

Устранение фазовых искажений, вызванных регистрирующей аппаратурой, на этапе обработки данных сейсморазведки

■ Брыксин И.В., Цвей Е.В., ОАО "Хантымансийскгеофизика", г. Хантымансийск

Одной из частых проблем обработки и последующей интерпретации материалов сейсморазведки является увязка волновых полей (сейсмограмм, разрезов). Особенно остро проблема согласования данных стоит при обработке обширных площадей, отработанных в разные годы с применением различных методик и полевой регистрирующей аппаратуры. В докладе рассматривается пример решения задачи согласования сейсмических материалов, полученных с применением различной аппаратуры, на основе учёта документированных спектральных характеристик задействованного полевого оборудования.

Согласно общим положениям из теории регистрации сейсмических данных, конволюционная (свёрточная) модель сейсмической трассы описывается следующим выражением:

$$A(t) = A_0(t) * S(t) * \dots * G(t) + N(t), \quad (1)$$

где $A_0(t)$ – исходный сигнал, посылаемый сейсмическим источником;

$S(t)$ – импульсный отклик среды;

$G(t)$ – импульсный отклик регистрирующего тракта;

$N(t)$ – шум.

Стандартный граф обработки материалов сейсморазведки не предусматривает специальный учёт аппаратного фактора ($G(t)$), который

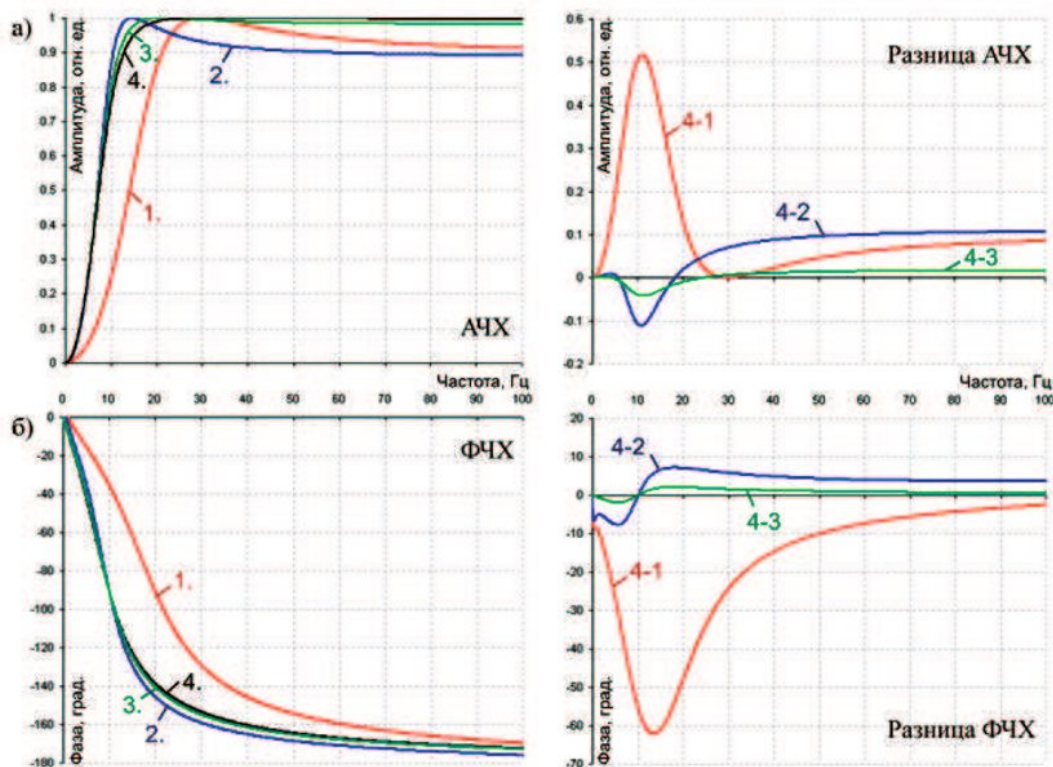


Рис. 1. Амплитудно-частотные (а) и фазо-частотные характеристики (б) некоторых моделей сейсмоприёмников: 1.) СВ-20П; 2.) СВ-10Ц; 3.) SM-24; 4.) GS-20DX ▲

вносит свои искажения в регистрируемые данные.

