

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **041631**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.11.16**

(21) Номер заявки  
**202291353**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.07.21**

(51) Int. Cl. **G01V 1/28** (2006.01)  
**G01V 1/30** (2006.01)  
**G01V 1/50** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СЕЙСМОГРАММ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ПРИ  
ПРОВЕДЕНИИ ПОЛЕВЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

---

(43) **2022.11.14**

(96) **2022000041 (RU) 2022.07.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ООО НПЦ "ГЕОСТРА" (RU)**

(56) CN-A-110632663  
CN-A-112946755  
CN-B-106896411  
US-A1-2020003923  
WO-A1-2021067725

(72) Изобретатель:  
**Семашев Антон Тимурович, Акуленко  
Александр Семёнович (RU)**

(74) Представитель:  
**Семашев А.Т. (RU)**

---

(57) Область применения: сейсмическая разведка, в частности количественное определение качества записи сейсмического материала при проведении полевых сейсморазведочных работ. Сущность изобретения: в процессе проведения полевых сейсморазведочных работ по сейсмограммам измеряют и рассчитывают значения геофизического атрибута "потрассное спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы", на основе которого с учётом или без учёта значений атрибутов "доминантная частота сигнала" и "отношение сигнал-микросейсмы" определяют уровень качества сейсмограмм и принимают решение о проведении повторной отработки сейсмограмм неудовлетворительного (низкого) качества.

**041631**

**B1**

**041631**

**B1**

Изобретение относится к области сейсмической разведки, в частности получения сейсмограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ.

При проведении полевых сейсморазведочных работ одной из ключевых, является задача получения сейсмических материалов, на основе которых в процессе последующей обработки и интерпретации будет создана сейсмическая модель изучаемой среды, позволяющая решать поставленные геологические задачи в полном объеме.

По данной причине проектирование методики полевых работ производится непосредственно исходя из поставленных геологических задач. Верификация методики осуществляется в процессе опытных работ, предвещающих начало регистрации производственных наблюдений, а также проводимых по мере отработки площади.

Опытные работы призваны на практике либо подтвердить корректность выбора параметров возбуждения и регистрации упругих колебаний, либо послужить основой для их изменения. Таким образом, уже на начальном этапе полевых работ возникает вопрос о критериях оценки качества сейсмических данных для установления степени соответствия сейсмическим материалам, получаемых с теми или иными параметрами, ожиданиям, связанным с возможностью решения геологических задач.

Известен способ получения сейсмограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ ("Инструкции по сейсморазведке" 2003 г.). Способ заключается в расчёте комплексного коэффициента качества на основе соблюдения технологических критериев записи, подсчёта количества шумящих каналов и определения качества сейсмической записи на основе визуальной оценки. Недостатком данного способа является отсутствие измерений количественных атрибутов непосредственно по сейсмической записи и субъективность качественной визуальной оценки.

Наиболее близким аналогом является способ получения сейсмограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ (Тищенко И.В., Тищенко А.И., Жуков А.А. "Алгоритмы и критерии оценки качества полевых сейсмических записей"//Технологии сейсморазведки, 2011. № 2. С. 40-48). Способ заключается в измерении по сейсмограммам значений нескольких геофизических атрибутов: "отношение сигнал-микросейсмы", "ширина спектра", "доминантная частота сигнала", "отношение энергии одной сейсмограммы к среднему значению энергии всех сейсмограмм". Далее рассчитывают взвешенную сумму этих величин и получают комплексный коэффициент качества, на основе которого принимают решение о проведении повторной отработки сейсмограмм неудовлетворительного (низкого) качества на этапе проведения основных сейсморазведочных работ. Данные критерии относительно просты для расчёта и направлены на оценку таких значимых рисков, как степень влияния на регистрируемое волновое поле поверхностных сейсмогеологических условий, а именно ЗМС, уровень помех, которые являются устранимыми в процессе работ, и т.д. Недостатками данного способа являются

отсутствие надёжного теоретического обоснования возможности использования комплексного коэффициента в виде суперпозиции величин, имеющих различный физический смысл и единицы измерения;

значительные риски получения недостоверной информации о энергии частотных компонент волнового поля и сигнальной составляющей в целом, возникающие в связи с тем, что измерения проводятся по данным до этапа сигнальной обработки, в рамках которого производится компенсация влияния поверхностных условий возбуждения и приёма на волновое поле.

Данные недостатки могут привести к искажению представления о качестве того или иного физического наблюдения и, как следствие, привести к избыточному объёму переработки ФН, что в критических случаях может неблагоприятно сказаться как на производительности полевых сейсморазведочных работ, так и на продолжительности и, как следствие, на экономической составляющей проекта геологоразведочных работ.

Задачей настоящего изобретения является повышение достоверности определения количественных оценок качества сейсмических данных и, как следствие, повышения экономической эффективности проведения полевых сейсморазведочных работ.

