

УДК 550.8314

# Выбор параметров взрывного источника при сейсморазведке 3D в транзитной зоне на севере Пермского края

**Ж.А. Хакимова**

Общество с ограниченной ответственностью «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»

614068, Пермь, ул. Ленина, 62. E-mail: lp@lp.lukoil.com

(Статья поступила в редакцию 01.08.2025 г.)

Транзитные зоны (мелководные акватории, низменные и заболоченные участки на берегах Камского и Воткинского водохранилищ) в Пермском крае в настоящее время являются перспективными территориями для поисков месторождений нефти и газа. В этой связи необходимо совершенствование методики применения сейсморазведки в таких зонах, опираясь на имеющийся опыт публичного акционерного общества «Пермнефтегеофизика», связанный с применением экологосберегающих вариантов сейсмических работ при помощи малых и сверхмалых зарядов взрывчатого вещества. В статье рассматривается влияние параметров взрывного источника на качество получаемого сейсмического материала 3D для одной из площадей на севере Пермского края в транзитной зоне р. Вишеры.

Ключевые слова: *геофизика, сейсморазведка, транзитные зоны, опытные работы, взрывной источник.*

DOI: 10.17072/psu.geol. 24.3.256

## Введение

Площади по берегам водохранилищ и сами водохранилища являются важными объектами для поисков месторождений нефти в Пермском крае, особенно в северной части, которая менее разведана. Для севера Пермского края наиболее показательно открытие в 2012 г. нефтяного месторождения им. Сухарева, большая часть которого находится под акваторией Камского водохранилища. Геофизики Пермского Прикамья имеют значительный опыт изучения транзитных зон (Захаров и др., 2023; Лаптев и др., 2023; Лаптев, Рошмаков, 2013; Неганов и др., 2013; Патент № RU 2369882 С1, Патент № RU 2824335 С1, Патент № RU 61894 U1; Рошмаков и др., 2010; Саловский и др., 2009), включая технологии, предусматривающие использование для возбуждений колебаний малых и сверхмалых зарядов взрывчатого вещества (Патент № RU 2824335 С1). Тем не менее необходимо детальное исследование получающихся сейсмических записей в зависимости от параметров источников. В статье изложен выбор параметров взрывного

источника при работах в транзитной зоне на р. Вишере (север Пермского края).

## Площадь работ и методика исследований

Река Вишера, протекающая в субмеридианальном направлении, разделяет площадь работ практически на две части; на крайнем западном углу площади расположены р. Кама и ее пойма. Исследования параметров взрывного источника проводились в ходе опытно-методических работ при подготовке к сейсморазведке 3D. Глубина залегания целевого объекта составляет около 1,5 км.

Целью опытных работ являлся выбор массы заряда и глубины его заложения в скважину. Решаемые задачи включали нахождение оптимальных параметров взрывного источника, увеличение разрешенности сейсмической записи и отношения сигнал/помеха, ослабление волн-помех.

В ходе работ применялись следующие параметры наблюдения и регистрации: количество линий приема – 14 шт.; общее число активных каналов – 3920 шт.; шаг приема  $\Delta X_{\text{мп}} = 12,5$  м; тип сейсмоприемников – YF-SOLO;

© Хакимова Ж.А., 2025



Работа лицензирована в соответствии с CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

количество сейсмоприемников на один канал – 1 прибор; шаг квантования – 0,001 с; длина записи – 3 с.

На площади работ были выбраны пять пикетов возбуждения в разных условиях (р. Вишера и ее пойма): ниже дна под слоем воды в один метр (ПВ 1981 ПК 1158); в низинах в непосредственной близости берега (ПВ 2241 ПК 1116, ПВ 2281 ПК 1115); в низине на расстоянии от берега (ПВ 2341 ПК 1155); на заболоченном участке площади (ПВ 2047 ПК 1246) на расстоянии от берега.