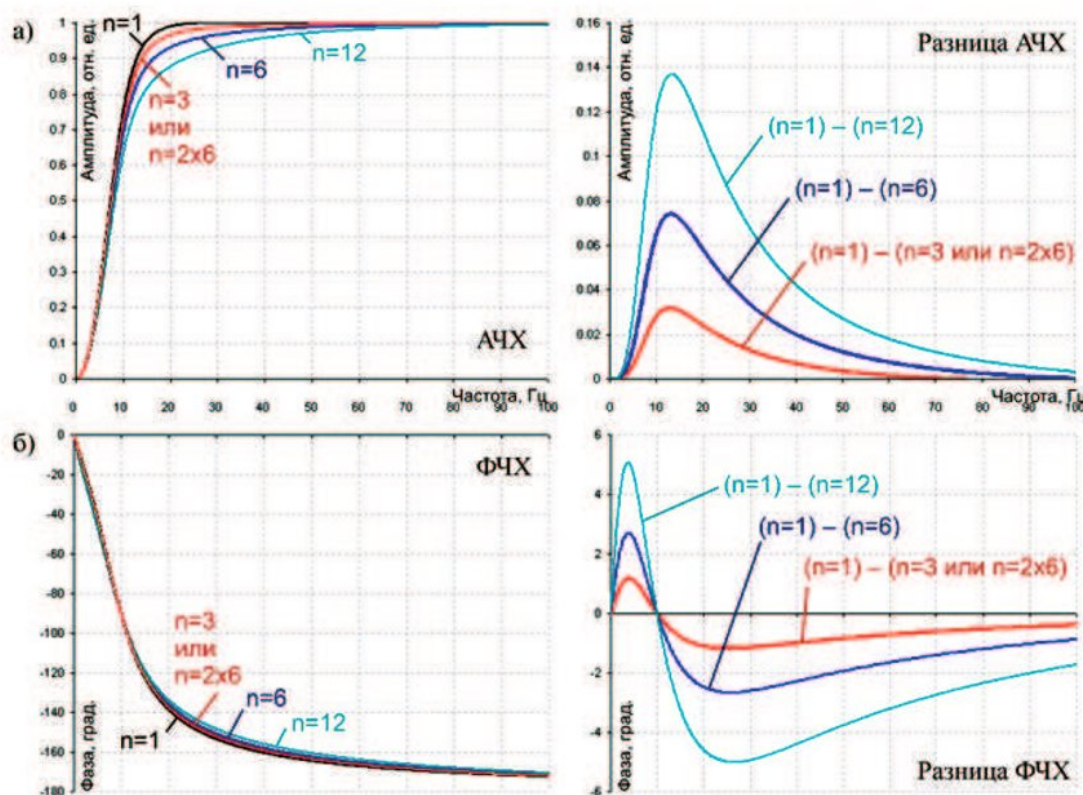
Импульсный отклик регистрирующего тракта ($G(t)$), в общем случае, состоит из импульсных откликов группы сейсμοприёмников ($g(t)$) в комплексе с линиями связи и входными цепями сейсмостанции ($s(t)$), а также из реакции фильтров сейсмостанции на единичный импульс ($f(t)$).

$$G(t) = g(t) * s(t) * f(t). \quad (2)$$

Обычно в учебной и технической геофизической литературе при рассмотрении вопросов, касающихся спектральных характеристик аппаратуры, основной упор сделан на демонстрацию передаточных характеристик в области амплитуда-частота, тогда как в фазо-частотной области содержится не менее ценная информация.

