

# **ВЛИЯНИЕ ШАГА ПУНКТОВ ПРИЁМА НА КАЧЕСТВО ДАнных И ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ В 3D НАЗЕМНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

Код УДК:550834

## **Сведения об авторах**

Эшмирзаев Жахонгир Умиддила угли

Супервайзер

ООО «Нефтегаз инжиниринг»

Танирбергенов Кудайберген Кенесбай улы

Базовый докторант Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова

## **Аннотация**

В статье исследуется влияние шага пунктов приёма на качество данных 3D наземной сейсморазведки в нефтегазовой отрасли Узбекистана. Анализируется, как изменение плотности приёмной сети отражается на дискретизации волнового поля, уровне шумов, кратности и разрешающей способности. Показано, какие искажения возникают при обычном шаге и как оптимизация шага улучшает результаты ключевых этапов обработки — от шумоподавления до миграции. Работа формирует практические рекомендации по выбору оптимального шага пунктов приёма для повышения точности геологических данных.

# **INFLUENCE OF RECEIVER POINT SPACING ON DATA QUALITY AND PROCESSING WORKFLOWS IN 3D LAND SEISMIC EXPLORATION FOR THE OIL AND GAS INDUSTRY**

UDC Code: 550834

## **Author Information**

Eshmirzaev Jahongir Umiddila ugli

Supervisor «Neftegaz Engineering LLC»

Tanirbergenov Kudaybergen Kenesbay uli

Basic Doctoral Student, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov

## **Abstract**

The article examines the influence of receiver point spacing on the quality of 3D land seismic data in the oil and gas industry of Uzbekistan. The study analyzes how variations in receiver network density affect wavefield discretization, noise levels, fold of coverage, and resolution. It identifies distortions that arise with conventional spacing and demonstrates how optimizing the spacing improves key processing stages — from noise attenuation to migration. The work provides practical recommendations for selecting the optimal receiver point spacing to enhance the accuracy of geological data.

## **1. Введение**

Развитие нефтегазовой отрасли невозможно без применения высокоточной 3D наземной сейсморазведки, которая обеспечивает

наиболее информативный метод изучения глубинного строения земной коры. Современные технологии обработки и интерпретации позволяют получать детальные изображения сложнопостроенных структур, однако их качество напрямую зависит от качества исходных сейсмических данных. Последнее определяется параметрами полевых наблюдений — конфигурацией источников и пунктов приёма, шагом и густотой сетки, характеристиками регистрирующих систем.

Одним из ключевых параметров является шаг пунктов приёма (receiver spacing). Правильно выбранный шаг обеспечивает корректную дискретизацию волнового поля, минимизирует проявление пространственного алиасинга, повышает эффективность подавления кратных волн и улучшает точность миграции. Несмотря на большое количество исследований по параметрам наблюдений, проблема оптимизации шага пунктов приёма остаётся актуальной, особенно в контексте современных высокочастотных возбуждений и сложных геологических условий.

## **2. Актуальность исследования**

Шаг пунктов приёма представляет собой один из наиболее критичных параметров полевых наблюдений. Он определяет:

- плотность пространственной выборки волнового поля;
- степень искажения формы волновых фронтов;
- качество спектрального содержания данных;
- чувствительность к высоким частотам и малым углам прихода волн;
- возможности современных алгоритмов миграции и построения скоростных моделей.

### **2.1. Проблемы, возникающие при неправильном шаге**

1. **Пространственный алиасинг** — при слишком большом шаге высокочастотные компоненты искажаются и накладываются друг на друга.
2. **Ухудшение фильтрации** — помехи и кратные волны хуже подавляются при грубой дискретизации.
3. **Потеря разрешения** — крупный шаг снижает горизонтальную и вертикальную разрешающую способность миграции.
4. **Ошибки скоростного анализа** — крупный шаг ухудшает определение moveout и корректного подбора скоростей.
5. **Повышение стоимости** — слишком мелкий шаг приводит к неоправданному росту бюджета, не всегда улучшая данные.

