

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044972**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.10.18**

(21) Номер заявки  
**202391039**

(22) Дата подачи заявки  
**2023.04.29**

(51) Int. Cl. **G01V 1/28** (2006.01)  
**G01V 1/36** (2006.01)  
**G01V 1/02** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДЕТЕКЦИИ И РЕДАКЦИИ НЕКОНДИЦИОННЫХ ТРАСС НА СЕЙСМОГРАММАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОЛЕВЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

---

(43) **2023.10.17**

(96) **2023000076 (RU) 2023.04.29**

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

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

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

(56) RU-C1-2708895  
RU-C1-2692001  
CN-B-106896411  
EP-A1-4038420  
US-B2-11435493  
CN-A-115421181

---

(57) Область применения: сейсмическая разведка, в частности камеральная обработка сейсмических данных. Сущность изобретения: после 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 атрибута "отношение сигнал-микросейсмы", определяют пороговые значения для соответствующих атрибутов, детектируют некондиционные трассы и принимают решение об их редакции (удалении).

**B1**

**044972**

**044972**

**B1**

Изобретение относится к области сейсмической разведки, в частности к камеральной обработке сейсмических данных.

Сейсмические трассы, уровень амплитуд которых является аномальным по сравнению с уровнем амплитуд трасс, полученных в процессе регистрации сейсмического отклика среды соседними каналами (сейсмоприёмниками), или является сопоставимым, но при этом распределение значений амплитуд трасс не отражает изменение свойств геологической среды, являются некондиционными.

Наличие некондиционных трасс на сейсмограммах может являться следствием технической неисправности регистрирующего оборудования или может быть обусловлено его некорректной установкой и настройкой, а также присутствием генераторов помех различных типов (аппаратурных, промышленных, электрических и т.д.), расположенных в непосредственной близости от сейсмоприёмников (регистрирующих каналов) в случае, если интенсивность энергии генераторов помех превышает уровень регистрируемого целевого сигнала. Факт наличия некондиционных трасс на сейсмограммах не является редкостью и характерен для любой сейсмической съёмки размерностей МОГТ-2D, МОГТ-3D и выше. Некондиционные трассы в определенном процентном соотношении от общего количества трасс сейсмограммы (не более 4% в соответствии с Инструкцией по сейсморазведке, 2003 г.) являются допустимыми при проведении полевых сейсморазведочных работ.

Так как некондиционные трассы не несут полезной информации и, одновременно с этим, их наличие приводит к увеличению продолжительности выполнения всех стадий камеральной обработки, а также может приводить к возникновению артефактов при выполнении процедур амплитудной обработки (многоканальные процедуры цифровой обработки), трассы данного типа подлежат обязательному детектированию и удалению (редакции) при выполнении камеральной обработки сейсмических данных на самом раннем этапе работ.

Известен способ ручной детекции и редакции некондиционных (шумящих) трасс (Инструкция по сейсморазведке, 2003 г.). Способ заключается в визуальной оценке качества трасс каждой сейсмограммы и ручной редакции (удалении) некондиционных трасс специалистом-геофизиком. Недостатком данного способа является субъективность детектирования и крайне значительные затраты времени. Поскольку совокупное количество трасс сейсмических съёмок может достигать сотен миллионов, для съёмок МОГТ-2D и МОГТ-3D стандартной плотности, и миллиардов (десятков миллиардов) для высокоплотных съёмок МОГТ-3D, способ ручной детекции и редакции некондиционных трасс не является эффективным и крайне редко применяется на практике.

Наиболее близким аналогом является способ автоматической редакции трасс на основе анализа значений амплитуд и/или частот трасс (реализован в распространённых отраслевых программных комплексах камеральной обработки сейсмических данных в тех или иных модификациях). Способ заключается в выборе окон для оценки сигнала и микросейсм, измерений RMS-амплитуд и/или доминантных частот сигнала и микросейсм с последующим сопоставлением результатов измерений с пороговым значением. Выбор порогового значения осуществляется на основе предварительной визуальной оценки нескольких сейсмограмм, на которых присутствуют некондиционные трассы. После определения порогового значения все трассы со значением атрибута ниже порогового считаются некондиционными и исключаются из дальнейшей обработки. Недостатками данного способа являются:

неизбирательность в отношении узкополосных и широкополосных помех (шумов).