В ОАО “Хантымансийскгеофизика” была выработана методика вычисления корректирующих частотно-зависимых поправок и порядок их применения с целью избавления сейсмических материалов от влияния типа регистрирующей аппаратуры.

На рис. 1 представлены графики амплитудно-частотных (АЧХ) и фазо-частотных характеристик (ФЧХ) некоторых моделей сейсμοприёмников с индукционными электромеханическими преобразователями. На данном рисунке и всех последующих графиках фазо-частотных характеристик аппаратуры отрицательный знак фазы несёт в себе физический смысл запаздывания выходного сигнала по отношению к моменту механического воздействия на датчик. Даже в таком простом случае сопоставления можно увидеть значительную разницу АЧХ и, что более важно, ФЧХ. Другими слова-



▲ Рис. 2. Амплитудно-частотные (а) и фазо-частотные характеристики (б) сейсμοприёмника GS-20DX при различных вариантах группирования

ми, сейсмограммы, зарегистрированные с применением разнотипных датчиков, будут иметь частотно-зависимые различия, что при обработке материалов выразится в их амплитудной и фазовой несогласованности.

Кроме типа использованных сейсмических датчиков на вид регистрируемых данных также оказывает влияние и их группирование. На рис. 2 приведён пример сопоставления спектральных характеристик датчиков GS-20DX при различных вариантах группирования сейсμοприёмников.

Следствием различных технических решений, применённых в конструкции полевых сейсморазведочных комплексов, является неидентичность их передаточных характеристик. Аналоговые фильтры (фильтры высоких частот, режекторные, спектрально-формирующие, фильтры низких частот, анти-аляйсинг фильтры), применяемые к входным сейсмическим данным до преобразователя аналог-код, в разных сейсмостанциях имеют далеко не идентичные спектральные характеристики. Подробные описания характеристик фильтров, применяемых в сейсморазведочных станциях, содержатся в их сопроводительной технической документации.

На рис. 3 приведено сопоставление документированных спектральных характеристик анти-аляйсинг фильтров некоторых моделей сейсмостанций. Стоит отметить, что при смене шага квантования записи передаточные характеристики анти-аляйсинг фильтров будут иными.

Кроме того, для материалов, полученных с применением не телеметрических станций, важным звеном

Рис. 3. Амплитудно-частотные (а) и фазо-частотные характеристики (б) анти-аляйсинг фильтра некоторых моделей сейсмостанций (для шага квантования записи 2 мсек):

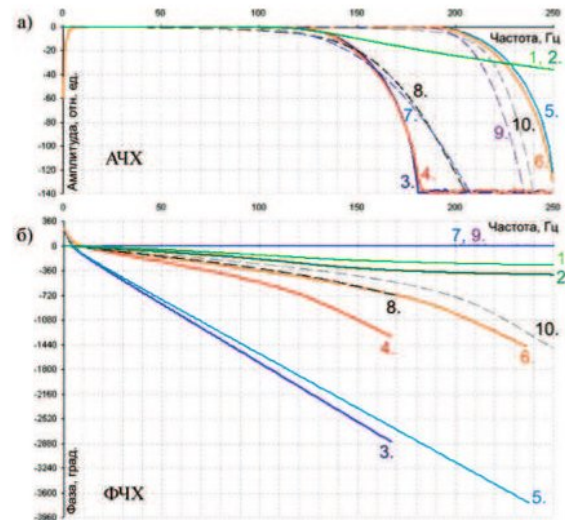
1.) ССЦ-3; 2.) "Прогресс-2"; Input/Output System Two:

3.) 1/2 Lin Ph; 4.) 1/2 Min Ph;

5.) 3/4 Lin Ph; 6.) 3/4 Min Ph; Sercel SN388:

7.) 0.5 Lin Ph; 8.) 0.5 Min Ph;