## 2.2. Актуальность темы

Современные тенденции в нефтегазовой сейсморазведке требуют:

- увеличения частотного диапазона;
- получения достоверных изображений сложных зон (трещиноватые коллектора, соляные структуры);
- повышения точности FWI, RTM и других высокоточных методов;
- оптимизации стоимости крупных 3D проектов.

Оптимизация шага пунктов приёма становится фундаментальной задачей, особенно при использовании модульных регистраторов (nodal systems), позволяющих гибко варьировать схему наблюдений.

## 3. Теоретические основы

Шаг пунктов приёма (ПП) — один из ключевых параметров системы наблюдений, определяющий пространственную дискретизацию сейсмических данных. От выбора шага зависит качество записи волнового

поля, уровень пространственной дискретизации, подавление альясинга, способности к последующей миграции и устойчивость к шумам.

### 3.1. Дискретизация и теорема Найквиста–Шеннона

Сейсмическое поле, регистрируемое на поверхности, является пространственно-временным сигналом. Для его корректного восстановления необходима дискретизация с шагом, соответствующим требованиям теоремы Найквиста:

$$\Delta x \leq \frac{\lambda_{min}}{2}$$

где

- $\Delta x$  — шаг пунктов приёма,
- $\lambda_{min} = \frac{V}{f_{max}}$  — минимальная длина волны.

Если шаг ПП превышает требуемый, происходит **пространственный альясинг**, приводящий к искажению высокочастотных отражений, потере разрешения и появлению артефактов при миграции.

### 3.2. Пространственный альясинг

Альясинг проявляется как:

- смещение энергии в неверные волновые числа;
- искажение дип-углов отражённых волн;
- ложные наклонные события;
- ухудшение фокусировки при глубинной миграции (PSDM, RTM).

Для подавления альясинга шаг приёма должен удовлетворять не только длине волны, но и углам падения:

$$\Delta x \leq \frac{V}{2f_{max} \sin \theta}$$

где  $\theta$  — максимальный угол падения отражённой волны.

На практике при наземной 3D сейсморазведке выбирают шаг **50 м**, но шаг 10–25 метров обеспечивает более корректный приём энергии на частотах 40–80 Гц.

### **3.3. Влияние на разрешающую способность**

Мелкий шаг ПП:

- повышает латеральное разрешение,
- улучшает изображение тонких объектов (линзы, разломы),
- снижает боковые хвосты волнового поля,
- стабилизирует результаты миграции (особенно RTM, Kirchhoff).

Крупный шаг приводит к:

- сглаживанию отражающих границ;
- ухудшению дип-резолуции;
- снижению точности определения геометрии структур.

### **3.4. Влияние на систему наблюдений 3D**

В 3D съёмках шаг ПП вместе с шагом пунктов возбуждения определяет:

- плотность трасс,
- fold (кратность перекрытия),
- распределение оффсетов и азимутов,
- равномерность покрытия СМР-бинов.

Чем меньше шаг ПП, тем:

- более равномерно заполняются бины;
- улучшаются азимутальное освещение и оффсетное распределение;
- повышается точность AVO/AVAZ анализа;
- улучшенные условия для FWI и RTM.

### **3.5. Компромисс между качеством и стоимостью**

Слишком мелкий шаг:

- увеличивает количество каналов,
- повышает объём данных,
- требует более дорогого оборудования и обработки.

Поэтому в практике ищут оптимальный шаг, который минимизирует альясинг при приемлемых затратах.

