

УДК 550.834.53

ПРИМЕР ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ВЫДЕРЖАННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА ПО ПЛОЩАДИ

Смирнов В.Н.¹, Новокрещин А.В.²

ООО «Тюменский нефтяной научный центр» (ООО «ТННЦ»), г. Тюмень
e-mail: ¹vnsmirnov2@tnk-bp.com, ²avnovokreschin@tnk-bp.com

Аннотация. Одним из наиболее важных параметров, влияющих на качество интерпретации данных сейсмических съемок и последующих инверсионных преобразований, является сейсмический импульс, а также выдержанность его характеристик по площади. Вариации характеристик импульса могут быть обусловлены многими факторами, главными из которых являются поверхностные сейсмогеологические условия и методика проведения полевых съемок. В статье предлагается подход к оценке выдержанности импульса по площади, а также оценки в виде карт в случае анализа 3D сейсмических данных.

Ключевые слова: сейсмический импульс, деконволюция, автокорреляция, амплитудно-частотный спектр, пиковая частота

Качество временных сейсмических разрезов, а, следовательно, и применимость получаемых при их интерпретации сейсмогеологических и геологических моделей зависит как от условий проведения полевой съемки, так и от того, насколько на стадии обработки полевого материала удалось учесть искажающих влияние разнообразных факторов. Среди подобного рода факторов выделяют: топографические условия, литологические вариации в верхней части разреза, мощность зоны малых скоростей и/или многолетнемерзлых пород, вариации по площади энергии и формы импульса источника, высокочастотный шум (к примеру, ветер), когерентный шум (поверхностные волны, кратные волны и т.п.), шумы и искажения приемного тракта, поглощение сейсмической энергии изучаемой средой, вариации в геометрии сейсмической системы наблюдения и т.д. [1].

Одним из наиболее важных параметров, влияющих на качество интерпретации данных сейсмических съемок и последующих инверсионных преобразований, является выдержанность характеристик сейсмического импульса по площади исследований. Особое влияние используемые сейсмические импульсы могут оказать на результат инверсионных преобразований. Перекачка энергии из главного экстремума в боковые лепестки импульса приводит к привносу в восстанавливаемые кривые распределения импеданса среднечастотной составляющей, а несоответствие фазового спектра может приводить к восстановлению, на границах толстых в сейсмическом отношении пластов, несуществующих пропластков [2]. Подобного рода эффекты наблюдаются в случае, если на стадии обработки данных полевой съемки параметры сейсмических импульсов по площади не были приведены к единому виду, а на этапе инверсионных преобразований использован

импульс, который по своим характеристикам не соответствовал каждой сейсмической трассе. Все это приводит к неверной структурной и динамической интерпретации данных сейсмических съемок.

Сильные вариации характеристик импульса отмечаются в транзитных зонах проведения сейсмических съемок, когда при переходе «суша-мелководье» меняют используемые источники и приемники упругих сейсмических колебаний. В этом случае предложено использовать двухэтапную статистическую деконволюцию (для сейсмограмм общего пункта взрыва и общего пункта приема) [3]. Литологические особенности верхней части разреза искажают форму импульса, а скоростные неоднородности приводят к вариации пиковой частоты импульса [4]. Не всегда подобного рода эффекты являются устраненными, в результате на временных разрезах можно наблюдать зоны негеологического изменения динамических характеристик разреза (рис. 1).