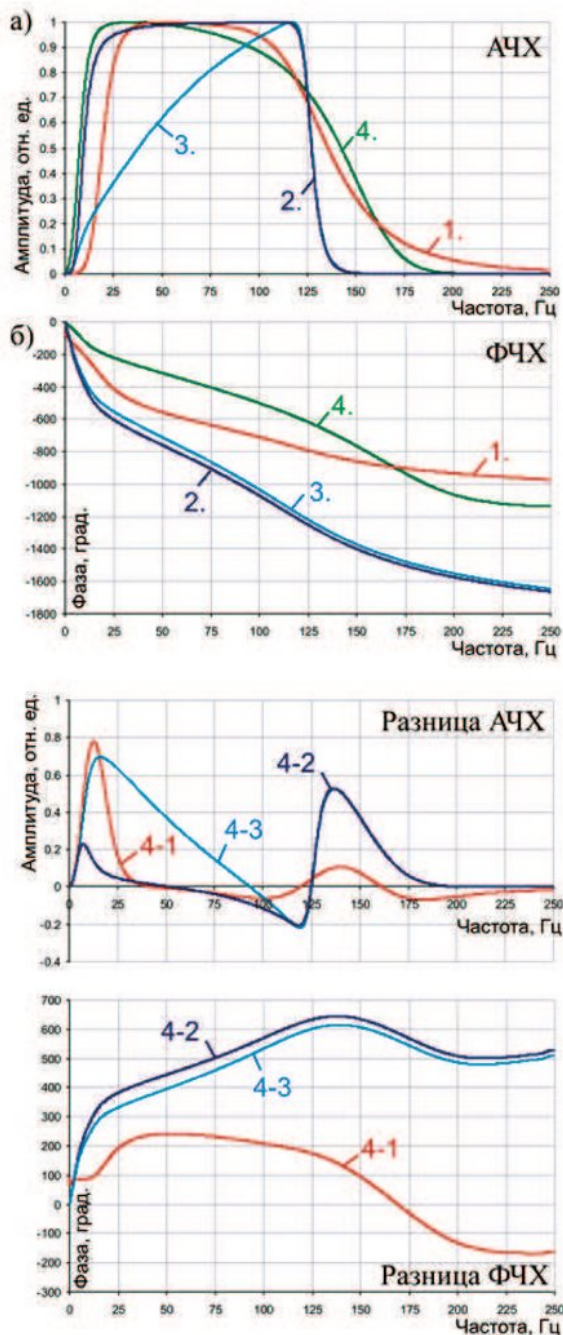
9.) 0.8 Lin Ph; 10.) 0.8 Min Ph ▼



приёмного тракта являются линии связи (сейсмические "косы") и входные цепи сейсмостанции ($s(t)$). При этом на передаточные характеристики указанного участка приёмного тракта влияет много факторов: длина линий связи, марка провода, примененного в сейсмической "косе", конструктивные особенности и характеристики входных цепей сейсмостанции.

На рис. 4 приведены интегральные характеристики нескольких комбинаций регистрирующей аппаратуры, применявшейся при отработке одной площади в разные полевые сезоны. Из сопоставления суммарных характеристик регистрирующих трактов полевой аппаратуры различных видов несложно увидеть их значительную разницу. При таком поведении АЧХ и,

Рис. 4. Интегральные амплитудно-частотные (а) и фазо-частотные характеристики (б) регистрирующих трактов сейсмостанций:
 1.) "Прогресс-2", группа 2х12 из датчиков СВ-20П, ФВЧ 20Гц, ФНЧ 125 Гц;
 2.) Input/Output System Two, группа 2х6 из датчиков GS-20DX, ФВЧ 8.7Гц, 1/2 Min Ph;
 3.) Input/Output System Two, группа 2х6 из датчиков GS-20DX, ФВЧ 8.7Гц, 1/2 Min Ph, спектрально-формирующий фильтр (SSF);
 4.) Sercel SN388, группа 2х6 из датчиков GS-20DX, 0.5 Min Ph. ▼



особенно, ФЧХ становится очевидной проблема рассогласования материалов, полученных с применением различной аппаратуры и различными настройками регистрации.