### **4. Анализ волнового поля на примере Устюрта**

- Исходя из современных требований на изучение более глубоких залегающих растёт и требование к обрабатывающим комплексам, где применение глубинной миграции становится необходимым. Но данный метод миграции в свою очередь нуждается в высокой точности скоростной модели. Если учитывать геология Устюрта, то она осложнена наличием солей, трещиноватых коллекторов и наклонных слоев что можно увидеть на предварительном разрезе (рис. 1)

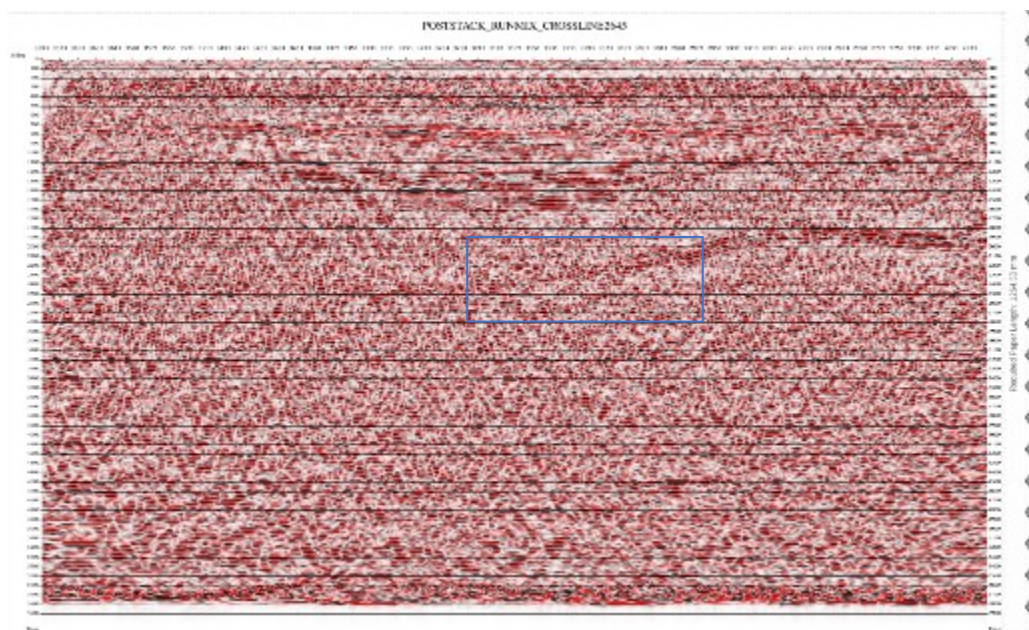


Рис. 1 Предварительный разрез

- Также на полевых материалах выявляются сложные разломные зоны (рис 2) что может быть потенциальным месторождением, но учитывая что почти все сейсморазведочные работы проводятся с шагом 50 метров для пунктов приема мы сталкиваемся с проблемой при создании скоростной модели для таких глубоко залегающих горизонтов.