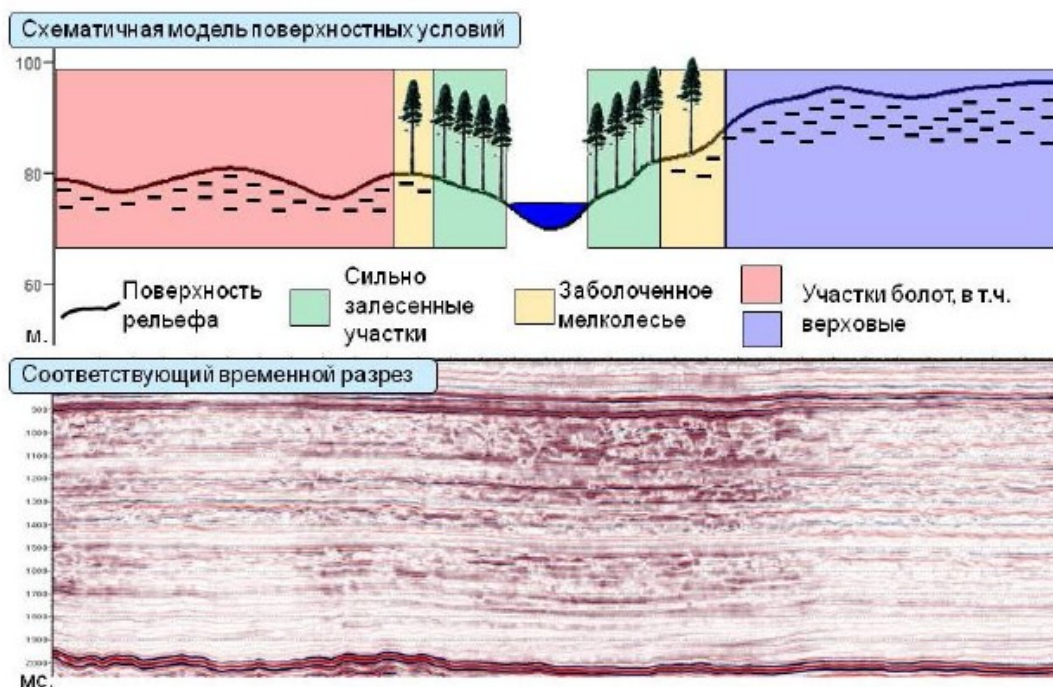


Рис. 1. Схематичная модель поверхностных условий и соответствующий временной разрез

Изменение поверхностных условий в случае наземных съемок, как то наличие разномошных песчаных дюн [5] или площадные вариации литологического состава приповерхностных отложений, приводят к тому, что при использовании источников упругих колебаний с идентичными параметрами, импульсные характеристики разнятся. Хорошим, но редко реализуемым примером устранения отмеченных искажений, является проведение опытных работ по изучению изменения параметров импульса в зависимости от характеристик источника (к примеру,

массы взрывчатого вещества) и литологического состава среды возбуждения. Получаемая информация позволяет варьировать параметрами источника упругих колебаний для областей с различным литологическим составом, в результате чего характеристики возбуждаемого импульса получаются выдержанными по площади [6].

Нередко встречаются ситуации, когда на динамические характеристики сейсмической записи и, соответственно, параметры импульса влияют и локальные погруженные неоднородности, такие как газовые шапки [7]. В этом случае необходимо исключать влияние газа. Процедура АРУ в широком окне [7] не является предпочтительной и может значительно исказить динамические характеристики сейсмического волнового поля. Наиболее предпочтительным в подобных случаях является применение процедур Q-компенсации [8].

Совершенно очевидно, что отмеченные искажения должны быть оценены и учтены, либо на стадии обработки/дообработки данных сейсмических съемок, либо на стадии инверсионных преобразований, посредством применения переменного по площади импульса [2, 13, 14]. Пространственные вариации импульса могут быть получены с привлечением статистической автокорреляции [1]. Пример данного подхода реализован в программе-плагине «ELVI» (авт. Смирнов В.Н., Девятка А.П. регистрация в ФАП СО РАН №PR11008 от 25.03.2011г.) для программного обеспечения фирмы Schlumberger – Petrel и представлен на рис. 2.

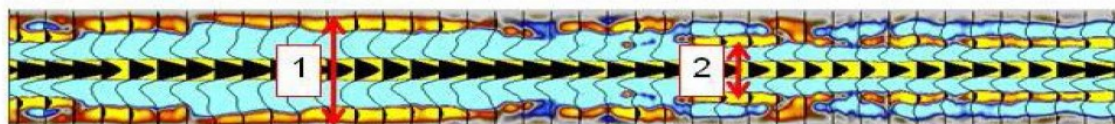


Рис. 2. Использование автокорреляции сейсмических трасс в целевом интервале для оценки выдержанности импульса по площади:

1 – зона низко- и 2 – высокочастотного импульсов

Заметно, что происходит изменение характеристик импульса с более низкочастотного (рис. 2-1) к высокочастотному (рис. 2-2). Однако, если для 2D данных данный анализ может быть с легкостью реализован, то для 3D, ввиду много большего объема данных, необходимо переходить непосредственно к площадным оценкам вариации параметров импульса. Признано, что некоторые характеристики импульса, такие как полная временная длительность и уровень побочных максимумов лучше анализировать с помощью его амплитудно-частотного спектра.