Поставленная задача решается следующим образом.

Согласно способу получения сейсмограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ, в соответствии с которым на основе измеренных по сейсмограммам значений геофизических атрибутов "доминантная частота сигнала" и "отношение сигнал-микросейсмы" определяют уровень качества сейсмограмм и принимают решение о проведении повторной отработки сейсмограмм неудовлетворительного (низкого) качества, дополнительно по сейсмограммам измеряют и рассчитывают значения геофизического атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы", на основе которого с учётом или без учёта значений атрибутов "доминантная частота сигнала" и "отношение сигнал-микросейсмы" определяют уровень качества сейсмограмм и принимают решение о проведении повторной отработки сейсмограмм неудовлетворительного (низкого) качества.

Существенное отличие предложенного способа от известных заключается в дополнительном определении величины спектрально-взвешенного отношения сигнал-микросейсмы, которая отражает интегральную оценку факторов, связанных как с уровнем амплитуд сигнальной составляющей волнового поля по отношению к уровню амплитуд микросейсм, так и с распределением амплитуд по различным час-

тотным диапазонам.

На практике реализация способа получения сейсмограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ осуществляется следующим образом.

По результатам опытных работ определяют окна анализа сигнала и микросейсм. На основе спектральных характеристик типовых сейсмограмм определяют количество частотных диапазонов и их границы. Количество частотных диапазонов должно быть не менее 2. Далее приводится последовательность действий для расчёта атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм".

1. Расчёт исходных весов для каждого частотного диапазона по формуле

$$wa_k = \frac{As_k}{\sum_{k=1}^n As_k}, (1)$$

где  $wa_k$  - исходные веса амплитуд сигнала для  $k$ -го диапазона частоты,

$As_k$  - амплитуда сигнала для  $k$ -го диапазона частоты,

$\sum_{k=1}^n As_k$  - сумма амплитуд сигнала для всего диапазона частот.

2. Расчёт коэффициентов, обратных к исходным весам по формуле

$$s_k = \frac{1}{wa_k}, (2)$$

где  $s_k$  - коэффициенты, обратные к исходным весам для  $k$ -го диапазона частоты.

3. Нахождение весовых коэффициентов для каждой спектральной полосы частот

$$w_k = \frac{s_k}{\sum_{k=1}^n s_k}, (3)$$

где  $w_k$  - обратные веса амплитуд сигнала для  $k$ -го диапазона частоты,

$\sum_{k=1}^n s_k$  - сумма коэффициентов, обратных к исходным весам для всего диапазона частот.

4. Взвешенное осреднение отношения сигнал-микросейсм для каждой спектральной полосы частот с целью получения одного атрибута

$$SWSNR = \sum_{k=1}^n w_k * SNR_k, (4)$$

где  $SNR_k$  - атрибут "отношение сигнал-микросейсм" для  $k$ -го диапазона частоты, рассчитываемый "потрассным" способом

$$SNR_k = \frac{As_k}{Am_k}, (5)$$

где  $As_k$  - амплитуда сигнала для  $k$ -го диапазона частоты,

$Am_k$  - амплитуда микросейсм для  $k$ -го диапазона частот.

В отличие от оконного способа, когда отношение сигнал-микросейсм рассчитывают после нахождения амплитуды (RMS-амплитуда) сигнала и микросейсм для всего окна анализа, согласно потрассному способу расчёт величины отношения производится для каждой трассы с последующим осреднением для всех трасс в пределах окна анализа. Такой способ является более робастным по сравнению с оконным в отношении устойчивости к высокоамплитудным выбросам. К примеру, если в окне анализа находится 500 трасс, из которых 499 с одинаковой амплитудой микросейсм 1 мВ и амплитудой сигнала 5 мВ (отношение 5) и одна трасса с амплитудой микросейсм 1000 мВ и амплитудой сигнала 1005 мВ (отношение 1.005), то результатом оконной оценки будет величина  $((499 \times 5 + 1005) / 500) / ((499 \times 1 + 1000) / 500) = 7 / 2.998 = 2.335$ , а результатом потрассной -  $(499 \times 5 + 1.005) / 500 = 4.992$ . Таким образом, присутствие в окне анализа только одной трассы (0.2% от общего количества трасс) с высокоамплитудным выбросом снижает оконную оценку более чем в 2 раза, в то время как потрассная оценка снижается на 0.16% от 5-той величины отношения, которую мы получаем в случае отсутствия трассы с высокоамплитудным выбросом. Следует обратить внимание, что степень снижения величины потрассной оценки пропорциональна процентному содержанию трасс с высокоамплитудными выбросами, в то время как снижение величины оконной оценки непропорционально больше. Источниками высокоамплитудных выбросов могут быть различные промышленные объекты (ЛЭП, нефтепроводы, насосные станции и т.д.), и они как правило локализованы в пространстве и стационарны по времени. Это приводит к тому, что величина отношения сигнал-микросейсм, традиционно рассчитываемая оконным способом, для всех ФН, которые будут включать незначительное количество шумящих трасс, будет непропорционально занижена. Атрибут "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм" лишён указанных недостатков, поскольку по определению рассчитывается потрассным способом.