Решение проблемы согласования материалов разных лет видится в необходимости проведения спектральной коррекции полевых сейсмограмм на начальном этапе обработки сейсморазведочных данных, которая будет учитывать искажения, вызванные применяемым комплексом регистрирующей аппаратуры.

На этапе расчёта корректирующих поправок возникает дилемма: учитывать искажения, приводя характеристики типов аппаратуры к какому-либо одному типу (исходя, например, из преобладающего количества материалов), или же трансформировать все данные, снимая влияние типа регистрирующей аппаратуры путём полной компенсации найденных характеристик.

На начальном этапе опробования методики был выбран первый, менее экстремальный путь, заключающийся в спектральной коррекции меньшего числа сейсмических данных к преобладающему типу аппаратуры.

В правой части рис. 4 приведены разностные спектральные характеристики, вычисленные относительно сейсмостанции Sercel SN388, которые компенсируют различия между полевой аппаратурой, приводя их к единому виду.

На примере контрольных временных разрезов (рис. 5 и 6) показаны результаты фазо-частотной коррек-

ции материалов “Прогресс-2” и Input/Out-put System Two, проведённой по исходным полевым сейсмограммам, с целью их приведения к единому виду Sercel SN388. После учёта спек-тральных различий аппаратуры по суммарным разрезам отмечается улучшение согласованности динамики отражённых волн.

После получения положительных результатов согласования материалов, на основе приведения сейсмограмм к единому (преобладающему) виду регистрирующей аппаратуры, был опробован более радикальный путь решения проблемы – спектральная коррекция всех исходных материалов, с целью полного избавления от аппаратного фактора. Другими словами, приведение спектральных характеристик каждого типа регистрирующего тракта к идеальному (нуль-фазовому) виду.

С теоретической точки зрения, последний вариант решения проблемы согласования более предпочтителен, поскольку при правильном полном учёте аппаратного фактора импульсный отклик регистрирующего тракта ($G(t)$) вырождается в единичный импульс (скорость колебаний грунта под геофоном идентична отсчётам трассы). В конволюционной модели сейсмической трассы (формула 1) произойдёт сокращение аппаратного фактора ($G(t)$). Кроме того, после применения деконволюции, которая на основе расчета оптимального обратного фильтра решает задачу повышения разрешенности и приведения сейсмической записи к

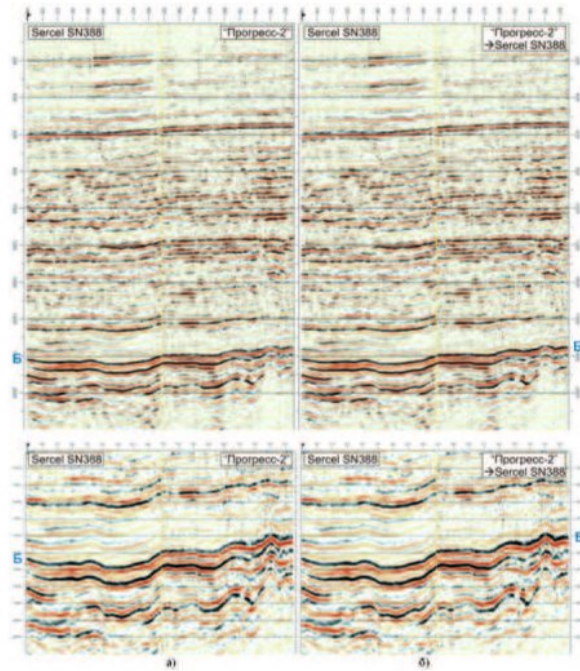


Рис. 5. Сопоставление фрагментов композитного временного разреза, обработанного без специального учёта фазо-частотных различий (а), вызванных аппаратным фактором, и с проведением коррекции ФЧХ (б) ▲

нуль-фазовому виду (коррекция за тип сейсмического источника), должна наблюдаться лучшая сходимость материалов сейсморазведки и данных одномерного сейсмического моделирования на основе данных ГИС.