Из существующих методов спектрального разложения, таких как MEM (метод максимальной энтропии), SWT (непрерывное вейвлет-преобразование), MPD («поиск совпадений») и DFT (дискретное преобразование Фурье) [9], наиболее предпочтительным является преобразование Фурье, выполнив которое в потрассном режиме по кубу автокорреляции и сняв определенные спектральные

характеристики, возможно построение карт, отражающих площадные вариации характеристик сейсмических импульсов. Если рассматривать амплитудно-частотный спектр (рис. 3), то здесь наибольшее значение имеет пиковая частота.

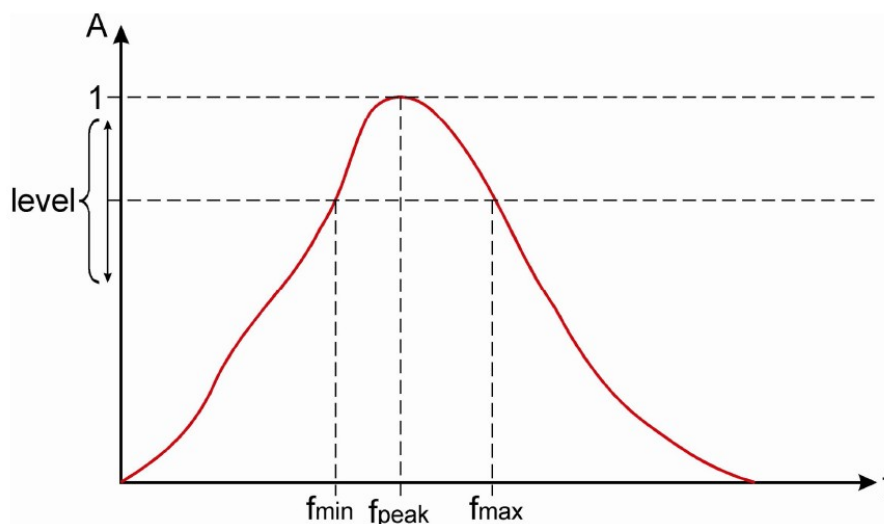


Рис. 3. Нормированный на «1» амплитудно-частотный спектр и используемые параметры: пиковая частота (f_{peak}), минимальная (f_{min}) и максимальная (f_{max}) частоты на заданном уровне

Стоит отметить, что в ГОСТ 24346-80 (СТ СЭВ 1926-79) за данным параметром, соответствующем «частоте, которой соответствует глобальный максимум амплитудного спектра» закреплен термин «преобладающая частота». Между тем, в иностранной англоязычной литературе под термином «преобладающая частота» понимается квадратный корень второго момента [10], а для частоты, соответствующей максимальной амплитуде спектра, принято использовать термин «пиковая частота» [11]. Именно этим термином мы будем пользоваться для охарактеризовывания частоты с максимальной амплитудой в спектре. Этот параметр и отвечает за основной максимум импульса.

Для выполнения расчетов в потрасном режиме по кубу автокорреляции использована программа «Spectrum Qualifier» (авт. Смирнов В.Н., Новокрецин А.В., Девятка А.П., регистрация в ФАП СО РАН №PR11003 от 11.03.2011г.). В результате работы программы рассчитываются три частотные карты: пиковой, минимальной и максимальной частот (рис. 3), которые затем могут быть комбинированы с различными весами. В приведенном далее примере применяется 0,25 для карт минимальной и максимальной частот и 0,5 для карты пиковой частоты. В результате, получается частотная карта комплексного параметра, отражающая изменения характеристик сейсмического импульса по площади.

На рис. 4 представлен расчет комплексной карты и положение на ней приведенного на рис. 2 разреза по кубу автокорреляции. По полученной карте заметно, что площадь явно разбивается на две зоны: с низкочастотным (западная часть площади) и высокочастотным (восточная часть площади) импульсами. Полученная зональность не случайна и кроется в особенностях методики проведенных полевых работ: область с высокочастотными характеристиками импульса отрабатывалась с использованием взрывного источника; область с низкочастотными характеристиками импульса – с использованием вибрационных источников сейсмических колебаний.

