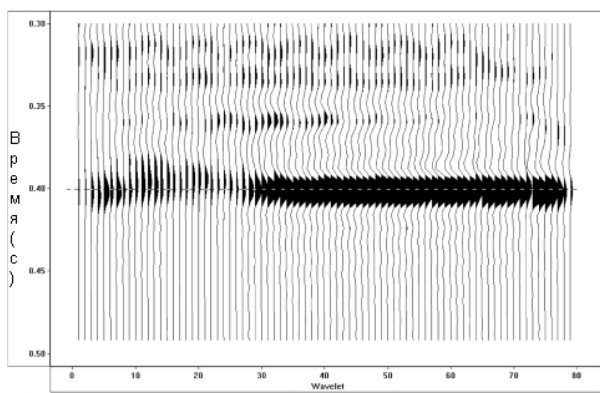


a)



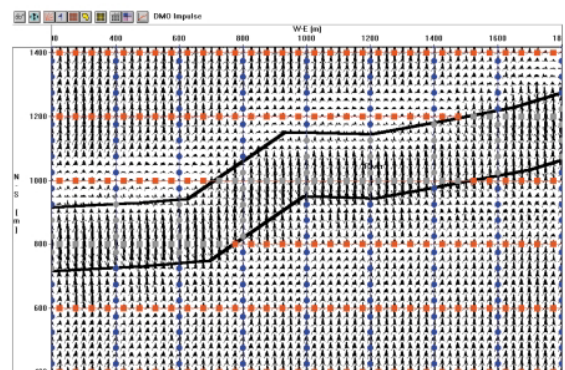
Бины вдоль линии приёма (С-Ю) - река лежит между 35 - 43

b)



Бины вдоль центральной линии возбуждения (В-З) - река лежит между 26-60

c)



Бины в центре наблюдения - река отмечена - ответный импульс укорочен до 50 мс

d)

Рисунок 10.15. а. 3-D наблюдение, показывающее DMO анализ бинов.

Ответ DMO модели:

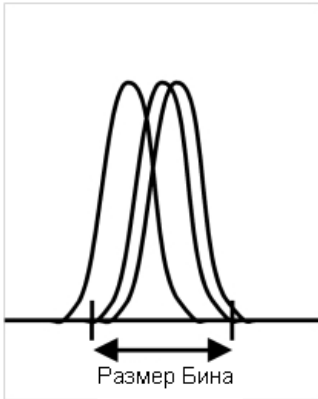
- b. вдоль части центральной линии приёма,**
- с. вдоль центральной линии возбуждения,**
- d. для всех бинов в центре наблюдения.**

Имеются существенные амплитудные и фазовые изменения указывающие, что результат процедуры DMO применённой к реальным сейсмическим данным, полученным с этой геометрией, будет иметь сильный геометрический отпечаток на любых приходящих с севера отражениях под углом 45° , близких ко времени 0.4 с. Отпечаток в этом случае главным образом вызван исключенными выстрелами и приёмниками, хотя также можно видеть изменение в результатах DMO на каждом пересечении линий возбуждения и/или приёма.

Другие примеры с разной геометрией и кратностью показывают подобные результаты. Вообще, имеются проблемы с очень крутыми падениями на малых временах и с падениями поперек узких расстановок. Эти проблемы отображения указывают на необходимость одного из двух:

- a) вычислить некоторую форму амплитудной и фазовой компенсации (обратный оператор DMO), или
- b) перепроектировать съёмочную геометрию, чтобы улучшить вклад результата DMO во все бины для желательного целевого падения и времени. Общее правило для площадных (земных) конфигураций - не использовать узкие расстановки для применения DMO.

Хотя эти исследования прямо вовлекали DMO, вероятно, другие методы отображения (например, временная или глубинная миграция до суммирования) страдают от подобных проблем, а именно, недостаточные синфазные вклады в поперечном направлении которые ведут к плохой фокусировки изображения.



- Энергия трассы распределена поперёк бина
- Какой шум подавлен кратностью?
- ▲ внешний (повторенные выстрелы или взаимообратные лучевые траектории)
- ▲ лучевая траектория (разнообразие лучевых траекторий восстановит эффективнее желаемый плоский фронт волны)

Рисунок 10.16. Суммирование - хорошая кратность против плохой кратности.

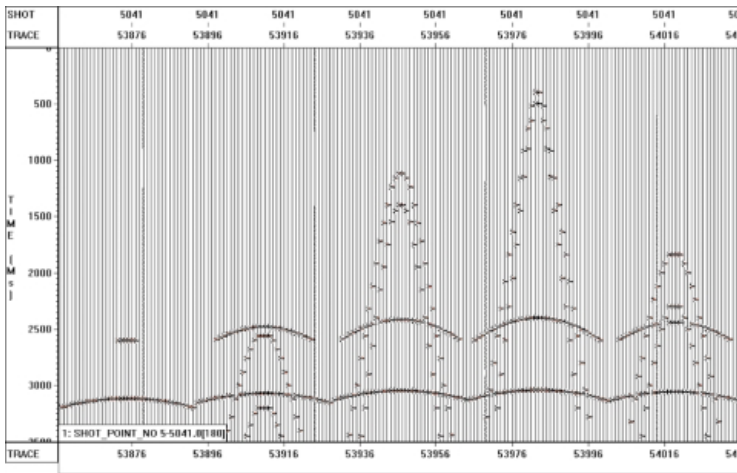


Рисунок 10.17. Суммирование и подавление шума - синтетический 3-D выстрел с отражёнными волнами и линейным шумом.

когерентный шум типа колебаний поверхности и многократно отражённой энергии будет также подавлен за счёт присутствия такого шума на разных временах на разных выносах. Если, однако, хорошего сочетания выносов не хватает, кратные, поверхностные колебания, и другой когерентный шум может присутствовать на суммотрассах ОСТ.

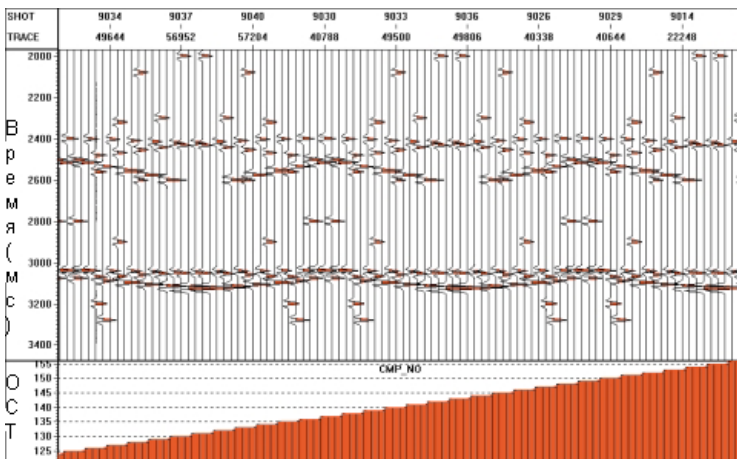


Рисунок 10.18. Суммирование и подавление шума - "сырые" сейсмограммы ОСТ.

10.7 СТЕК

Суммирование по ОСТ складывает трассы в бин ОСТ, чтобы увеличить S/N. Вопрос, "Что является Кратностью?" пронизан проблемами. Может быть хорошая и плохая кратность (Рисунок 10.16). Например, при многократном повторении пункта возбуждения для одного и того же приёмника, только окружающий (или фоновый) шум подавляется. Этот тип кратности не улучшает сигнал. Обратные лучевые траектории, где пункты возбуждения и приёмники взаимозаменены, может также классифицироваться как плохая кратность. С другой стороны, объединение трасс, где энергия движется по множеству различных лучевых траекторий - лучше. Объединение таких энергий волновых фронтов может рассматриваться как грубая версия Гюенсового вторичного суммирования по форме импульса. Этот тип суммирования может свободно классифицироваться как хорошая кратность.

Процесс суммирования подавляет высокие частоты. Вдобавок ко всему, любое размазывание срединной точки в пределах частот - фильтр низких частот. Рассеивание бина может также быть вредно для отображения наклонных структур.

Если в каждом бине ОСТ присутствует хорошее сочетание выносов то, будет подавляться не только случайный шум, но и

когерентный шум типа колебаний поверхности и многократно отражённой энергии будет также подавлен за счёт присутствия такого шума на разных временах на разных выносах. Если, однако, хорошего сочетания выносов не хватает, кратные, поверхностные колебания, и другой когерентный шум может присутствовать на суммотрассах ОСТ.

Рисунок 10.17 показывает синтетический выстрел с двумя отражениями на 2400 мс. и 3040 мс. Существует две серии линейного шума со скоростями 200 м. / с. и 250 м. / с. Используя геометрию ОГТ из реального 3-D наблюдения, можно построить синтетическую сейсмограмму ОСТ с трассами каждого бина, определенного трассами выстрела, который имеет такой же вынос. Другими словами, модель имеет плоские слои, и шум

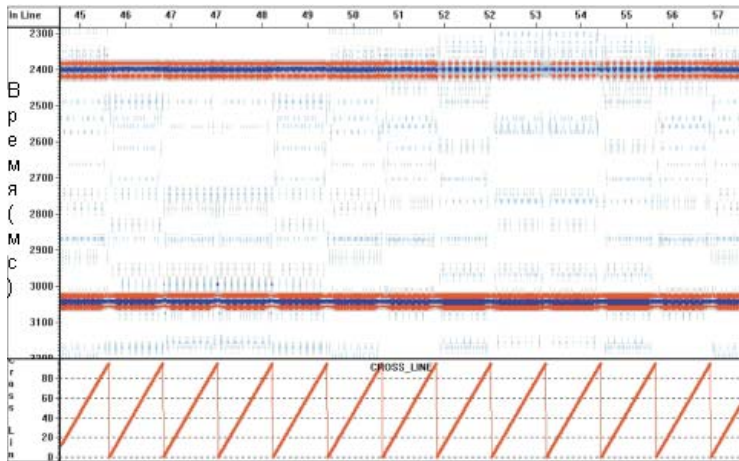


Рисунок 10.19а. Стек ОСТ для нескольких инлайнов (эквивалент одной ячейки).