Существует множество специализированных модулей и программных решений, позволяющих выполнять подавление узкополосных помех (шумов) с минимальными искажениями динамических характеристик полезного сигнала. По данной причине трассы, осложнённые помехами этого типа, могут иметь аномальный уровень RMS-амплитуд и/или доминантных частот до применения процедур обработки, но при этом являться кондиционными после подавления помех. В то же время корректно подавить широкополосные помехи без необоснованного искажения динамических характеристик полезного сигнала крайне затруднительно, поэтому трассы, осложнённые широкополосными помехами (шумами), следует относить к некондиционным;

неоднозначность выбора пороговых значений RMS-амплитуд и/или доминантных частот.

Если поверхностные сейсмогеологические условия возбуждения и приёма сейсмического сигнала приводят к значительному уровню его снижения на том или ином участке активной расстановки (для тех или иных трасс) или наоборот, его превышению относительно среднего уровня значения распределения динамических параметров, данные трассы также могут быть индексированы как аномальные (некондиционные). Однако, в процессе выполнения камеральной обработки сейсмических данных, после применения процедур, направленных на компенсацию не идентичности условий возбуждения и приёма сейсмического сигнала, средний уровень амплитуд и спектральный состав трасс восстанавливается и начинает соответствовать среднему уровню распределения амплитуд и спектральных характеристик.

Таким образом, данные недостатки приводят к значительным рискам неточного детектирования некондиционных трасс и, соответственно, к необоснованному удалению кондиционных трасс или наоборот, сохранению некондиционных трасс, что негативно отражается на результатах последующих работ по камеральной обработке и интерпретации сейсмических данных в связи с потерей информации или искажением информации вследствие получения артефактов выполняемых процедур.

Задачей настоящего изобретения является повышение точности автоматического детектирования некондиционных трасс и обоснования правомочности их последующего удаления.

Поставленная задача решается следующим образом.

Согласно способу автоматической редакции некондиционных трасс на сейсмограммах, полученных при проведении полевых сейсморазведочных работ, в соответствии с которым выбирают окна для анализа сигнала и микросейсм, в которых измеряют значения RMS-амплитуд и/или доминантных частот, определяют пороговое значение и исключают из дальнейшей обработки все трассы, у которых значение измеренных атрибутов ниже пороговых, отличающемся тем, что дополнительно:

измеряют и рассчитывают значения таких геофизических атрибутов, как "отношение сигнал-микросейсм" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм" (евразийский патент № 041631), на основе которых, с учётом или без учёта значений атрибута "отношение сигнал-микросейсм", определяют пороговые значения для соответствующих атрибутов, детектируют некондиционные трассы и принимают решение об их редакции (удалении) перед выполнением процедур камеральной обработки сейсмических данных.

Существенное отличие предложенного способа от известных заключается в дополнительном определении значений атрибутов "отношение сигнал-микросейсм" и "спектрально-взвешенного отношения сигнал-микросейсм", что позволяет исключить неоднозначность выбора пороговых значений и отдельно детектировать трассы, осложнённые узкополосными и широкополосными помехами (шумами).

На практике реализация способа автоматической детекции и редакции некондиционных трасс на сейсмограммах, полученных при проведении полевых сейсморазведочных работ, осуществляется следующим образом.

На типовой сейсмограмме общего пункта взрыва (ОПВ) определяются окна анализа сигнала и микросейсм. Окна анализа выбираются в пределах средних и дальних удалений (более 300-500 м), поскольку область наличия микросейсм значительно сокращается во временном интервале на ближних удалениях (до 300-500 м). Детектирование и редакция сейсмических трасс в диапазоне ближних удалений осуществляются отдельно, без применения для расчёта атрибутов "отношение сигнал-микросейсм" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм", на основе последовательности действий, описанных в рамках заключительного этапа реализации способа (Этап 6).