Далее осуществляется выбор пороговых значений для расчёта комплексного коэффициента качества на основе статистического анализа количественных значений рассчитанных атрибутов по материалам опытных работ. Расчёт комплексного коэффициента качества может быть основан на значениях атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм" независимо или в комплексе со значениями базовых атрибутов "доминантная частота" и "отношение сигнал-микросейсм".

В процессе производства основных сейсморазведочных работ на основе ранее определённых поро-

говых значений определяют уровень качества сейсмограмм и принимают решение о проведении повторной обработки сейсмограмм неудовлетворительного (низкого) качества.

Таким образом, предложенный способ получения сейсмограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ обеспечивает

повышение достоверности определения качества сейсмограмм за счёт учёта неравномерности вклада амплитуд различных частотных диапазонов. Основным смыслом атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы" заключается в расчёте такого значения параметра "отношение сигнал-микросейсмы", который возможно было бы получить, если бы спектр сигнала в окне анализа был бы равномерным, т.е. средние значения RMS-амплитуд сигнала были бы одинаковыми для всех спектральных компонент в заданном частотном диапазоне. Таким образом, атрибут "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы" отражает интегральную оценку факторов, связанных как с уровнем амплитуд сигнальной составляющей волнового поля по отношению к уровню амплитуд микросейсм, так и с распределением амплитуд по различным частотным диапазонам. Фактически, при расчёте атрибута реализуется процесс, схожий с процессом деконволюционного преобразования, т.е. в некоторой степени происходит учёт изменений волнового поля, осуществляемый в процессе камеральной обработки данных, что позволяет провести более объективную оценку частотного состава сейсмической записи;

повышение надежности определения уровня качества сейсмограмм за счёт использования более робастного потрассного способа расчёта атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы", устойчивого к высокоамплитудным выбросам;

повышение качества полевого сейсмического материала за счёт возможности оперативного проведения повторной обработки сейсмограмм неудовлетворительного (низкого) качества, а также за счёт возможности оперативной корректировки параметров методики наблюдения, влияющих на качество сейсмического материала. К примеру, такими параметрами могут быть глубина погружения заряда и вес заряда. Количество точек проведения опытных работ ограничено и не всегда отражает всё разнообразие поверхностных условий. При обнаружении тенденции снижения качества сейсмического материала на определённых участках площади можно провести дополнительные опытные работы по определению веса и глубины погружения заряда;

повышение экономической эффективности работ. Применение данного способа сокращает число повторно обработанных физических наблюдений (ФН), поскольку позволяет более надёжно определять места с неблагоприятными условиями ВЧР, а также снижает число некорректно определённых низких оценок. При использовании двух критериев "доминантная частота" и "отношение сигнал-микросейсмы" часто появляется неоднозначность и субъективность оценки в ситуациях, при которых то или иное ФН является кондиционным по одному из критериев и одновременно некондиционным по второму. Объективность оценки качества сейсмических данных, выполняемой с применением атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы", в процессе выполнения опытно-методических работ была верифицирована способом сопоставления значений атрибутов качества и визуальной оценкой волновых полей.

Реализация предложенного способа получения сейсмограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ была сделана специалистами АО "Башнефтегеофизика" путём создания соответствующих заданий "Job Flow" в таких программных комплексах, как RadExPro, Omega, Geovation. Данный способ был успешно опробован на 5 съёмках MOFT-3D в разных регионах России, характеризующихся различными сейсмо-геологическими условиями. Таким образом, предложенный способ соответствует критерию изобретения "промышленная применимость".

Таким образом, на основании изложенного полагаем, что поставленная задача изобретения решена в полном объёме.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ получения сейсмограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ, в соответствии с которым на основе измеренных по сейсмограммам значений геофизических атрибутов "доминантная частота сигнала" и "отношение сигнал-микросейсмы" определяют уровень качества сейсмограмм и принимают решение о проведении повторной обработки сейсмограмм неудовлетворительного (низкого) качества, отличающийся тем, что дополнительно для целей определения уровня качества сейсмограмм по сейсмограммам измеряют и рассчитывают значения геофизического атрибута "потрассное спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы", на основе которого с учётом или без учёта значений атрибутов "доминантная частота сигнала" и "отношение сигнал-микросейсмы" определяют уровень качества сейсмограмм и принимают решение о проведении повторной обработки сейсмограмм неудовлетворительного (низкого) качества.