На рис. 7 приведены фрагменты окончательных временных разрезов, обработанных без коррекции (а) и с учётом аппаратного фактора (б), в сопоставлении с данными одномерного сейсмического моделирования по АК. С компенсацией документированных аппаратных характеристик сходство материалов улучшается, а кроме того, вид отражающих горизонтов приобретает классический вид: опорный горизонт Б (кровля баженовской свиты) – ярко выраженная отри-

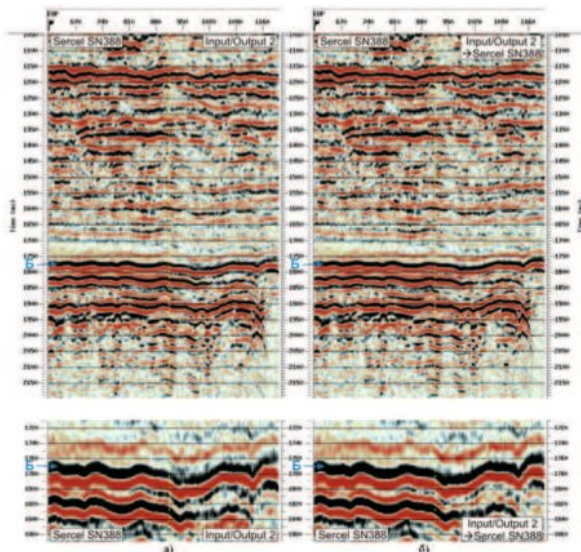


Рис. 6. Сопоставление фрагментов композитного временного разреза, обработанного без специального учёта фазо-частотных различий (а), вызванных аппаратным фактором, и с проведением коррекции ФЧХ (б) ▲

цательная фаза, горизонт ТЮ2 (кровля тюменской свиты) – широкое двухфазное положительное отражение.

Из анализа спектральных характеристик аппаратуры (рис. 1-4) и результатов коррекции (рис. 5-7) следует интересное, с практической точки зрения, заключение: часто применяемый приём согласования окончатель-

ных временных разрезов, общий поворот фазы, является частным случаем коррекции за тип применяемой сейсморегистрирующей аппаратуры. Имея ввиду частотно-зависимый характер изменения аппаратных фазовых задержек, становится очевидным, что простой поворот фазы учитывает различия лишь частично, так как при этом происходит компенсация среднего уровня аппаратной фазовой задержки по доминирующим (видимым) частотам сейсмического разреза.

Фазо-частотная коррекция на основе документированных технических характеристик, проводимая с целью согласования полевых сейсмических материалов, зарегистрированных с применением различной полевой аппаратуры, имеет положительный эффект: однозначно решается вопрос о полярности материалов разных лет, отпадает необходимость во вращениях фазы при стыковке окончательных сейсмических разрезов, так как динамика отражённых