Этап 1. Подготовка к расчёту атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм".

На основе спектральных характеристик типовых сейсмограмм, которые выбираются по результатам опытных работ, определяется количество частотных диапазонов и их границы для последующего расчёта атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм". Количество частотных диапазонов определяется на основе фактических значений амплитудно-частотных спектров, но оно должно быть не менее трех. Увеличение количества частотных диапазонов положительно влияет на раздельное определение трасс с узкополосными и широкополосными помехами (шумами). Достаточным является выбор от 3 до 5 диапазонов.

Этап 2. Расчёт атрибутов "отношение сигнал-микросейсм" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм". Выбор сейсмограмм для определения пороговых значений атрибутов.

Производятся измерения RMS-амплитуд сигнала и микросейсм для каждой трассы в пределах выбранных ранее окон анализа, после чего для каждой трассы выполняется расчёт атрибутов "отношение сигнал-микросейсм" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм". На основе пространственного распределения значений атрибутов, рассчитанных по всему массиву трасс, осуществляется выбор сейсмограмм ОПВ (не менее пяти, для статистической достоверности), на которых однозначно присутствуют некондиционные трассы и трассы, осложнённые узкополосными и широкополосными помехами (шумами). По данным сейсмограммам определяются пороговые значения атрибутов "отношение сигнал-микросейсм" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм".

Этап 3. Верификация корректности распределения значений атрибутов "отношение сигнал-микросейсм" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм".

Записываются два набора трасс, значения атрибутов которых ниже выбранных пороговых значений: для атрибута "отношение сигнал-микросейсм" и для атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм". По этим наборам строятся карты кратности (количество трасс) по пунктам приёма с последующей их визуализацией (наложением) на топографической основе. Так как большинство источников техногенных помех локализованы в пространстве, на картах кратности атрибутов наибольшие значения будут сосредоточены в зонах расположения генераторов помех этого типа. Данная информация используется для верификации успешности расчёта атрибутов "отношение сигнал-микросейсм" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсм".

Этап 4. Определение генезиса помех, детектирование трасс, осложнённых узкополосными и широкополосными помехами (шумами).

Определение генезиса помех выполняется на основе карт кратности, рассчитанных на предыдущем этапе. На данном этапе детально определяются (на основе рапортов оператора или иной вспомогательной информации) типы генераторов узкополосных помех и их пространственное расположение. Генераторами узкополосных помех, как правило, являются техногенные объекты (ЛЭП, насосные станции, ди-

зель-генераторы и т.д.). Кратность некондиционных трасс по атрибуту "отношение сигнал-микросейсмы" для источников помех данного типа будет значительно выше, чем по атрибуту "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы".

Дополнительно рассчитываются разностные карты атрибутов. Ситуация, когда значение атрибута "отношение сигнал-микросейсмы" ниже порогового, а значение атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы" выше порогового, позволяет выявить пункты приёма с повышенным уровнем узкополосных помех, т.е. детектировать трассы, которые осложнены помехами, но могут являться кондиционными.

Ситуация, когда значение атрибута "отношение сигнал-микросейсмы" выше порогового, а для атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы", наоборот, ниже порогового, позволяет выявить пункты приёма с повышенным уровнем широкополосных помех, т.е. детектировать трассы, которые являются некондиционными.

Вне зависимости от того, как взаимозависимо распределяются значения атрибутов относительно пороговых величин, при принятии решения об отнесении трассы к категории некондиционных, следует отдавать предпочтение значениям атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы". В то же время полностью отказываться от расчёта атрибута "отношение сигнал-микросейсмы" не следует, так как распределение значений атрибута может способствовать принятию решений в неоднозначных ситуациях.

Этап 5. Детектирование некондиционных трасс и их редакция.