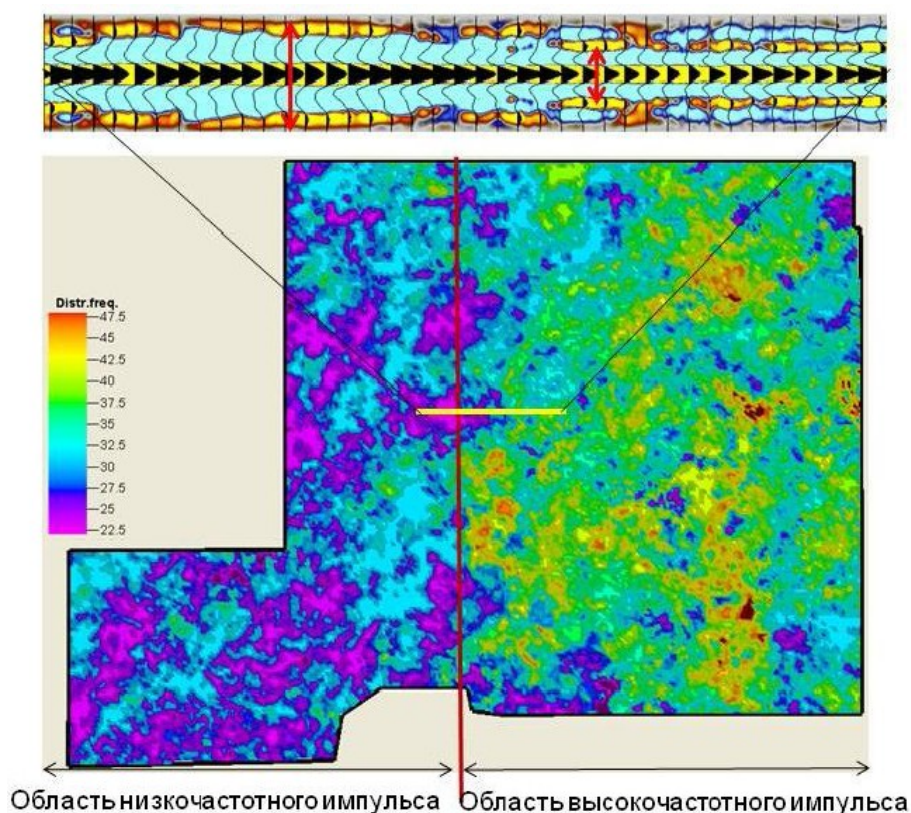


Рис. 4. Комплексная частотная карта, отражающая вариации сейсмического импульса по площади.

В другом примере (рис. 5), на карте комплексного параметра, в юго-западной части изучаемой площади выделяется зона пониженных частот. Данная зона соответствует заболоченным торфяным областям, которые оказали негативное влияние на характеристики возбуждаемых и регистрируемых упругих колебаний. Ведь, как известно, неконсолидированные отложения фильтруют высокие частоты, отличаются высокими коэффициентами поглощения и фильтрующее действие полуторакилометровой толщи терригенных отложений меньше, чем действие четырех-пятиметрового слоя торфяных отложений [12].

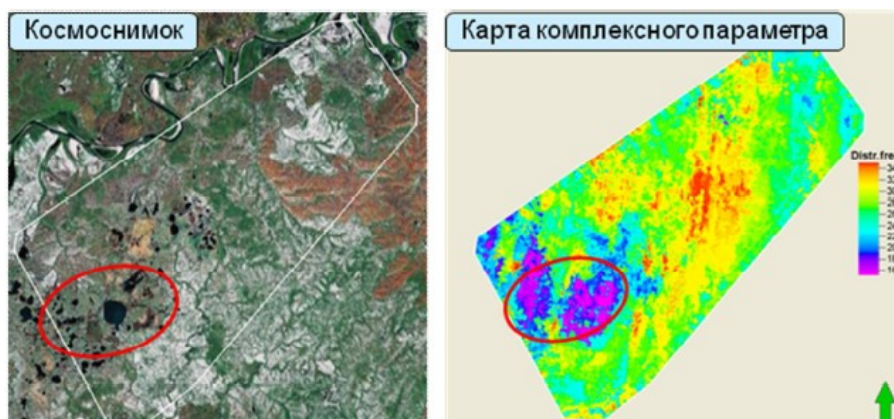


Рис. 5. Построенная частотная карта комплексного параметра и космоснимок изучаемого месторождения

Очевидно, что проведение динамического анализа волновой картины или сейсмических инверсионных преобразований в подобных случаях будет искажено изменяющимися характеристиками сейсмического импульса. Классическим подходом по приведению параметров импульса к единым по площади является дообработка анализируемого сейсмического амплитудного куба, однако это не всегда возможно реализовать. В этом случае, возможно применение сейсмических инверсионных преобразований с полученным с кубом переменного импульса. Применение переменного импульса дает положительный эффект как на модельных данных [2], так и для устранения влияния вариации характеристик возбуждения и приема в транзитных зонах [13] или устранения влияния газовых шапок [14].