обнаружить на вертикальных сейсмических разрезах. Они более очевидны на временных срезах или амплитудных картах горизонта. Известно множество факторов увеличивающих съёмочный след (La Bella и другие, 1998). Желательно уменьшить этот след так сильно как это возможно в процессе съёмки. Съёмочные следы могут быть вызваны множеством причин, типа:

- изменение отношения сигнал / шум вызванное изменением кратности от бина к бину

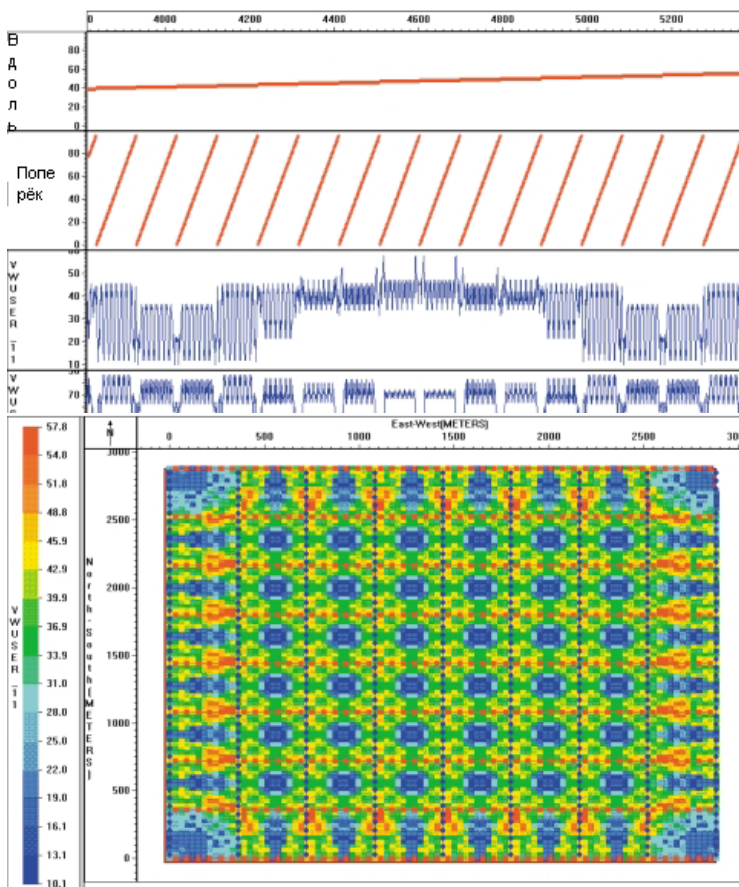


Рисунок 10.19с. Временной срез волны на времени $t = 2400$ мс с наложенной геометрией.

одинаков всюду. На синтетических сейсмограммах ОСТ Рисунка 10.18, линейный шум выглядит несколько нерегулярно из-за нерегулярного сочетания выносов в каждом бине ОСТ. Когда эти сейсмограммы ОСТ подвергнуты NMO и сложены, шум не подавлен. Кроме того, шум подавляется различными путями в зависимости от сочетания выносов в различных бинах. Первоначальный линейный шум теперь присутствует в стеке, что может накладываться или интерпретироваться как, реальные данные.

10.8 СЪЁМОЧНЫЕ СЛЕДЫ

Амплитудные аномалии, которые связаны со съёмкой, часто трудно

- суммирование линейного шума различными путями из-за изменения в распределении выносов
- энергия кратных, остающаяся после суммирования из-за изменения в распределении выносов и азимутов
- поляризация азимутов и/или выносов
- DMO которая не создаёт интерференции из-за отсутствия выносов в некоторых бинах
- шум обратного рассеяния, объединяющийся различными путями в соседних бинах из-за изменений в распределении азимутов и выносов

Рисунок 10.19а показывает стек ОСТ по нескольким инлайнам что является эквивалентом одной “ячейки”. Обратите внимание на изменения амплитуды в пределах каждого инлайна, и изменения от одного инлайна к другому. Рисунок 10.19b показывает график амплитуд отражений на времени 2400 мс. и 3040 мс. Обратите внимание на изменения. Более глубокие отражения не так подвержены шумовым отпечаткам.

Рисунок 10. 19с показывает временной срез отражения на времени 2400 мс. с добавлением истинной геометрией 3-D. Обратите внимание на то, как амплитуды временного среза согласуются с геометрией 3-D (линии возбуждения и приёма). Такие шумовые остатки после суммирования - наиболее обычная форма “ съёмочных следов ” (геометрические артефакты).

10.9 МИГРАЦИЯ И СЛУЧАЙНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

В последние годы было много статей, которые исследуют, как использовать случайную съёмку, чтобы уменьшить миграционный шум, вызванный грубой пространственной оцифровкой. Рекомендованы данные статей, изданных Vermeer (1996) и Schuster и Zhou (1996).

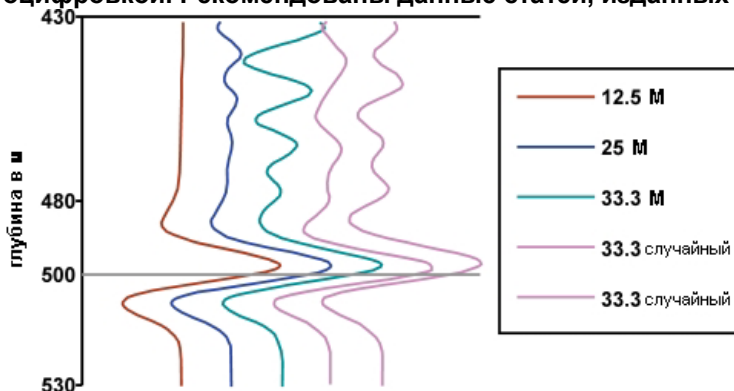


Рисунок 10.20. Влияние плотности измерений на результат миграции (по Вермееру, 1996).

(крайний левый импульс). Увеличение пространственного квантования до 33 м. производит импульс с предшествующим миграционным шумом (середина импульса). Случайные измерения со средним значением 33 м. и отклонением 11 м. в любую сторону от 33 м. представлены двумя самыми правыми кривыми. Ясно, что случайное измерение уменьшило миграционный шум.

Нужно пробовать цифровать 3-D волновые поля настолько точно насколько возможно, для уменьшения миграционного шума для формы импульса имеющего желательное разрешение. Если хорошая оцифровка невозможна, то случайная может быть эффективна. Можно достигнуть примерно желательного разрешения, и с меньшим количеством миграционного шума.

Для данных 3-D, миграция данных полученных по регулярной сети уже имеет элемент случайности потому, что процесс миграции - функция расстояния от точки входа до точки выхода. Эти расстояния нерегулярно распределены в 3-D геометрии. Компенсированный DMO может применяться к нерегулярным 3-D данным, не требуя никакой специфической съёмочной геометрии кроме только координат источника и приёмника (Beasley и Mobley, 1998).

Нет необходимости работать над достижением нерегулярности измерений в поле.

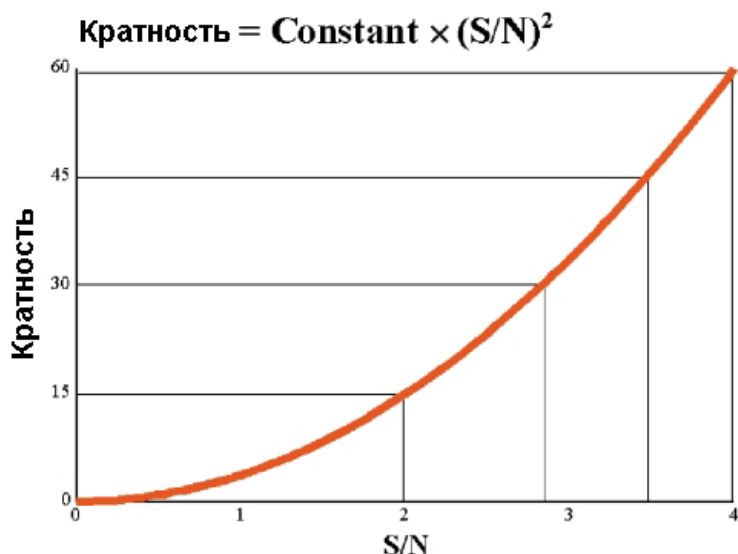


Рисунок 10.21. Кратность от отношения сигнал/шум.

Одна из наиболее интересных иллюстраций находится у Vermeer (1996). Рисунок 10.20 показывает влияние плотности измерений горизонтального отражения на пять форм импульсов, которые сформированы суммированием по дифракционной кривой через положение итогового сигнала. Входные данные - горизонтальное отражение с формой импульса соответствующей вертикальному и горизонтальному разрешению в 12.5 м. Миграция входных данных измеренных через каждые 12.5 м. даёт совершенный результат

Нормальные изменения от бина к бину в стандартных конфигурациях (ортогональная, не ортогональная, зигзагообразная, и т.д.) обеспечивают необходимую случайность. Смещённые источники и приёмники создают дополнительную степень случайности.