На основе рассчитанных значений атрибутов "отношение сигнал-микросейсмы" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы", а также выбранных пороговых значений производится детектирование (маркирование посредством создания специального заголовка трасс) некондиционных трасс (включая трассы, осложнённые широкополосными помехами (шумами)) и кондиционных трасс (включая трассы, осложнённые узкополосными помехами (шумами)) по критерию пониженных и повышенных значений относительно пороговых величин соответственно. Редакция (удаление) некондиционных трасс производится на основе значений созданного маркирующего заголовка с получением нового набора сейсмограмм ОПВ.

Этап 6. Определение некондиционных трасс в диапазоне ближних удалений.

По сейсмограммам, полученным на предыдущем этапе (Этап 5), рассчитываются RMS-амплитуды и логарифм RMS-амплитуд по всей длине трассы в диапазоне ближних удалений (до 300-500 м). Выполняется построение гистограммы распределения логарифма RMS-амплитуд. На основе построенной гистограммы определяется пороговая величина в области минимальных значений. По критерию пониженных значений RMS-амплитуд относительно порогового значения детектируются (маркируются посредством создания специального заголовка трасс) не записывающие или закороченные каналы, которые являются некондиционными. После чего производится редакция (удаление) некондиционных трасс на основе значения созданного маркирующего заголовка с получением нового набора сейсмограмм ОПВ.

Таким образом, предложенный способ автоматической детекции и редакции некондиционных трасс на сейсмограммах, полученных при проведении полевых сейсморазведочных работ, обеспечивает:

повышение точности автоматического детектирования некондиционных трасс и обоснования правомерности их последующего удаления на основе атрибутов "отношение сигнал-микросейсмы" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы" с минимизацией рисков неполного детектирования и удаления некондиционных трасс и необоснованного удаления кондиционных трасс;

сокращение продолжительности, повышение качества и, как следствие, повышение экономической эффективности обработки сейсмических данных.

Повышение плотности сейсмических съёмки и кратности наблюдений делает способы автоматической редакции трасс на основе расчёта геофизических атрибутов безальтернативными. Высокая скорость расчёта геофизических атрибутов "отношение сигнал-микросейсмы" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы" и выполнения последующей автоматической редакции позволяют значительно сократить продолжительность выполнения данной процедуры. Перспективность применения атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы" для целей оценки качества сейсмических данных была подтверждена в процессе ранее выполненных исследований (А.Т. Семашев, А.С. Акуленко, Р.М. Гафаров, И.А. Сираев. Перспективы повышения достоверности оценки качества полевых сейсмических данных при использовании атрибута "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы" // Геофизика. - 2023. - № 1. - С. 48-53).

Реализация предложенного способа автоматической детекции и редакции некондиционных трасс на сейсмограммах, полученных при проведении полевых сейсморазведочных работ, была выполнена специалистами АО "Башнефтегеофизика" путём создания соответствующих заданий "Job Flow" в таких программных комплексах, как RadExPro, Omega, Geovation. Данный способ был успешно опробован на трех съёмках МОГТ-3D в разных регионах России. Таким образом, предложенный способ соответствует критерию изобретения "промышленная применимость".

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

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ автоматической редакции некондиционных трасс на сейсмограммах, полученных при проведении полевых сейсморазведочных работ, в соответствии с которым выбирают окна для анализа сигнала и микросейсм, в которых измеряют значения RMS-амплитуд и/или доминантных частот, определяют пороговое значение и исключают из дальнейшей обработки все трассы, у которых значение измеренных атрибутов ниже пороговых, отличающийся тем, что дополнительно измеряют и рассчитывают значения таких геофизических атрибутов, как "отношение сигнал-микросейсмы" и "спектрально-взвешенное отношение сигнал-микросейсмы", на основе которых, с учётом или без учёта значений атрибута "отношение сигнал-микросейсмы", определяют пороговые значения для соответствующих атрибутов, детектируют некондиционные трассы и принимают решение об их редакции (удалении) перед выполнением процедур камеральной обработки сейсмических данных.