Выводы

Ввиду влияния на качество выполняемой интерпретации данных сейсмических съемок, должна выполняться оценка выдержанности характеристик импульса по площади. Вариации характеристик импульса могут быть обусловлены многими факторами, главными из которых являются поверхностные сейсмогеологические условия и методика проведения полевых съемок. В случае если характеристики импульса по площади варьируются, необходимо сейсмические данные либо дообрабатывать, либо, на стадии инверсионных преобразований применять переменный по латерали импульс.

Литература

1. Wu Lin, Ling Yun, and Guo Xiangyu. 3D seismic data monitoring and evaluation // SEG 73-rd Annual International Meeting expanded abstracts. Dallas, 2003. Vol. 22, pp. 2140 - 2143.
2. Смирнов В.Н., Новокрещин А.В. Переменный импульс для акустических инверсионных преобразований // Тезисы Симпозиума «Тюмень-2011. Продуктивные клиноформные комплексы и возможности современной сейсморазведки». Тюмень, 2011. С. 2 - 3.
3. Jun Gao, Yun Ling, and Desheng Sun. Geophysical and geological QC in seismic data processing // SEG Annual International Meeting & Exhibition expanded abstracts. Beijing, 2009. Vol. 28, p. 625.
4. Congde Lu, Y. Ling, J. Gao, D. Sun, and J. Lin. Study of near-surface layer effects in reflection seismic exploration from the dynamics point of view // SEG International Exposition and Annual Meeting expanded abstracts. Houston, 2009. Vol. 28, p. 1414.
5. Yanbin G., Xiaoyun D. Desert seismic data processing technology from desert surface // SEG Annual Meeting expanded abstracts. New Orleans, 2006. Vol. 25, p. 566.
6. Gao Guocheng, Shi Haifeng, Wang Naijian and Liu Yangui. Method to preserve wavelet consistency in high-precision seismic exploration // SEG Annual Meeting expanded abstracts. New Orleans, 2006. Vol. 25, p. 80.
7. Bacon M., Simm R., Redshaw T. 3-D seismic interpretation. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. P. 156.
8. Wang Y. Inverse Q-filtering seismic resolution enhancement // Geophysics. 2006. Vol. 71. No. 3. PP. 51-60. DOI: 10.1190/1.2192912
9. Castagna J.P., Sun S. Comparison of spectral decomposition methods. First Break. 2006. Vol. 24. No. 3. PP. 75-79.
10. Barnes A. Instantaneous spectral bandwidth and dominant frequency with applications to seismic reflection data. Geophysics. 1993. Vol. 58. No. 3. PP. 419-428. DOI: 10.1190/1.1443425
11. Kallweit R., Wood L. The limits of resolution of zero-phase wavelets. Geophysics. 1982. Vol. 47. No. 7. PP. 1035-1046. DOI: 10.1190/1.1441367
12. Бобровник И.И. Влияние верхней части разреза на формирование сейсмического сигнала // Геофизический сборник: тр. ЗапСибНИГНИ. Тюмень, 1971. Вып. 25. С. 14.
13. Князев Д.И., Родина О.А. Расчет и применение переменного по площади импульса для сейсмической инверсии: тезисы 11-ой международной научно-практической конференции «Геомодель-2009». Геленджик, 2009.
14. Rudiana C., Irawan B., Sulistiono D., Sams M. Overcoming seismic attenuation caused by shallow gas above at a gas field offshore Indonesia to quantitatively characterize the reservoir through simultaneous inversion // Proceedings of 32nd Annual IPA Convention & Exhibition. Jakarta, May, 2008. IPA-G-134.