На каждом пикете возбуждения разбурены и отработаны одиночные скважины

Исследованы следующие случаи:

1) ПВ 1981 ПК 1158 скважины с зарядом  $Q_{зар} = 0,085$  кг, 0,17 кг и глубинами 6 м;

2) ПВ 2047 ПК 1246 скважины с зарядами 0,17 кг, 0,255 кг, 0,3 кг, 0,34 кг и глубинами 8 м;

3) ПВ 2241 ПК 1116 скважины с зарядом  $Q_{зар} = 0,085$  кг, 0,17 кг и глубинами 8 м;

4) ПВ 2281 ПК 1115 скважины с зарядом 0,085 кг, 0,17 кг и глубинами 8 м;

5) ПВ 2341 ПК 1155 скважины с зарядом 0,255 кг, 0,3 кг, 0,6 кг и глубинами 8 м.

На рисунках 1, 2 представлены сейсмограммы для пункта взрыва ниже дна реки, отображающие изменения записи в зависимости от массы заряда. Хорошо видно повышение качества записи по мере увеличения массы взрывчатого вещества.

Свод результатов анализа волнового поля для указанных выше пяти случаев приведен в таблице.

**Таблица.** Количественные атрибуты параметров волнового поля при спектральном анализе (окно анализа 0,5–1,0 с)

Пункт возбуждения	Глубина скважины, м	Масса заряда, кг	Доминирующая частота, Гц	Ширина спектра, Гц	Сигнал/шум	Вертикальное время, мс
ПВ 1981 ПК 1158, вода	6	0,085	45	41,8	2,27	2,5
ПВ 1981 ПК 1158, вода	6	0,17	23,3	7,4	3,08	5,6
ПВ 2047 ПК 1246, заболоченный	8	0,17	33	21,9	13,16	30
ПВ 2047 ПК 1246, заболоченный	8	0,255	31	21,9	18,02	32
ПВ 2047 ПК 1246, заболоченный	8	0,3	29	23,4	18,71	33,1
ПВ 2047 ПК 1246, заболоченный	8	0,34	29,3	23,4	17,79	29,4
ПВ 2241 ПК 1116, прибрежный	8	0,085	28,1	22,5	4,58	10,7
ПВ 2241 ПК 1116, прибрежный	8	0,17	27	21,9	9,79	10,8
ПВ 2281 ПК 1115, прибрежный	8	0,085	17,2	9,9	14,02	12,5
ПВ 2281 ПК 1115, прибрежный	8	0,17	17,2	12,9	10,99	9,9
ПВ 2341 ПК 1155, низина	8	0,255	31,5	25,2	12,35	8,7
ПВ 2341 ПК 1155, низина	8	0,3	29	23,4	17,66	9,4
ПВ 2341 ПК 1155, низина	8	0,6	30,8	26,9	20,51	10,4

В целом на основе визуального анализа сейсмограмм и комплексной оценки амплитудно-частотных характеристик для поймы р. Вишеры наилучшими являются для взрывов:

а) ниже уровня воды заряды с массой 0,17 кг (лучше отношение сигнал/шум);

б) на заболоченных участках заряды с массой 0,255 кг (лучше отношение сигнал/шум при наименьшем заряде);

в) в прибрежных низинах заряды с массой 0,17 кг (в целом лучше отношение сигнал/шум);

г) в низинах заряды с массой 0,6 кг (максимальное отношение сигнал/шум).

Рекомендуемая глубина скважин на суше – 8 м, для водных условий – 6 м.