10.10 ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В КАЧЕСТВО ДАННЫХ

Если качество данных неожиданно низкое, интерпретатор вместе с обработчиком должны оценить совокупность данных, чтобы решить, как улучшить отношение сигнал /

шум. Существует множество возможностей. Самый простой способ улучшить S/N состоит в том, чтобы увеличить бины. В традиционном 3-D наблюдении, это обычно означает удваивание или учетверение размера бина. Последнее изменение увеличит

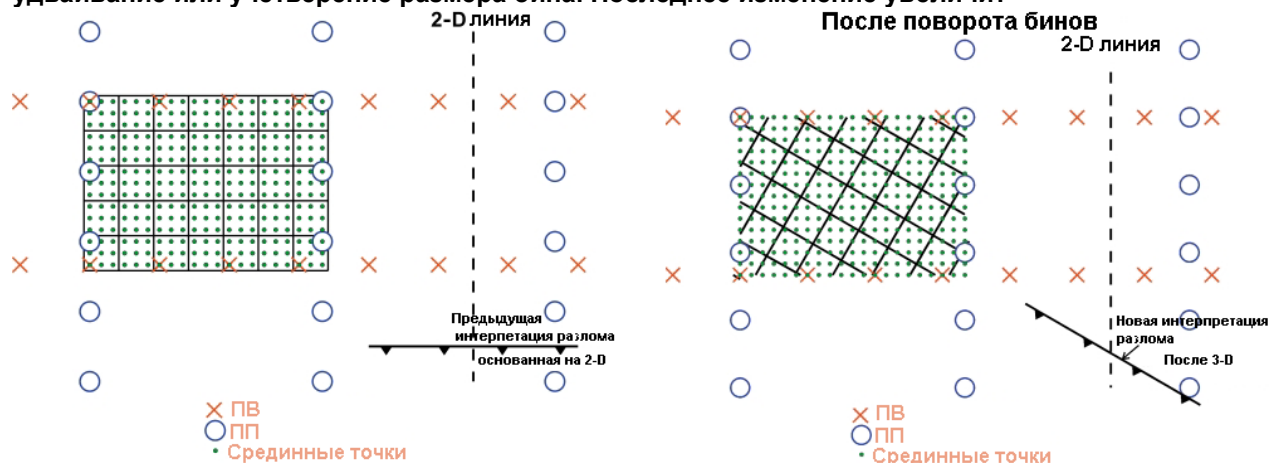


Рисунок 10.22a. Бины до поворота с предполагаемым направлением разлома.

Рисунок 10.22b. Бины после поворота с настоящим направлением разлома.

кратность в четыре раза и удвоит S/N (Рисунок 10.21). Если много избыточных выносов, или бедное сочетание выносов, увеличение S/N может быть не таким сильным, как ожидалось. Обратите внимание, что линейный шум источника - не Гаусовский, и поэтому S/N для этого шума не будет улучшаться с увеличением кратности.

Другой способ должен представлять что-то вроде заимствования информации у соседних бинов, при сохранении оригинального размера бина. Это заимствование может быть выполнено в зависимости от отсутствующих выносов или азимутов в центральном бине. Эти отсутствующие выносы могут быть добавлены из соседних бинов для увеличения кратности и, поэтому, улучшения S/N. Единственная проблема в этом подходе - большое расстояние от одного центральной срединной точки до следующей срединной точки, где получена требуемая информация. Однако данные будут казаться более гладкими и в случае чрезвычайно плохих данных, такая стратегия может сделать 3-D наблюдение интерпретабельным. Важно обратить внимание, что этот вид заимствования бинов - точно то же самое, что делает DMO. Таким образом, если DMO включён в граф обработки, то не должно быть никакой необходимости в компенсации/заимствовании бинов

При чрезвычайно плохих данных, последовательное соединение информации соседних бинов возможно сгладит данные до степени, когда проведение правильной интерпретации затруднено, из-за возможного подавления высокочастотной составляющей.

Если качество данных высоко, можно ограничить требуемые выносы и азимуты, чтобы получить хорошую выборку для каждого бина. Если распределение кратности по всей 3-D области может быть сглажено, то общее качество данных может быть столь же высоко или выше, чем первоначальной наблюдение с полной кратностью. При обычных 3-D наблюдениях нет никакого метода уменьшения размера бина, для получения лучшего пространственного разрешения. Подход Flexi-Bin® распределяет срединные точки внутри каждого бина предписанным образом. Это распределение производит суб-бины, которые могут быть суммированы в бины с маленькими приращениями размера, равного размерам суб-бина, а не кратного настоящему размеру бина. Если качество данных на пределе, то размер бина может быть увеличен; если качество данных высоко, размер бина может быть уменьшен (Пункт 5.7).

Вращение бина может потребоваться, чтобы объединиться два или более соседний 3-D наблюдения или если существенные геологические особенности проявляют неожиданные тенденции (Рисунок 10.22). Такие особенности могут включать каналы, разломы, и рифовые тренды. Рисунок 10.22a показывает расположение 3-D в соответствии с широтной ориентацией разлома, основанное только на геологии. 3-D наблюдение было произведено и показало, что фактическое направление разлома было северо-запад - юго-восток (Рисунок 10.22b). Бины были повернуты так, чтобы меньше линий бинов, пересекались разломом. Такое вращение трудно произвести в обычном 3-D наблюдении из-за центрального распределения срединных точек в пределах каждого бина. В наблюдении, где срединные точки распределены в пределах каждого бина (например, нерегулярный интервал линий, изогнутая ориентация линий,

случайная, или Flexi-Bin ®), такое изменение ориентации бинов может быть более легко выполнено.

Контрольные вопросы к главе 10

1. Предположим типичную ситуацию 3-D в исследуемой области и определим то, что можно было бы рассмотреть, чтобы был идеальный набор изображений (если любой) для неизменной записи.
2. Почему поперечный размер расстановки важен при рассмотрении статики за отражение?
3. Дайте несколько эффективных средств получения статического связывания для отражений в 3-D наблюдении.

Интерпретация

11.1 СИСТЕМЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Эта глава адресована только нескольким ключевым проблемам интерпретации. Всесторонние обсуждения предмета 3-D сейсмической интерпретации может быть найдено у Брауна (1991) и Шерифа (1992). Интерпретация - часто последний шаг в сборе и анализе сейсмических данных. Тенденция состоит в сближении интерпретатора с обработчиком и подрядчиком съёмки. Фактически, важно чтобы интерпретаторы был вовлечен во все аспекты проектирования сейсмических 3-D наблюдений, съёмки, и обработки, или, по крайней мере, они должны быть информированы относительно хода работ на этих областях. Дополнительные визуализации данных или полевые испытания могут ответить на критические вопросы при наличии связи между всеми людьми, вовлеченными через интерпретацию в 3-D проект.

Бумажные носители должны использоваться в качестве постоянной копии записи 3-D наблюдений (см. Главу 10). Тщательно отобранные распечатки - недорогой носитель для визуализации - важны для представления управлению и другим заинтересованным сторонам. Некоторые вещи человеческому глазу легче обнаружить при интерпретации бумажных разрезов, чем на автоматизированном рабочем месте. Несколько платформ программного обеспечения могут требоваться для завершения 3-D сейсмической интерпретации. Сегодня на рынке имеются многочисленные системы программного обеспечения, которые могут эффективно обращаться с 3-D наблюдениями любого размера. Для маленьких и средних площадей, могут сгодиться системы написанные на PC (например, Win Pics, Vest, Kingdom 3-D). Для больших площадей, и главным образом из-за повышенной скорости, можно выбрать одну из систем интерпретации написанных под Unix (например, Landmark, GeoQuest, или Paradigm). Выбор пакета программ интерпретации субъективен. Каждая система имеет уникальные особенности, которые могут быть хороши для специфической цели. Некоторые важные особенности должны быть рассмотрены перед покупкой программного обеспечения: простота использования, опции оконтуривания, просмотр временных срезов, прослеживание разломов, использование скважинной синтетики, 3-D визуализация, возможности анимации, способность делать произвольные разрезы через объем данных, возможности импорта и экспорта данных, слияние несколько наборов 3-D данных, и возможность обработки, типа поворота фаз или фильтрации.

Сейсмические данные могут быть показаны в многих различных форматах, типа переменной интенсивности (VI), переменной области (VA), или комбинация - переменная область и интенсивность (VIVA). Визуализация с переменной интенсивностью может использовать множество различных цветных таблиц, чтобы подчеркнуть специфические особенности. Когда горизонт пропикирован на APM, амплитуды отражений могут быть измерены одновременно, или извлечены на более поздней стадии. Некоторые пакеты программ позволяют пользователю пикировать горизонт и в вертикальной, и в горизонтальной плоскости. Пикировки могут быть показаны для каждого горизонта отдельно или вместе с другими.