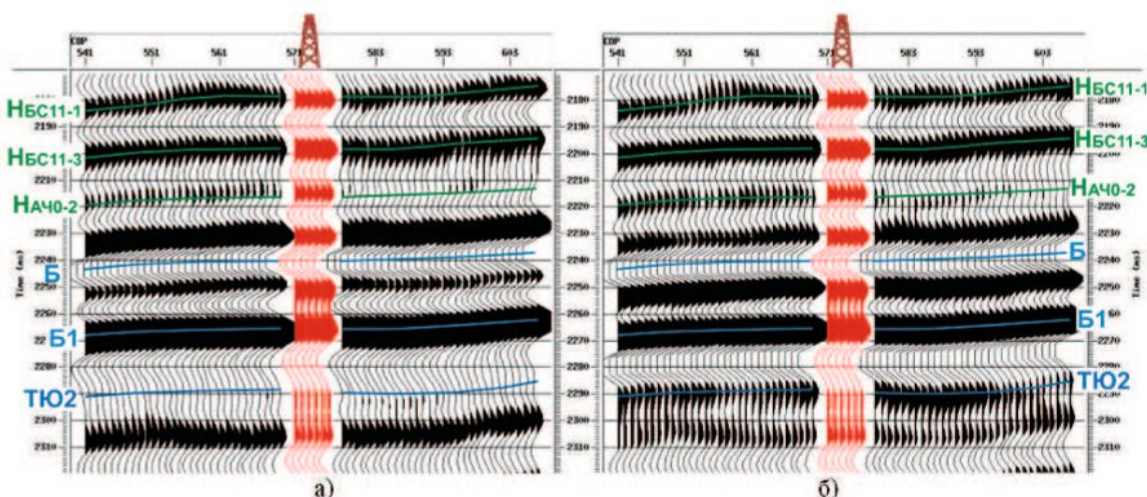


Рис. 7. Фрагменты окончательных временных разрезов без проведения учёта фазо-частотных характеристик применявшегося оборудования (а) и после полной компенсации аппаратного фактора (б) в сопоставлении с данными одномерного сейсмического моделирования ▲

волн становится согласованной. Дополнение стандартных алгоритмов деконволюции (ко-торые не решают задачу приведения сейсмических материалов к единому нуль-фазовому виду) предварительно применяемой фазо-частотной коррекцией позволяет получать согласованные результаты обработки, не зависящие от типа применявшейся полевой регистрирующей аппаратуры.

ющей аппаратуры.

Литература

1. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь, Издательство АИС, 2006, с. 216-222.
2. Бонч-Бруевич А.М. Радиоэлектроника в экспериментальной физике. М., Наука, 1966, 768 с. с илл.
3. Справочник геофизика. Том 4. Сейсморазведка. Гурвич И.И., Номоконов В.П. (ред.).



Брыксин
Илья Валерьевич

Руководитель группы инновационных технологий партии геолого-геофизического обеспечения ОАО "Хантымансийск-геофизика", ГЕОТЕК.



Цвей
Евгений Викторович

Начальник партии геолого-геофизического обеспечения ОАО "Хантымансийск-геофизика", ГЕОТЕК.

Книжная полка

Вышел в свет учебник для вузов «СЕЙСМОРАЗВЕДКА» в двух томах. Изд-во УГГУ: 2011 г. Авторы учебника: Бондарев Владимир Иванович, д.г.-м.н., профессор, зав. кафедрой геофизики нефти и газа Уральского государственного горного университета и Крылатков Сергей Михайлович, доцент той же кафедры, к.г.- м. н.



Учебник имеет гриф "Рекомендовано" УМО Министерства образования и науки Российской Федерации по образованию в области прикладной геологии. Предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 130201 - "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых" (решение № 26-14-УМО/23 от 26.09.2010 г.)

Том 1 содержит 2 части:

ЧАСТЬ 1. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

ЧАСТЬ 2. МЕТОДЫ, АППАРАТУРА И ТЕХНОЛОГИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Том 2 включает в себя одну часть:

ЧАСТЬ 3. ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Каждый том содержит более 350 иллюстраций, в том числе на 120 цветных страницах.

В первом томе в приложении содержится информация о выпускающих геофизических кафедрах вузов России. В приложениях ко второму тому приведены: анализ современного рынка геофизических услуг в России, информация о крупнейших сервисных геофизических компаниях России и информация об отечественных производителях сейсморазведочной аппаратуры и оборудования.

Учебник может быть полезным студентам и преподавателям вузов и колледжей, специалистам геолого-геофизического профиля, занимающимся вопросами нефтегазовой геологии и геофизики. Стоимость каждого тома учебника - \$50 + почтовые расходы.

По вопросам приобретения учебника можно обращаться по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. Уральский государственный горный университет, кафедра геофизики нефти и газа. Тел +7(343) 2576558. E-mail: bondarev_v@mail.ru,