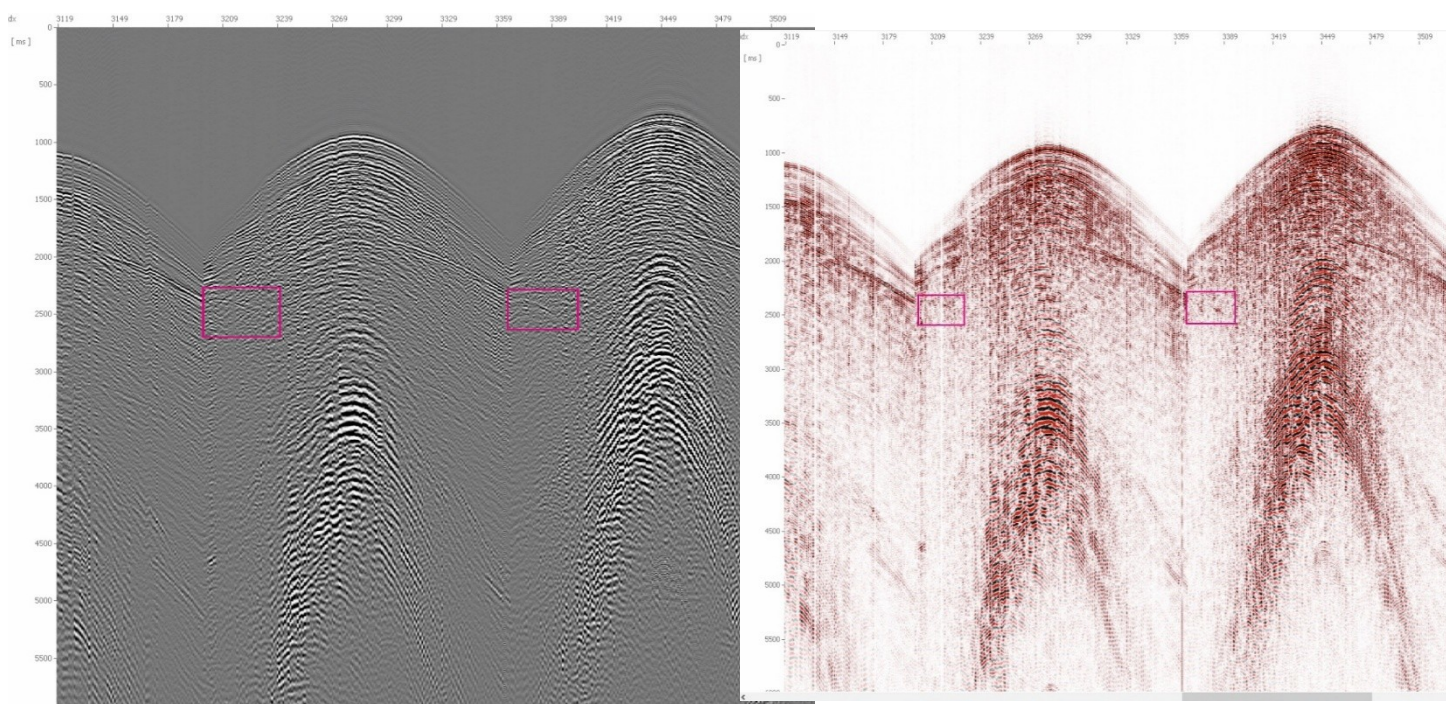


Рис. 2 Разлом зоны в сейсмограмме

## 5. Теоретический результат обработки с меньшим шагом (30 метров)

С развитием технологий в настоящее время существуют станции, которые могут поддерживать более 10000 каналов что решает проблемы с потерей глубинности для получения высокой кратности.

Это дает возможность отказа от устаревшего варианта работы со стандартным шагом в 50 метров в сторону уменьшения шага ПП для лучшей кратности и получения детализованной скоростной модели.

После обработки искусственной геологической модели полученные результаты получились явно лучше (рис. 3).