11.2 КАРТИРОВАНИЕ

Геологическое картирование обычно доступна прежде, чем начинается любая 3-D интерпретация. Эти карты обеспечивают полезную структуру для 3-D геофизической картографии. Из работ с существующими 2-D или 3-D данными часто известно, какая карта: горизонта, изохрон, амплитуд, или другого параметра необходима для разведки. Следующий список - образец карт или визуализаций, которые должны быть рассмотрены (другие визуализации могут быть доступны):

- временная структура
- сглаженные сейсмические участки
- изохроны
- амплитуды
- различие амплитуд
- мгновенная частота

мгновенная фаза
временной среза
горизонтальный срез
визуализация основной информации
3-D визуализация
построение теней
построение прозрачных изображений
куб согласованности

Сглаженные карты могут разъяснять структурные и стратиграфические соотношения, представляемые объемом данных 3-D. Сглаживание должно применяться с осторожностью, во избежание уничтожения коротковолновых аномалий. Необходимо проверить различные операторы сглаживания, чтобы добиться выразительного результата. В некоторых областях окно сглаживания шириной в три трассы может работать хорошо, но в других может потребоваться окно в семь (или более) трасс. Также полезно делать разностные карты. Разностная карта - математическое вычитание первоначальной карты из сглаженной. Разностные карты подчеркивают тонкие особенности, стратиграфические детали, и аномалии, возникшие из-за съёмки.

Ручные карты могут выделять геологию более точно, чем компьютерные карты. Компьютерные карты, однако, должны делаться всегда потому, что они показывают детали, которые иначе могут быть пропущены. Картирование глубинных структур остается существенной проблемой даже с 3-D данными. Хороший скоростной анализ необходим для правильного отображения структуры. Вся доступная скважинная информация должна тщательно комплексироваться. Часто малоглубинный геологический маркер, если он имеет гладкую структуру, может использоваться как опорный объект, если он чётко определяется на сейсмограмме. Объединение изохрон целевого горизонта с функцией интервальной скорости (изменяющейся по площади) может создать точные карты изопакит. Надежные карты глубинных структур могут получаться за счёт сложения карт изопакит с картами малоглубинного опорного объекта.

11.3 ИНТЕГРАЦИЯ

Предварительно полученные 2-D и 3-D данные должны быть полностью объединены с текущими 3-D данными, геологическим и техническим контролем. Интеграция с любой доступной геологической информацией необходимо для лучшей пространственной интерпретации. Иногда, одни сейсмические карты не дают необходимую для начала бурения информацию. Однако, когда есть полная интеграция с геологией, проектированием, и управлением производством, можно существенно увеличить информативность исследований. Даже на старых площадях существенно увеличивается производительность при таком интегрированном подходе и последующем бурении.

Интеграция данных включает различные дисциплины. Геологические вводные - наиболее важны и включают структурные региональные карты и интерпретацию объёмов резервуара. Составление гидродинамических карт может существенно воздействовать на пути миграции углеводородов, и помочь определить, где на 3-D изображении могут существовать границы резервуаров. В полностью исследованных областях, вопросы относительно продуктивных пород и покрышек должны быть выяснены до рассмотрения основного 3-D наблюдения. Данные разработок могут дать ценную информацию об определении высокопродуктивных и низкопродуктивных сейсмических фаций и помочь найти участки для нового бурения. Дополнительная обработка данных, например, 3-D инверсия, преобразование время - глубина, AVO анализ, и т.д., может иногда дать информацию, которая ещё сильнее уменьшает риск бурения.

Съёмка, обработка, и интерпретация нескольких 3-D наблюдений на одной области требует осторожного планирования объединения данных, чтобы минимизировать различия между наблюдениями. При минимальных различиях, интерпретации и далее бурение имеет большую вероятность успеха. Одно такое объединение данных было предпринято в Омане и описано Ligtdag (1999). Когда в этой стране столкнулись с постоянно увеличивающимся 3-D покрытием, было предпринято крупномасштабное объединение 3-D данных. Оно состояло из трех основных шагов: (1) включение сырых трасс из предыдущих 3-D наблюдений в обработку новых; (2) включение краёв суммированных данных предыдущих 3-D наблюдений в миграцию новых данных; и (3) объединение новых и старых наблюдений при интерпретации на АРМ.

Этот мегапроект включал приблизительно 30 000 км² мигрированных сейсмических данных. Амплитудная и фазовая коррекция, определение новых опорных объектов, изменение сети наблюдения, и вращение было предпринято там, где было нужно. Кроме того, была наложена мегасеть, для унификации определения местоположений всех 3-D наблюдений. Будущие наблюдения должны быть согласованы с той же самой системой. Этот Оманский проект показал, что такая интеграция данных в одну большую опорную структуру является возможной и выполнимой, даже притом, что параметры съёмки не были согласованы по всем наблюдениям.

Региональные высокоразрешающие аэромагнитные (HRAM) наблюдения могут дополнить некоторые области 3-D наблюдений, связывая области охваченные данными с областями, где 3-D данные не регистрировались. Появление бортового аэромагнитометра увеличило использование магниторазведки для поисков нефти, газа, и полезных ископаемых с нуля в конце второй мировой войны до текущего состояния ключевого геофизического метода для открытия и очерчивания новых осадочных бассейнов и дополнительных глубинных областей в известных бассейнах по всему земному шару (Steenland, 1998). GPS навигация, полёт на малых высотах с огибанием рельефа, и современные методы анализа (Rhodes и Peirce, 1999) позволяют не только определять более глубокие структуры фундамента, но и отображать интерпретируемые магнитные источники в осадочном разрезе (Biegert и Millegan, 1998). Наблюдаемое намагничивание вдоль плоскостей разломов, обнаруженное на данных HRAM, объясняется вертикальным потоком флюидов, который вовлекает транспортировку железа в кислых водах, сопровождаемую осаждением особых железосодержащих минералов во время подъема воды, поскольку она подвергается восстановительным реакциям (Peirce и другие, 1998).

11.4 СЪЁМОЧНЫЕ СЛЕДЫ

Интерпретатор должен всегда искать съёмочные следы в данных при анализе 3-D изображений. Если имеются явные соответствия между геометрией съёмки и трендами или аномалиями на интерпретируемых картах, нужно пытаться удалять эти негеологические признаки при обработке, если это возможно.

Геометрия съёмки должна всегда быть доступна в качестве подложки любой карты интерпретации. Такая корреляция легче всего заметить на картах амплитуд и временных срезах. Так как съёмочные следы сильнее на малоглубинных разрезах и при более низкой кратности, может быть необходимо рассмотреть карты кратности на эквивалентных временных срезах, чтобы исследовать любую корреляцию между ними. При столкновении с проблемой, минимальный и максимальный вынос, уникальный вынос и уникальная кратность, также как и визуализация зоны миграции, может помочь её решить.

11.5 СЕЙСМИЧЕСКИЕ АТРИБУТЫ

Хорошее резюме и классификация сейсмических атрибутов была издана (Чен и Сидней, 1997) которая уточняет волновые и объёмные атрибуты. Примером волнового атрибута могла бы быть мгновенная частота или сила отражения, в то время как объёмным атрибутом могла бы быть когерентность в кубе как мера структурной неоднородности. Многочисленные пакеты программ позволяют одновременный показ карт нескольких атрибутов с наложением или даже в смешанном порядке.

Еххон делал попытку моделировать вероятность использования атрибутов различных 3-D наблюдений на одной площади (Льюис, 1997). Льюис указывает, что повторные наблюдения должны быть зарегистрированы в трех измерениях вместе со старыми, чтобы уменьшить искусственные признаки. Однако альтернатива вычитания карт атрибутов, измеряющих амплитуду или частоту во временном интервале наблюдения, удаляет эту потребность (см. Главу 12). Различия признаков могут упростить анализ мониторинговых наблюдений. Для выбора лучших атрибутов, которые могут лучше всего характеризовать параметры резервуара и любые перемещения флюидов предложено предварительное моделирование.

11.6 ГЕОСТАТИСТИКА

Геостатистика обеспечивает превосходный метод объединения редких скважинных данных с, измеренными по частой сети, сейсмическими данными. Вариограммный анализ может оценить пространственную корреляцию и анизотропию данных, которая помогает при интерполяции. Параметры резервуара, полученные по каротажу и/или керну, рассматриваются как истинные

первичные данные. Кригинг методы оценивают неизвестные параметры первичных данных между скважинами, отдавая предпочтение известным значениям в существующих скважинах (Тгарре и Hellmich, 1998). Вторичные данные, полученные по более плотной сети (сейсмические данные и их атрибуты), используются для управления интерполяцией в процессе кокрининга. Результат все еще отдаёт предпочтение скважинной информации с извлечением пользы из атрибутов по более плотной сейсмической сети. Так как возможно несколько решений, часто практично моделировать множество различных результатов кокрининга и вычислять среднее. Параметр и диапазоны ошибок оцениваются с большей достоверностью. Проблемы в интерпретации могут возникать, если одно из множеств данных недостаточно дискретизированно, или пространственно или просто не хватает количества измерений.

Геостатистика - проверенный инструмент объединения скважинной и сейсмической информации за счёт пространственного анализа параметров резервуара и сейсмических атрибутов. Ответственность геолога состоит в гарантии того, что результаты верно представляют данные и согласуются с геологической моделью (Hirsche и другие, 1998).

11.7 ТЕХНОЛОГИЯ ПОГРУЖЕНИЯ

Так как предмет этой книги - проектирование 3-D, соответствующим кажется обсуждать только появление истинно трехмерной области работ. Наиболее широко распространены термины - "погружённая среда" или "технология погружения". Наиболее сильное влияние было оказано пространственным ощущением, которое чувствовали при проектировании сейсмических данных на трехмерные поверхности. Многочисленные решения в большом диапазоне цен предлагались. Большие 3-D наблюдения могут гарантировать такой расход за счёт достижения увеличенного уровня совместной интерпретации.