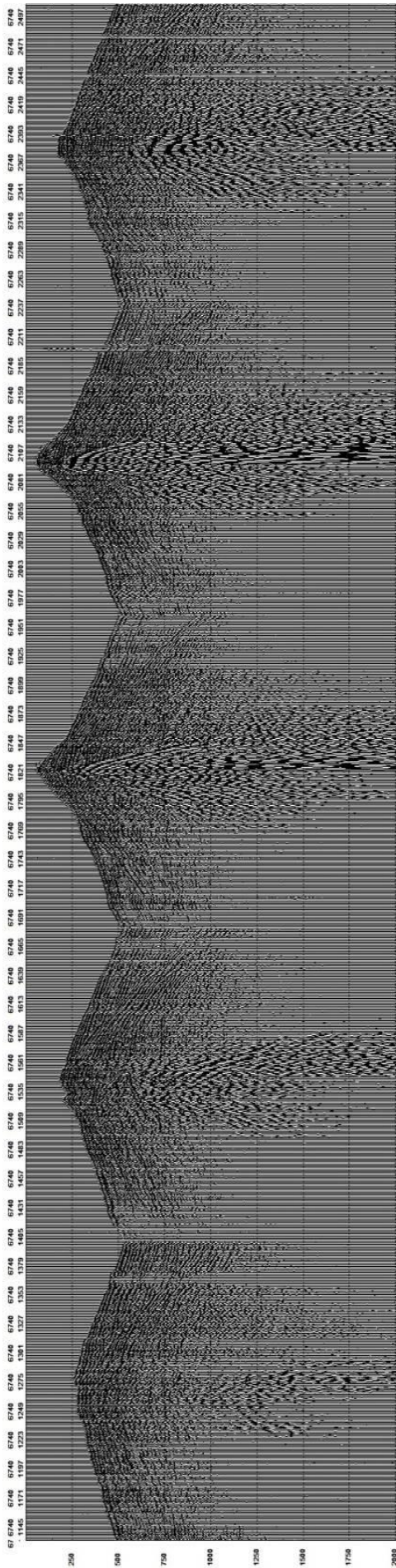


Рис. 1. Сейсмограммы для ПВ 1981 ПК 1158. Масса заряда 0,085 кг

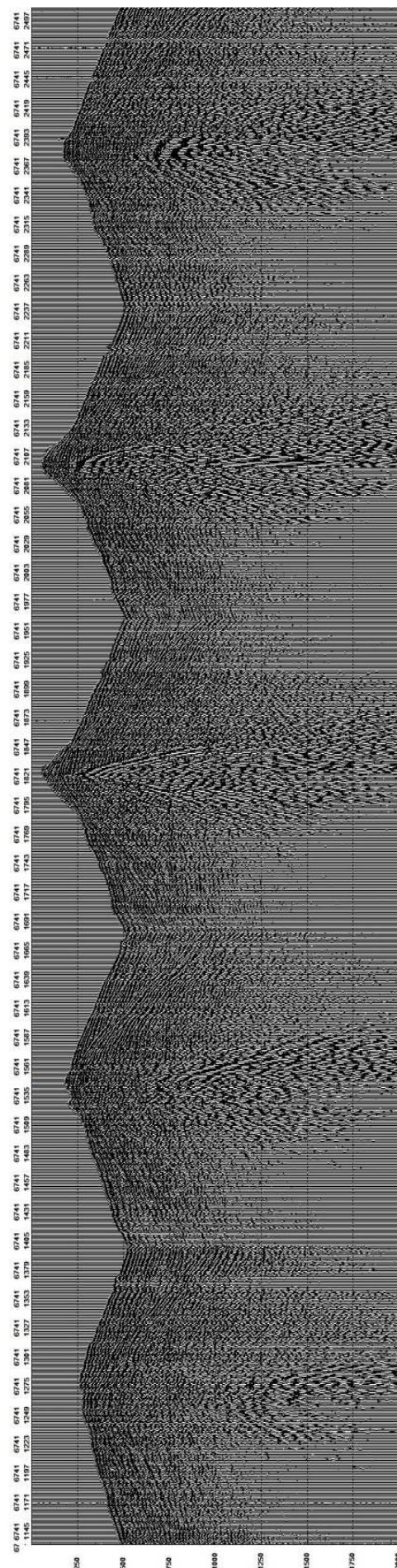


Рис. 2. Сейсмограммы для ПВ 1981 ПК 1158. Масса заряда 0,170 кг

Таким образом, анализ выполненных опытных работ, основанный на визуальном изучении сейсмограмм и комплексной оценке амплитудно-частотных характеристик сейсмозаписей, позволил сделать следующие выводы.

На суше оптимальная глубина взрывной скважины составляет 8 м, на воде – 6 м.

Для мелководья (глубина воды до 1 м) и на прибрежных участках площади, оптимальна масса заряда  $Q_{зар} = 0,170$  кг.

В случае заболоченных участков площади необходимо использовать заряд 0,255 кг.

В остальных случаях (низины) стоит использовать массу заряда  $Q_{зар} = 0,6$  кг.