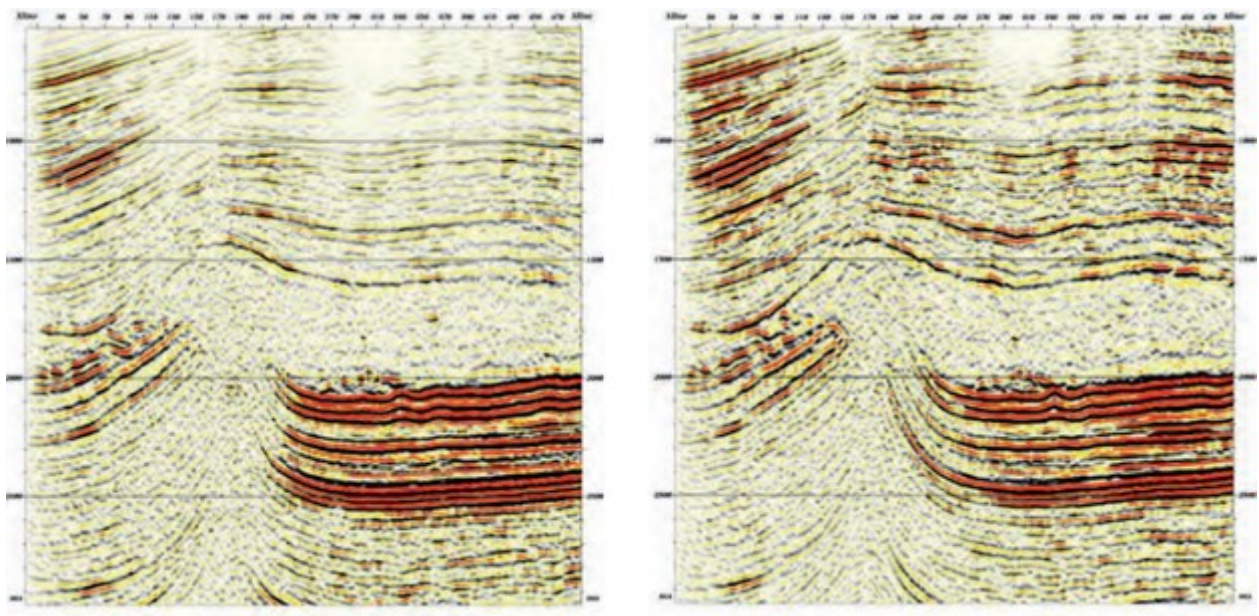


Рис. 3 Временной разрез с шагом ПП 50 (слева) и 30 (справа) метров

## 6. Выводы

В результате рассмотрения теоретических основ влияния шага пунктов приёма на качество данных наземной 3D сейсморазведки установлено, что пространственная дискретизация является одним из наиболее критичных факторов, определяющих точность последующей обработки и

интерпретации. Уменьшение шага ПП обеспечивает существенные преимущества как на этапе регистрации волнового поля, так и на этапе глубинной миграции и инверсии.

Плотная сеть приёмников позволяет значительно снизить пространственный альясинг, сохранить высокочастотную часть спектра и обеспечить корректный угловой охват отражённых волн. Это, в свою очередь, повышает латеральное разрешение, улучшает фокусировку событий при Kirchhoff и особенно RTM-миграции, а также обеспечивает более стабильные условия для скоростного анализа и полноволновой инверсии (FWI). Более мелкий шаг ПП способствует равномерному заполнению 3D бинов, улучшает азимутальное освещение и обеспечивает более достоверные результаты AVO/AVAZ-анализов.

Таким образом, уменьшение шага пунктов приёма является эффективным инструментом повышения качества сейсмических данных, особенно в условиях сложнопостроенных геологических разрезов Узбекистана. Несмотря на увеличение объёмов данных и затрат на полевые работы, преимущества более плотной приемной сети — улучшенная разрешающая способность, снижение артефактов и повышение достоверности глубинного изображения — делают такой подход оправданным и перспективным для современных 3D проектов, ориентированных на высокую точность структурного моделирования и интерпретации.

### Список использованной литературы

#### Печатные издания:

1. **Yilmaz, Ö.** *Seismic Data Analysis: Processing, Inversion, and Interpretation of Seismic Data.* Society of Exploration Geophysicists (SEG), 2015.

2. **Бахтияров, В. А.** "Особенности проектирования 3D полевых работ в условиях Центральной Азии." *Нефть и Газ Узбекистана*, №2, 2020.
3. **Кравцов, А. И., Бондаренко, А. В.** "Влияние параметров полевой геометрии на разрешающую способность 3D сейсморазведки." *Геофизика*, №4, 2018

#### **Интернет-ресурсы:**

4. Геологический портал GeoKniga. Электронные книги и статьи по бурению. – <https://www.geokniga.org>

#### **References**

##### **Printed sources:**

1. **Yilmaz, Ö.** *Seismic Data Analysis: Processing, Inversion, and Interpretation of Seismic Data*. Society of Exploration Geophysicists (SEG), 2015.
2. **Bakhtiyarov, V. A.** "Features of Designing 3D Field Surveys in the Conditions of Central Asia." *Oil and Gas of Uzbekistan*, No. 2, 2020.
3. **Kravtsov, A. I., Bondarenko, A. V.** "Influence of Field Geometry Parameters on the Resolving Power of 3D Seismic Exploration." *Geophysics*, No. 4, 2018.

##### **Online sources:**

4. GeoKniga Geological Portal. Electronic books and articles on drilling. – <https://www.geokniga.org>