Демонстрационные поверхности могут быть большими (в масштабе комнаты) и либо плоские, либо изогнутые. Купола (или половины куполов) могут использовать только один проектор (освещенный фронт), в то время как большие изогнутые изображения могут требовать нескольких проекторов. Квадратные шкафы, в которые можно войти (как в пещеру), освещены из вне, и данные проектируются на стены, пол, и крышу.

Искажения происходят до некоторой степени в большинстве этих систем. Выбор наиболее подходящей системы будет в значительной степени зависеть от числа интерпретаторов, которые будут работать с данными и системой, персонального предпочтения, и конечно цены.

Особые темы

12.1 ЦИФРОВЫЕ КАРТЫ И GIS ДАННЫЕ

Цифровые карты (DOMS) - новый инструмент на стадии планирования 3-D сейсмического наблюдения (Кроу, 1994). Эти карты делаются за счёт оцифровки высококачественных аэрофотоснимков проектной площади, и затем посылки команды с глобальной спутниковой навигацией (GPS) с целью записи GPS координат нескольких топологических элементов, которые могут быть зрительно определены на фотографиях. Потом цифровые данные исправляются в соответствии с GPS съёмкой, проведённой на изображённой области. Затем эти исправленные изображения могут быть переданы пакетам программ 3-D проектирования в цифровой форме, типа TIFF формата. Возможности программного обеспечения для планирования сейсмической 3-D сети позволяют интеграцию этих цифровых изображений в планирование сейсмических работ. Продольные и поперечные сдвиги могут быть установлены по изображению, чтобы обойти видимые на нём препятствия (Рисунок 12.1).

Аэросъёмка и даже аэровидеосъёмка может быть объединена с GPS и исторической информацией о площади, чтобы обеспечить чрезвычайно точную и последовательную информацию для наблюдения. GPS технология может обеспечить точность XY для отобранных контрольных точек в пределах 1 см (1/2 дюйма), в то время как Z координата определяется примерно в два раза менее точно. Исторические данные типа скважин, местоположений трубопроводов и искусственных топологических элементов должны быть объединены в 3-D проекте в максимально возможной степени. Когда эти шаги предприняты, точность базовых 3-D карт значительно увеличивается. В контексте 3-D наблюдения, такое сокращение неизвестных местоположений важно и необходимо.

DOM файлы обычно передаются в TIFF формате (или геомодифицированном TIFF), но могут также приходиться в JPEG или GIF формате. Это растровые файлы данных. Может также использоваться векторный файл.

В последние годы многие 3-D планировщики включили GIS (Географические Информационные Системы) файлы данных в процесс планирования. Такие файлы "ФОРМЫ" содержат векторные данные (многоугольники) и связанную информацию базы данных для каждого многоугольника. Многие планировщики также используют другие векторные файлы (например, файлы программы Autocad - DXF). Использование GIS может быть:

- прослеживание разрешения и информация
- информация по расчистке линии
- прослеживание повреждений
- прослеживание здоровья и требований безопасности
- статистика бурения
- статистика производства
- прослеживание вибратора
- общие вопросы GIS (например, Сколько пунктов возбуждения находятся на наклонах больше 15°?)

12.2 ПЕРЕХОДНЫЕ ЗОНЫ

Переходной зоной, как правило, называется мелкое море, озёро, болото, и речные условия. Наблюдения в переходной зоне обычно имеют проблемы, которые больше связаны с наземной, чем морской съёмкой. Смешанные источники (например, вибратор и динамит) обычно используются в чувствительных средах переходной зоны. Напротив, истинные морские наблюдения проводятся в открытом океане, где большие области могут быть охвачены судами, которые буксируют большие группы источников и несколько длинных кос.

Чем меньше переменных нужно представить при съёмке в переходной зоне, тем лучше. Один тип источника для всего наблюдения (например, динамит) предпочтительнее разнообразию источников (например, вибросейс, динамит, грязевая пушка, пневмопушка, и гидропушка). Точно так же, использование одного типа приёмника для всего наблюдения более предпочтительно (но, снова, часто невозможно) использованию наземных геофонов, болотных приёмников, и гидрофонов в соответствующих областях площади наблюдения.

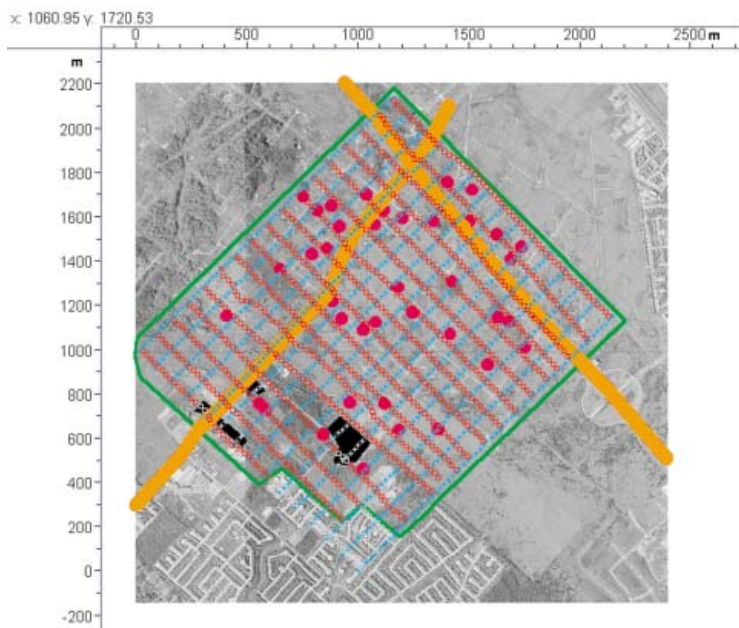


Рисунок 12.1. Трёхмерное проектирование по цифровому изображению.

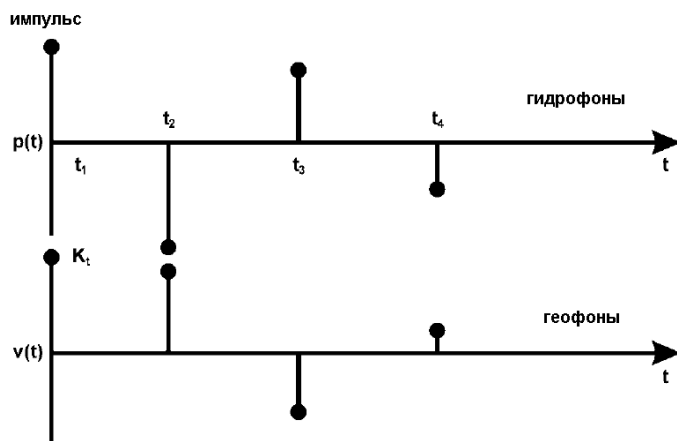


Рисунок 12.2. Сравнение отклика гидрофона и геофона. Импульсы на временах t_2 , t_3 , и t_4 - водная реверберация (по данным Barr и Sanders, 1989).

Съёмка двумя сенсорами с океаническими донным кабелем (ОВС) уменьшает эффекты волн спутников на переходных данных (Barr и Sanders, 1989), тем самым, увеличивая частотный состав. Нарисовав график реверберации в водном слое от времени для гидрофонов и геофонов (Рисунок 12.2), можно видеть, что суммирование после соответствующего масштабирования подавляет волны спутники. Многие центры обработки имеют патентованное программное обеспечение для таких целей. ОВС данные сейчас можно получать на глубинах до 2000 м.

Использование универсальной системы регистрации (типа Fairfield VOX) упрощает съёмку в переходных зонах. На мелкой воде (1-30 м.), объединенный пакет геофон/гидрофон может использоваться на каждой станции, подобно ОВС; в топких или болотистых областях могут использоваться болотные приёмники; а на сухой земле могут быть установлены обычные геофоны. Таким образом, с универсальной системой регистрации, отдельный выстрел может быть зарегистрирован во всех этих различных типах станций приёма. При съёмке желательно использовать радиоканал реального времени, чтобы упростить материально-техническое обеспечение необходимое для расстановки.

Часто разнообразие приёмников требуются для записи подходящих данных. Из-за вовлеченных переменных, испытание при наблюдениях в переходных зонах более запутано, чем при истинных наземных наблюдениях. Динамитный взрыв будет выглядеть по-разному на записях наземных геофонов и соответствующих гидрофонов. Выстрел пневмопушки также по-разному появляется на различных приёмниках.

Фазовое соответствие должно быть рассмотрено при обработке данных из различных областей наблюдения в переходной зоне. Теоретические фазовые кривые - важный руководящий принцип для обработчика. Практически, данные могут отличаться от теоретического предсказания. Фазовые различия фактически могут меняться с увеличением глубины погружения. Отличия зимней от летней съёмки должны быть рассмотрены. Зима может сделать передвижение персонала по льду более эффективным, но качество данных не может быть таким же хорошим, как в не-ледяных условиях. Лед может вызвать шум прогибания, который делает сигнал незаметным. Если вода покрыта льдом, то источники и приемники должны быть размещены ниже уровня льда. В летнюю съёмку может вмешаться индустрия туризма, но производительность может быть выше, а качество данных - лучше. Природные ограничения могут уменьшить выбор используемого оборудования и длительность сейсмической программы.