## Заключение

В Пермском крае для поисков и разведки месторождений нефти перспективными являются транзитные зоны (мелководье и прилегающие низменности). Для такого рода зон использование сейсмических вибраторов крайне затруднено, поэтому используются взрывные источники. При работах на площадях сейсморазведки 3D в транзитных зонах необходимы опытные работы, нацеленные на выбор оптимальных параметров взрывных источников сейсмических волн. В статье рассмотрен выбор параметров источников для разнообразных условий р. Вишеры и ее поймы (низина, прибрежные условия, мелководье, заболоченные участки). Полевые опытно-методические работы, в которых варьировались главные параметры (глубина скважины и масса заряда), показали, что масса взрывчатого вещества 0,17–0,60 кг достаточна для получения сигналов с хорошим отношением сигнал/шум. Данные методические подходы, отработанные для транзитных зон р. Вишеры, в целом можно применять и для транзитных зон в других частях Пермского края.

## Библиографический список

Захаров Ю.М., Хакимова Ж.А., Бекешко П.С. Опыт применения сейсморазведочных работ МОГТ-3D с использованием технологии разме-

щения взрывного источника возбуждения в донные отложения в русловой части Воткинского водохранилища // Геофизика. 2023. № 5. С. 57–64. DOI: 10.34926/geo.2023.50.20.009 EDN: ZUGPSO

Лантев А.П., Пятунина Е.В., Хакимова Ж.А., Череповский А.В. Экологосберегающая сейсморазведка 3D на территории Пермского края // Приборы и системы разведочной геофизики. 2023. № 2 (77). С. 53–58. EDN: GEANTW

Лантев А.П., Рошмаков Ю.В. Сейсморазведка МОГТ 3D в зимних условиях на Нижнекамском водохранилище // Геофизика. 2013. № 5. С. 32–35. EDN: RXGPHL

Неганов В.М., Черепанов С.С., Шумилов А.В., Шумский И.Ф. Крупное открытие геофизиков и нефтяников пермского края начала XXI века // Геофизика. 2013. № 5. С. 26–31. EDN: RXGPGR

Патент № RU 2369882 С1. Российская Федерация, МПК G01V 1/02. Способ сейсмической разведки. № 2008113602/28: заявл. 07.04.2008: опубл. 10.10.2009 / А.П. Лантев, В.А. Саловский, В.Ф. Ланцев, В.Л. Широких, Ю.В. Рошмаков, В.Г. Загузин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ГЕОМЕН». EDN: WCIFPX. EDN: WCIFPX

Патент № RU 2824335 С1. Российская Федерация, МПК G01V 1/104, G01V 1/13. Способ возбуждения колебаний взрывным источником для проведения сейсмической разведки на покрытом льдом водоеме. заявл. 15.06.2023: опубл. 07.08.2024 / А.П. Лантев, Ж.А. Хакимова; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ГЕОМЕН». EDN: LITLBZ

Патент № RU 61894 U1. Российская Федерация, МПК G01V 1/157 Транспортабельный комплекс оборудования для проведения трехмерных сейсморазведочных работ 3D. № 2006127910/22: заявл. 31.07.2006: опубл. 10.03.2007 / А.П. Лантев, В.А. Саловский, В.Ф. Ланцев, В.Л. Широких, В.А. Россамахин, В.Г. Загузин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ГЕОМЕН». EDN: IFZUGX

Рошмаков Ю.В., Столбова Т.А., Лантев А.П., Неганов В.М., Черепанов С.С., Ланцев В.Ф. Технологии сейсморазведки при подготовке объектов в транзитных зонах // Технологии сейсморазведки. 2010. № 2. С. 85–89.

Саловский В.А., Ланцов В.Ф., Рошмаков Ю.В., Лантев А.П. Донная сейсморазведка в Прикамье // Приборы и системы разведочной геофизики. 2009. Т. 29, № 3. С. 50–51. EDN: RPKISV

# Selection of Explosive Source Parameters for 3D Seismic Exploration in the Transit Zones in the North of the Perm Region

Zh.A. Khakimova

Lukoil-Perm Ltd

62 Lenin Str., Perm 614068, Russia. E-mail: lp@lp.lukoil.com

Transit zones (shallow water areas and low-lying wetlands on the shores of the Kama and Votkinsk reservoirs) in the Perm Region are currently promising areas for oil and gas exploration. Therefore, it is necessary to improve the methods of seismic exploration usage for such areas. It can be realized using the existing experience of PJSC Permneftegeofizika related to implementation of environmentally friendly options such as using small and ultra-small explosive charges. The article presents the results of study of the influence of the explosive source parameters on the quality of the 3D seismic data obtained in the north of the Perm Region in the transit zone of the Vishera River.