EXAMPLE OF AN APPROACH TO EVALUATION OF LATERALLY VARIABLE SEISMIC WAVELET

V.N. Smirnov¹, A.V. Novokreshchin²

Tyumen Petroleum Research Center ("TNNC" LLC), Tyumen, Russia

e-mail: ¹vnsmirnov2@tnk-bp.com, ²avnovokreschin@tnk-bp.com

Abstract. *One of the most critical parameters affecting the quality of interpretation of seismic data and seismic inversion procedures is a seismic wavelet, as well as stationary of its areal features. The article offers an approach to evaluation of laterally variable wavelet parameters and also map evaluations in case of analysis by 3D seismic data.*

Keywords: *seismic wavelet, deconvolution, autocorrelation, amplitude-frequency spectrum, peak frequency*

References

1. Wu Lin, Ling Yun, and Guo Xiangyu. 3D seismic data monitoring and evaluation // SEG 73-rd Annual International Meeting expanded abstracts. Dallas, 2003. Vol. 22, pp. 2140-2143.
2. Smirnov V.N., Novokreshchin A.V. Smirnov V.N., Novokreshchin A.V. *Peremennyi impul's dlya akusticheskikh inversionnykh preobrazovaniy (Laterally variable wavelet for acoustic inversion). Tezisy Simpoziuma «Tyumen'-2011. Produktivnyye klinoformnye kompleksy i vozmozhnosti sovremennoi seismorazvedki» (Proceedings of symposium "Tyumen-2011 Productive cliniform complexes and modern seismic exploration potentials")*. Tyumen, 2011. PP. 2-3.
3. Jun Gao, Yun Ling, and Dsheng Sun. Geophysical and geological QC in seismic data processing. *SEG Annual International Meeting & Exhibition expanded abstracts*. Beijing, 2009. Vol. 28, p. 625.
4. Congde Lu, Y. Ling, J. Gao, D. Sun, and J. Lin. Study of near-surface layer effects in reflection seismic exploration from the dynamics point of view. *SEG International Exposition and Annual Meeting expanded abstracts*. Houston, 2009. Vol. 28, p. 1414.
5. Yanbin G., Xiaoyun D. Desert seismic data processing technology from desert surface. *SEG Annual Meeting expanded abstracts*. New Orlean, 2006. Vol. 25, p. 566.
6. Gao Guocheng, Shi Haifeng, Wang Naijian and Liu Yangui. Method to preserve wavelet consistency in high-precision seismic exploration. *SEG Annual Meeting expanded abstracts*. New Orlean, 2006. Vol. 25, p. 80.
7. Bacon M., Simm R., Redshaw T. 3-D seismic interpretation. Cambridge: Cambridge University Press. 2003. P. 156.
8. Wang Y. Inverse Q-filtering seismic resolution enhancement. *Geophysics*, 2006, Vol. 71, No. 3, pp. 51-60. DOI: 10.1190/1.2192912

9. Castagna J.P., Sun S. Comparison of spectral decomposition methods. *First Break*, 2006, Vol. 24, No. 3, pp. 75-79.
10. Barnes A. Instantaneous spectral bandwidth and dominant frequency with applications to seismic reflection data. *Geophysics*, 1993, Vol. 58, No. 3, pp. 419-428. DOI: 10.1190/1.1443425
11. Kallweit R., Wood L. The limits of resolution of zero-phase wavelets. *Geophysics*, 1982, Vol. 47, No. 7, pp. 1035-1046. DOI: 10.1190/1.1441367
12. Bobrovnik I.I. Vliyanie verkhnei chasti razreza na formirovanie seismicheskogo signala (Near-surface influence on wavelet shaping) in *Geophysical compilation of ZapSibNIGNI papers*. Tyumen, 1971. Vol. 25. P. 14.
13. Knyazev D.I., Rodina O.A. Raschet i primeneniye peremennogo po ploshchadi impul'sa dlya seismicheskoi inversii (Calculation and application of laterally variable wavelet for seismic inversion). *Tezisy 11-oi mezhd. nauch.-prakt. konf. "Geomodel-2009"* (Abstracts of 11th Intern. research-to-practice conf. "Geomodel-2009", 2009.
14. Rudiana C., Irawan B., Sulistiono D., Sams M. Overcoming seismic attenuation caused by shallow gas above at a gas field offshore Indonesia to quantitatively characterize the reservoir through simultaneous inversion. *Proceedings of 32nd Annual IPA Convention & Exhibition*. Jakarta, May, 2008. IPA-G-134.