12.3 ВРЕМЕННАЯ И ГЛУБИННАЯ МИГРАЦИЯ ДО СУММИРОВАНИЯ

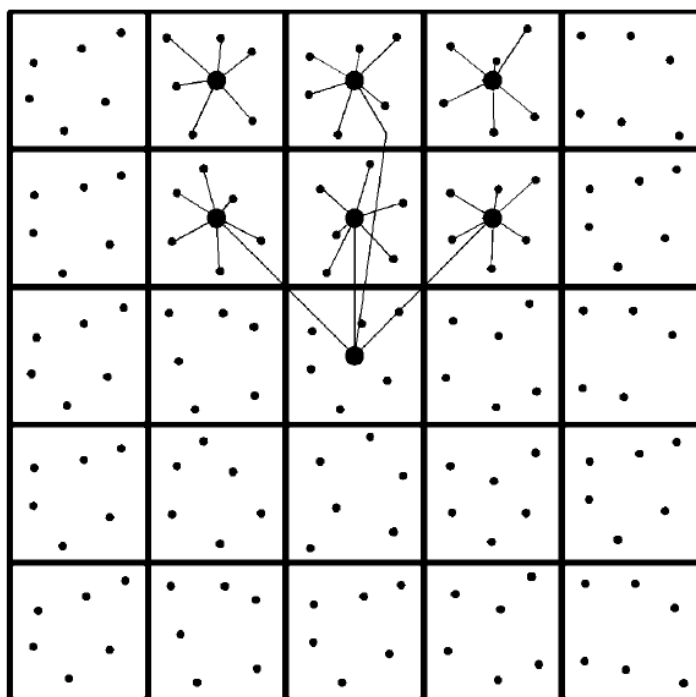


Рисунок 12.3а. Миграция после суммирования.

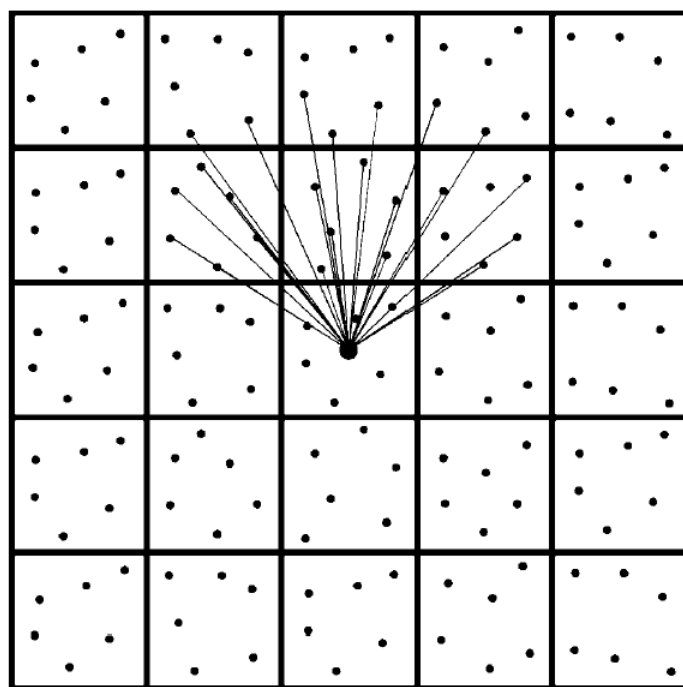


Рисунок 12.3б. Миграция до суммирования.

В средах со сложной структурой, может быть необходимо выполнить временную миграцию данных до суммирования. Точная скоростная модель не так важна как для миграции после суммирования. Во временной миграции до суммирования данные складываются после того, как миграция была применена, с целью получить более точное расположение отражателя в пространстве. Может потребоваться несколько повторений; к сожалению, два - три раза повторять миграцию до суммирования - дорого. Хотелось бы надеяться, что этот расход перевешивается дополнительной точностью, которую этот процесс обеспечивает.

Рисунок 12.3 схематично показывает различие в сложении данных при миграции до и после суммирования. В миграции после суммирования (Рисунок 12.3а) срединные точки, которые предполагаются рассеянными в пределах бина, складываются сначала в центральной срединной точке. Срединные точки, которые лежат в пределах апертуры миграции, потом можно мигрировать. В миграции до суммирования (Рисунок 12.3б), все срединные точки, которые лежат в пределах апертуры миграции, мигрируются до сложения. Разница между энергетическими вкладами миграции до и после суммирования могут быть существенна. Временная миграция до суммирования становится стандартной поставляемой услугой многих центров обработки.

Глубинная миграция до суммирования - успешное решение проблемы отображения сейсмических данных 3-D в ситуациях, где имеется серьезное латеральное изменение скорости поперек области отображения 3-D. Опыт работ по этой технологии указывает, что качество глубинного изображения чувствительно к

точности скоростной модели (Canning и Gardner, 1993).

Должны рассматриваться экономические выгоды от временной или глубинной миграции до суммирования (Schultz, 1997). Настолько ли существенны улучшения в изображении данных, что они оправдывают дополнительные затраты? Можно рассмотреть организованный подход

к отображению данных до суммирования, сравнив отдельные объемы данных после проведения миграции до и после суммирования.

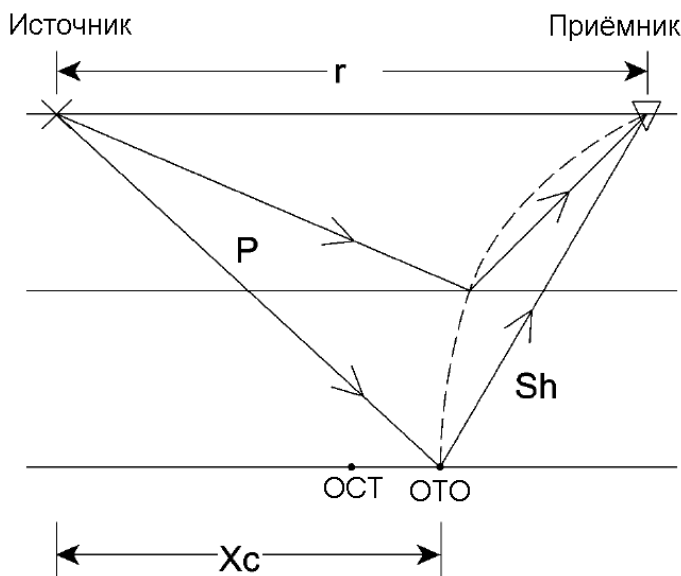
12.4 ВРЕМЕННАЯ (4-D) СЕЙСМИКА

Во временных (4-D) данных, можно найти многочисленные возможности для повышения качества. Можно не только оценить движение жидкостей в резервуаре, но временные данные могут быть объединены, чтобы дать новое понимание геологии. Hesthammer и Lokkobo (1997) продемонстрировали на данных из Северного моря, что изучение разностного куба может быть хорошей мерой относительной амплитуды сигнала, в то время как умножение карт падения может устранять шумные области наблюдения и выдвигать на первый план разломы. Использование больших абсолютных амплитуд из двух наблюдений обеспечило наилучшие данные для детальной сейсмической интерпретации, потому что непрерывность реальных отражений была увеличена, а когерентный шум был подавлен. Формула “если $|A| > |B|$, тогда A, иначе B” обеспечила особенно точное изображение. Даже прямое суммирование амплитуд, казалось лучше, чем любое множество данных отдельно. В этом примере из района Gullfaks, одинаковые параметры обработки были выбраны для всех множеств данных 3-D; различные графы обработки могут сильно уменьшить улучшения, которые были реализованы. Многие проблемы могут быть преодолены, объединением данных до суммирования, и затем обрабатывая супер - сейсмограммы.

Превосходное обсуждение темы временных данных и их использования в управлении резервуарами было представлено Jack (1997). Таблица технического риска обеспечивает объективную оценку достоинств 4-D проектов (Lumley и другие, 1997).

12.5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3-D НАБЛЮДЕНИЙ ОБМЕННЫХ ВОЛН

Трех - компонентные 3-D наблюдения полезны для обнаружения разломных резервуаров или любого другого типа геологии, где можно ожидать анизотропию свойств пород. При проектировании 3-D наблюдений обменных волн, нужно вычислить подходящий диапазон выносов, где обменные волны будут присутствовать. Общая точка обмена (ОТО), где падающая P - волна преобразуется в отраженную S - волну, не находится в срединной точке между источником и приемником. Вернее эта точка обмена удалена от источника на расстояние X_c (Рисунок 12.4) вычисляемое как



$$X_c = \frac{r}{1 + \frac{V_s}{V_p}}, \quad (12.1)$$

где r - расстояние между источником и приёмником, V_s - средняя скорость S-волн, и V_p - средняя скорость P-волн. Следовательно, область освещения зависит от отношения V_p/V_s .

Главный вопрос при 3-D проектировании на обменных волнах - как бинировать данные, которые не имеют своих точек отражения на позициях OCT. Было представлено несколько возможных решений. Вычисления кратности и бинирования во время обработки данных может быть основано на размере бина, определенного Lawton (1993):

Рисунок 12.4. Траектории обменных волн. P = продольная волна, Sh = поперечная волна.

$$B = \frac{RI}{1 + \frac{V_S}{V_P}}, \quad (12.2)$$

где RI - интервал приёма.