Key words: *Geophysics; seismic exploration; transit zones; experimental work; explosive source.*

## References

- Zakharov Yu.M., Hakimova Zh.A., Bekeshko P.S. 2023. Opyt primeneniya seysmorazvedochnykh rabot MOGT-3D s ispolzovaniem tekhnologii razmeshcheniya vzryvnogo istochnika vzbuzhdeniya v donnye otlozheniya v ruslovyoy chasti Votkinskogo vodohranilishcha [Case study of application of seismic survey 3-D CDP using technique of setting the explosive source in bottom sediments of riverbed of the Votkinskoe reservoir]. *Geofizika*. 5:57-64. (in Russian)
- Laptev A.P., Pyatunina E.V., Hakimova Zh.A., Cherepovskij A.V. 2023. Ekologosberegayushchaya seysmorazvedka 3D na territorii Permskogo kraya [Environmentally safe 3D seismic on the Perm krai territory]. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki*. 2 (77):53-58. (in Russian)
- Laptev A.P., Roshmakov Yu.V. 2013. Seysmorazvedka MOGT 3D v zimnikh usloviyakh na Nizhekamskom vodokhranilishche [3D CDP seismic in winter condition on the Nizhekamskoe reservoir]. *Geofizika*. 5: 32-35. (in Russian)
- Neganov V.M., Cherepanov S.S., Shumilov A.V., Shumskiy I.F. 2013. Krupnoe otkrytie geofizikov i neftyanikov permskogo kraya nachala XXI veka [Significant discovery of Perm's geophysicists and oil geologists in beginning of the XXI century]. *Geofizika*. 5:26-31. (in Russian)
- Patent № RU 2369882 C1. Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01V 1/02. Sposob seysmicheskoy razvedki [Seismic exploration technique]. № 2008113602/28: zayavl. 07.04.2008: opubl.10.10.2009 A.P. Laptev, V.A. Salovskij, V.F. Lancev, V.L. Shirokih, Yu.V. Roshmakov, V.G. Zaguzin; zayavitel GEOMEN Ltd. EDN: WCIFPX.
- Patent № RU 2824335 C1. Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01V 1/104, G01V 1/13. Sposob vzbuzhdeniya kolebaniy vzryvnym istochnikom dlya provedeniya seysmicheskoy razvedki na pokrytom ldom vodoeme [Technique of explosive vibration source usage for conducting seismic survey on the ice-covered reservoir]. zayavl. 15.06.2023: opubl.07.08.2024 / A.P. Laptev, Zh.A. Hakimova; zayavitel GEOMEN Ltd. EDN: LITLBZ
- Patent № RU 61894 U1. Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01V 1/157 Transportabelnyy kompleks oborudovaniya dlya provedeniya trekhmernykh seysmorazvedochnykh rabot 3D [Transportable equipment complex for 3D seismic survey]. № 2006127910/22: zayavl. 31.07.2006: opubl. 10.03.2007. A.P. Laptev, V.A. Salovskij, V.F. Lancev, V.L. Shirokih, V.A. Rossamahin V.G. Zaguzin; zayavitel GEOMEN Ltd. EDN: IFZUGX.
- Roshmakov Yu.V., Stolbova T.A., Laptev A.P., Neganov V.M., Cherepanov C.S., Lancev V.F. 2010. Tekhnologii seysmorazvedki pri podgotovke obektov v tranzitnykh zonakh [Seismic technologies for objects preparation in transit zones]. *Tekhnologii seysmorazvedki*. 2:85-89. (in Russian)
- Salovskij V.A., Lancev V.F., Roshmakov Yu.V., Laptev A.P. 2009. Donnaya seysmorazvedka v Prikamye [Bottom seismic in Prikamye]. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki*. 29(3):50-51. (in Russian)