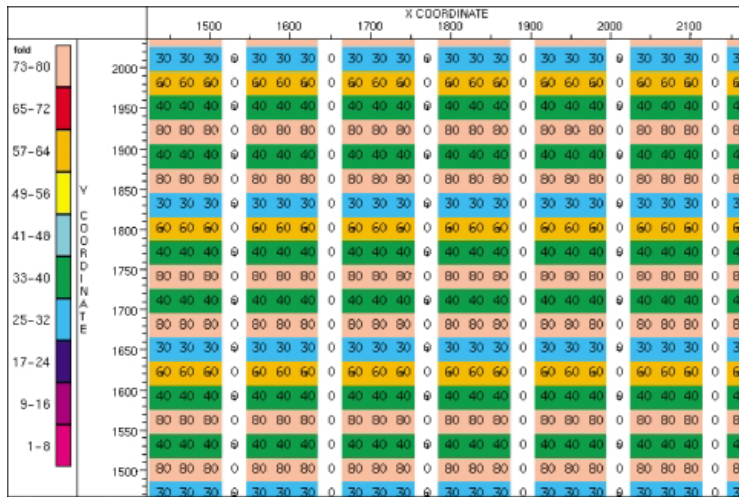


Рисунок 12.5а. Распределение кратности для обменной компоненты S волны с регулярными бинами.

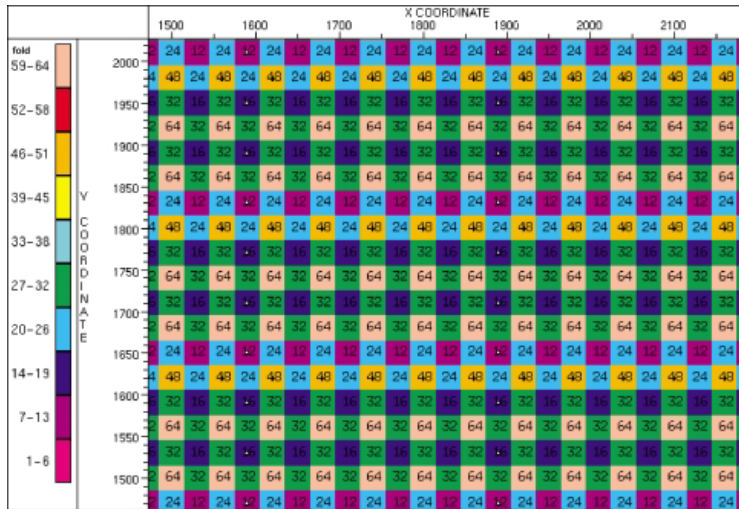


Рисунок 12.5б. Распределение кратности для обменной компоненты S волны с большими бинами.

полевою геометрию, которая производит гладкое распределение срединных точек на обычных данных волн давления и также гладкое распределение ОТО в стеках обменных волн при использовании постоянного размера бинов для обоих. Cordsen и Lawton (1996) развили такую технику планирования для 3-D наблюдения Blackfoot 3-C, снятого в проекте CREWES в 1995. В последующем обсуждении концепции этого проекта, отношение V_P/V_S принимается постоянной величиной и равной 2.0. Когда имеются существенные изменения этого отношения, распределение ОТО должно быть проверено доступным с коммерческой точки зрения пакетом программ. Обратите внимание, что вычисление размера бина и распределения ОТО в направлении линии приёма отличается от вычислений в направлении линии возбуждения.

Пример: пусть $\frac{V_P}{V_S} = 2$

тогда $X_C = \frac{r}{1.5} = \frac{2}{3} * r$,

а $B = \frac{RI}{1.5} = \frac{2}{3} * RI$.

Вышеупомянутые формулы основаны на асимптотической концепции точки обмена (Рисунок 12.4) а не на различном по глубине картировании ОТО, что было бы несколько более усложнено. Хотя V_P/V_S должно быть известно, чтобы определить размер бина, скоростное отношение неизвестно до съёмки данных. Результаты начальной обработки определяют отношение. $V_P/V_S > 1$ и обычно равно ~ 2.0 . Поэтому размер бин при обменных волнах всегда больше стандартного 3-D бина ОСТ ($V_P/V_S = 1$ вызывает нормальный размер бина равный половине интервала станций приёма RI). Если размер бина ОТО не изменен для отражения местоположения этой точки обмена, то карта распределения кратности ОТО имеет полосатое строение, возможно с промежутками (Рисунок 12.5а). Эти полосы можно уменьшить, выбрав интервал линий возбуждения равный нечетному, а не чётному, целому числу интервалов приёма. Кроме того, при увеличении размера бина как описано выше, карта кратности будет даже более гладкой (Рисунок 12.5б).

В идеале, хотелось бы найти

Распределение ОТО в направлении линии приёма может быть определено, выбрав интервал линий возбуждения согласно следующей формуле:

$$SLI = RI * i. (12.3)$$

Если i = целое чётное число, то ОТО возникают с интервалами

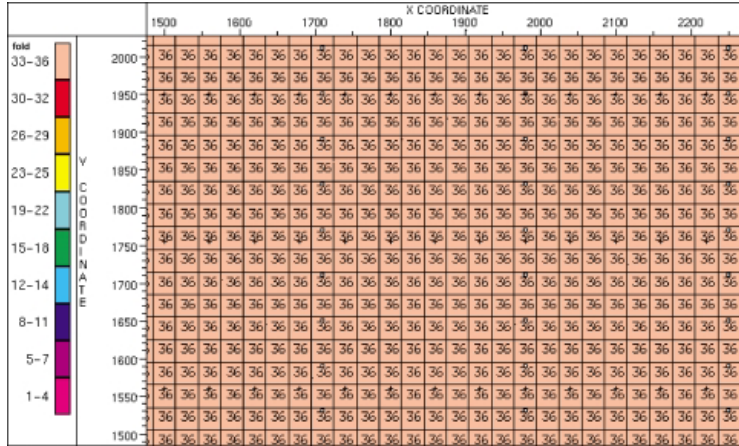


Рисунок 12.6а. Кратность Р волны и обменной S волн.

$$\frac{RI}{1 + \frac{V_S}{V_P}};$$

Если i = нечетное целое число, то ОТО возникают с интервалами

$$\frac{RI}{2 \left(1 + \frac{V_S}{V_P} \right)};$$

и если i = (целое число + 0.5), ОТО возникают с интервалами

$$\frac{RI}{4 \left(1 + \frac{V_S}{V_P} \right)}.$$

Распределение ОТО в направлении линии возбуждения может быть определено, выбрав интервал линий приёма согласно следующей формуле:

$$RLI = SI * j. (12.4)$$

Если j любое целое число, то ОТО возникают с интервалами

$$\frac{SI}{2 \left(1 + \frac{V_S}{V_P} \right)};$$

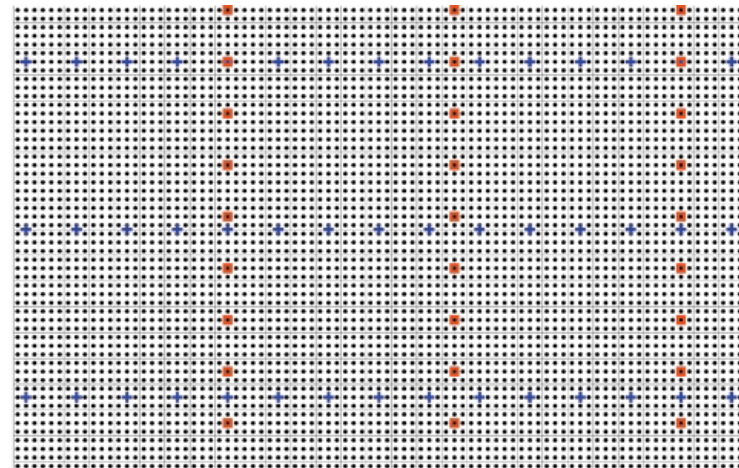
Если j = (целое число + 0.5), то ОТО возникают с интервалами

$$\frac{SI}{4 \left(1 + \frac{V_S}{V_P} \right)};$$

и если j = (целое число + 0.25), то ОТО возникают с интервалами

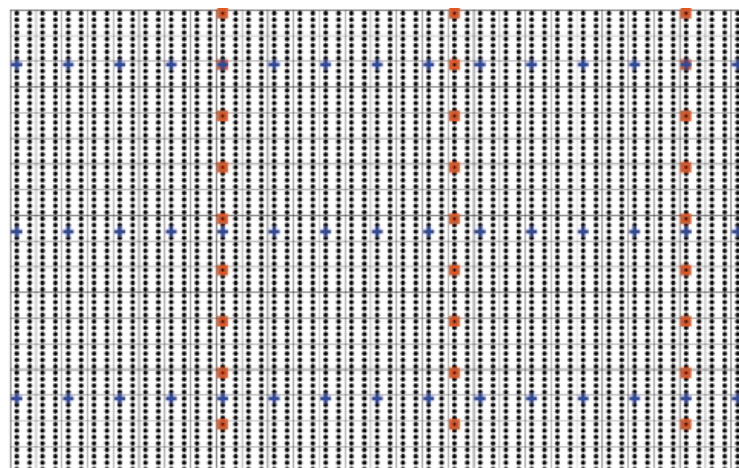
$$\frac{SI}{4 \left(1 + \frac{V_S}{V_P} \right)}.$$

Рисунок 12.6а показывает чётное (и идентичное) распределение кратности, выполненное для стеков и волн сжатия, и обменных волн, используя отношения i = (целое число + 0.5) и j = (целое число + 0.25). Параметры съёмки были



RLI 195м SLI 270м асстановка 12x54

Рисунок 12.6b. ОТО обменных S волн.



RLI 195м SLI 270м расстановка 12x54

Рисунок 12.6с. ОСТ продольных волн.

следующими (Cordsen и Lawton, 1996):

Интервал приёмников	60 м.
Интервал источников	60 м.
Интервал линий приёма	195 м.
Интервал линий возбуждения	270 м.
Расстановка	12 * 54 канала

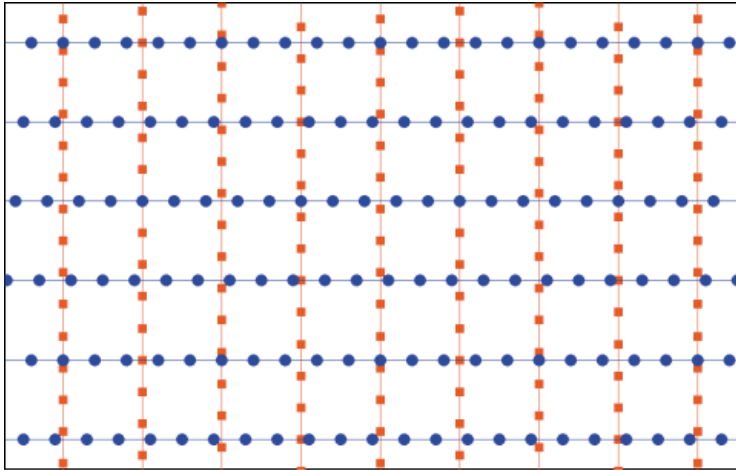


Рисунок 12.7. Разупорядочивание положений станций и линий для съёмки обменных волн.

или станций, Flexi-Bin (как в вышеупомянутом примере) и/или линии в шахматном порядке (Рисунок 12.7), не ортогональное или полностью случайное положение станций (см. Пункт 5.14). Разупорядочивание, влияющее на распределение срединных точек, создает гладкое распределение кратности, которое почти не зависит от отношения V_p/V_s .

Вермеер (1999b) указывает на асимметричное освещение съёмки на обменных волнах и делает заключение, что параллельные конфигурации - гораздо лучше, чем ортогональные конфигурации. С другой стороны, параллельные конфигурации могут не подходить для обнаружения и анализа эффектов, зависящих от азимута.

Графы обработки данных 3-D с обменными волнами все еще находятся в стадии исследований, и нужно достаточно хорошо знать процедуры проектирования и обработки, чтобы использовать преимущество дополнительной информации, полученной при трех-компонентной записи данных. Обработка 2-D данных с обменными волнами, подробно обсуждена у Хаузера (1991). Данные обменных волн имеют изменяющуюся амплитуду на дальних выносах. Эти амплитудные изменения могут интерпретироваться как AVO эффекты только, если изменения в коэффициентах отражения обосновано принимаются за приближение лучевых траекторий к критическому углу.

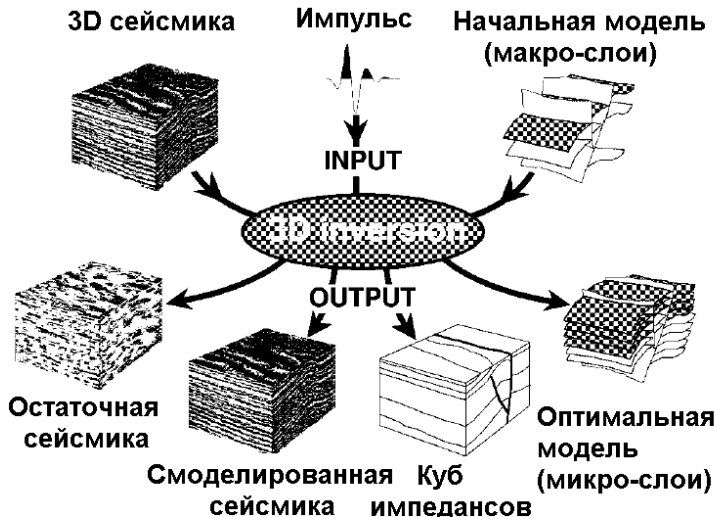


Рисунок 12.8. Входные и выходные данные 3-D инверсии (Duboz и другие, 1998).

Рисунок 12.6b показывает распределение ОТО для стеков обменных волн при использовании отношения V_p/V_s равного 2.0. Для стека обменной волны ОТО расположены по сети 10 * 10 м. Для стека волны сжатия, срединные точки располагается по сети 7.5 * 15 м. (Рисунок 12.6c). Обе эти сети, как это показано, позволяют проводить суммирование по большему размеру бина 30 * 30 м.

Иногда трудно понять изменения отношения V_p/V_s до съёмки. В таких обстоятельствах может возникнуть желание ещё более разупорядочить местоположения станций, используя один или более из следующих методов: меньший интервал линий

12.6 3-D ИНВЕРСИИ

Используя технологию инверсии, можно лучше понять различные влияния, которые оказывают на характеристику сейсмического отражения изменения толщины и импеданса стратиграфических единиц. Трёхмерная инверсия может также обеспечить дополнительную перспективу распределения пористости, если известна литология. 3-D куб импедансов, в дополнение к обычному объёму сейсмических данных, может

приносить пользу интерпретации 3-D и характеристике резервуаров (Duboz и другие, 1998). Могут быть определены тонкие слои, которые трудно найти на входных сейсмических 3-D данных (Рисунок 12.8). Это знание чрезвычайно полезно при планировании траекторий горизонтальных скважин.

Некоторые важные проблемы обработки данных, которые должны быть рассмотрены для вычислений инверсии - следующие:

- 1) Истинные амплитуды отражения должны использоваться в графе обработки.
- 2) Версия стеков данных с короткими выносами должна быть сделана, чтобы избежать AVO эффектов.

Скважинные привязки чрезвычайно важны для 3-D инверсии. Начнём с оценки формы импульса на нескольких выбранных трассах около скважинных привязок. Опыт показал, что приблизительно 20 % скважинных привязок могут выдавать странные формы импульса. Важно рассмотреть среднюю пригодность всех скважинных привязок перед окончательным определением фазы и настройкой данных 3-D. Если имеется хорошее объяснение фазовым изменениям импульса, наблюдаемого по области, должна быть применена интерполяция, для создания гладкого фазового перехода по всей области 3-D изображения.

Так как импеданс оценивается по инверсии, скважины, которые имеют и звуковой, и плотностной каротаж, лучше всего подходят для калибровки результатов инверсии. В 3-D наблюдениях, в которых использовались разнообразные источники, перед попыткой применить инверсию нужно выполнить фазовое согласование источников. Отсутствия этой процедуры приведёт к неправильной инверсией потому, что фазовые связи могут быть более беспорядочны, чем в наблюдении, где только один источник использовался. В идеале одни и те же скважины, или одинаковый каротаж, должен использоваться для связи различных источников в наблюдении для определения оператора фазовой поправки.

12.7 БУДУЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Новые полевые аппаратные средства откроют возможности для новых методик расстановок. В частности некоторые методики позиционирования (GPS) и бескабельные системы (телеметрия) будут означать большую гибкость в размещении пунктов приёма. Маловесные, твёрдые, трёхкомпонентные геофоны позволяют развертывание намного большего числа геофонов, чем возможно сейчас.

С помощью нового программного обеспечения, помогающего анализировать требования обработки, можно будет экспериментировать с методиками, которые используют некоторые из этих новых приёмных расстановок, и поэтому возможны различные расстановки источников. Такие исследования могут определить факторы, которые приведут проектирование наблюдения к оптимальным пределам разрешения, и также сэкономят время и деньги.

Новый метод анализа резервуаров связан с кубами настройки (Partyka и другие, 1999). Это кубы 3-D данных, пространственные и временные координаты которых ограничены исследуемой зоной и областью (ограничены пикировками горизонтов). Данные 3-D преобразованы из временной в частотную область, используя дискретное Фурье преобразование. Это спектральное разложение позволяет рассматривать данные в виде частотных срезов, выдвигая на первый план тонкие слои и геологические нарушения.

Техника, называемая прослеживанием минимальных объёмных элементов (voxel) стала доступной с появлением объёмного воспроизведения и визуализации. Voxel - "элемент объёма", то есть, в 3-D сейсмических данных это отсчёт. Прослеживатели объёмных элементов следуют по трехмерной траектории из начального отсчёта по объёму данных (Dorn, 1998).

Будущие направления, по которым сейсмическая 3-D технология может пойти, могут быть описаны в терминах задачи, которая должна быть решена и инструментов, которые будут доступны, для решения этой задачи.

Задача: Удовлетворить или превзойти геофизические требования (разрешение) по более низкой стоимости.

Инструменты:

Новые технологии съёмки

- Новые методики расстановки
- Легкие многокомпонентные геофоны (твердые)
- Телеметрия
- GPS
- 3-К регистрация
- 9-К регистрация
- Временная (4-D) регистрация

Новые методы обработки

- Улучшенный скоростной анализ
- Временная миграция до суммирования
- Глубинная миграция до суммирования
- 3-К обработка
- Временная (4-D) обработка

Новые методы интерпретации

- 3-D AVO и AVA
- Геостатистика
- Контроль резервуаров
- Атрибутный анализ
- Кубы когерентности
- Кубы настройки
- Прослеживание объёмных элементов
- Сенсорные системы обратной связи:
 - Видение (технология погружения)
 - Контакт (обратная связь при прикосновении)
 - Звук (озвучивание данных)