

А. Г. Рудаков

## ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ МЕТОДОМ ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН

1. Своего рода стержнем всего процесса сейсмической разведки является преобразование исходного (необработанного) волнового поля, характеризующего сейсмические свойства среды безотносительно к каким-либо целям практики, в поле, обработанное до такого уровня, чтобы в нем явным образом проявлялась полезная (сигнальная) информация, необходимая для решения поставленных геологоразведочных задач. В соответствии с этим целесообразно подразделять процесс сейморазведки на ряд последовательных этапов. Начальным является этап получения исходного волнового поля (ИВП) в типичных сейсмогеологических условиях района работ [1]. Указанное поле выступает как объект обработки, как точка отсчета, необходимая для придания осмысленной направленности всем последующим действиям по выбору и обоснованию процедур преобразований сейсмических записей как в ходе полевых наблюдений, так и в специализированных вычислительных центрах. Конечным результатом начального этапа является расчленение ИВП на входящие в его состав главные волны и волновые фоны [1–3].

Содержанием следующего этапа являются опытно-методические (теоретико-экспериментальные) исследования, ориентированные на изучение и описание свойств выделенных волн и волновых фонов, на выяснение характера изменения этих свойств во всем доступном на практике диапазоне варьирования условий возбуждения и приема колебаний. Параллельно проводятся комплексные позиционно-скважинные наблюдения с целью определения параметров ВЧР и изучения зависимости свойств наблюдаемых волновых полей от указанных параметров. Полученные данные используются для построения эффективной сейсмической модели верхней части разреза (ЭСМ-ВЧР). Совместно с имеющимися модельными представлениями о свойствах объектов сейсмической разведки, ЭСМ-ВЧР служит основой для выбора и обоснования параметров систем наблюдений, условий возбуждения и приема колебаний, рекомендуемых для реализации в ходе полевых наблюдений.

На этапе массовых (“производственных”) полевых сейморазведочных работ необходим контроль за соблюдением эффективности выбранных параметров и условий наблюдений на всей изучаемой площади. Возможности решения этой задачи претерпели существенные изменения как в ходе перехода от традиционных систем наблюдений “по МОВ” к системам многократных перекрытий ММП-ОГТ, так и вследствие резкого расширения круга геологоразведочных задач, решаемых сейморазведкой.

2. Под оценкой качества первичных полевых материалов естественно понимать (если исключить чисто технические аспекты) оценку эффективности процедур обработки ИВП в период полевых наблюдений. Во времена традиционного МОВ, опирающегося на толстослоистую модель изучаемой среды и приспособленного для решения главным образом структурных задач, получение качественных первичных материалов служило одновременно и определенным гарантом успешного решения всей поставленной геологоразведочной задачи. Основными процедурами обработки ИВП были процедуры, реализуемые непосредственно в поле, в ходе получения первичных материалов. Требования к последним могли быть четко сформулированы, а их

выполнение поддавалось жесткому контролю: либо на получаемых сейсмограммах обеспечивалась визуальная корреляция целевых отраженных волн, либо (в противном случае) полученные записи считались браком.

Хотя с переходом к методике ММП-ОГТ ситуация с оценкой качества получаемых сейсмических данных изменилась коренным образом (о чем еще пойдет речь далее), в области формальных требований к качеству материалов, получаемых в поле, никаких сколько-нибудь заметных изменений не произошло. Физическое наблюдение, под которым понимают сейсмограмму или совокупность сейсмограмм ОПВ, считается браком (коэффициент качества — ноль), если по записям на магнитных сейсмограммах “не обеспечивается визуальное выделение осей синфазности целевых отражений” [4, с. 258]. Поскольку в настоящее время важнейшей задачей является “не изучение реперных горизонтов, а исследование строения тонкослоистой структуры всего разреза” [5, с. 11], требование визуального выделения осей синфазности полезных волн распространяют на весь протяженный “целевой” временной интервал записи.

Как видим, существующий подход к оценке качества первичных полевых материалов ММП-ОГТ, каковыми являются сейсмограммы ОГТ, основан на подмене последних сейсмограммами ОПВ. Применительно к реальным условиям экспериментов у такой подмены нет достаточных оснований. Для совпадения сейсмограмм ОГТ и ОПВ требуется, чтобы: а) изучаемая среда была поперечно-изотропной; б) параметры пар приемник-источник, формирующих сейсмограммы обоих типов, были одинаковыми; в) все источники, участвующие в формировании сейсмограмм ОГТ, были идентичными.

Последнее требование заведомо не выполняется в районах, где волновые поля (например, сложные интерференционные поля некоторых типов волн-помех) оказываются некорректными по отношению к условиям возбуждения колебаний [6, 7]. Уже одно это обстоятельство должно служить достаточным поводом к тому, чтобы либо пользоваться как первичным материалом сейсмограммами ОГТ, либо в каждом из районов работ получать экспериментальные подтверждения правомочности их замены сейсмограммами ОПВ. Предположим, однако, что оценка качества полевых материалов производится по сейсмограммам ОГТ. Вызывает недоумение сама исходная посылка, заложенная в требования к первичным материалам ММП-ОГТ: они должны быть, по сути дела, заранее свободными от помех, на подавление которых как раз и рассчитаны упомянутые последующие преобразования. Признание качественными лишь тех полевых сейсмограмм, на которых во всем целевом временном интервале обеспечивается возможность визуальной корреляции полезных (однократно отраженных) волн, означает одновременно фактическое отрицание роли кратно отраженных волн как “наиболее серьезной помехи” при выделении полезных сигналов [8]. Вместе с тем именно такие среды (с выдержанными по площади отражающими горизонтами) наиболее благоприятны для образования помех данного типа. По мере же уменьшения степени упорядоченности структурных элементов, формирующих изучаемую среду, понижается и возможность образования полей кратных отраженных волн с устойчивыми в пространстве характеристиками, которые могли бы приниматься в расчет при выборе параметров групп ОГТ.

3. Подводя некоторый итог, особо выделим факторы, благодаря которым качество первичных материалов при традиционном МОВ оказывалось (фактически) показателем эффективности всего сейсморазведочного процесса: а) ограничение обработки ИВП набором процедур, реализуемых на этапе полевых наблюдений; б) наличие наглядного и убедительного критерия оценки качества.

Ни один из этих факторов не реализуется при работах по ММП-ОГТ. С переходом к методике многократных перекрытий проблема оценки обработки ИВП резко усложнилась, приобрела существенно иное (чем при традиционном МОВ) содержание. Упомянутые выше попытки не замечать эти изменения, сохраняя требования к качеству полевых материалов на уровне критериев, сложившихся в эпоху МОВ, заведомо не состоятельны: создавая видимость отсутствия проблемы они лишь препятствуют ее решению. Приходится констатировать, что до настоящего времени не только не разработаны критерии оценки качества обработки ИВП, адекватные действительной сложности геологоразведочных задач современной сейсморазведки, но и не выявлены, не рассмотрены с достаточной полнотой те основные (принципиальные) особенности применяемой в настоящее время массовой технологичной методики, для оценки эффективности которой как раз и требуется вести поиск соответствующих критериев качества. Что же касается непосредственно этапа полевых работ, то из определяющего успех всего сейсморазведочного цикла он стал играть лишь некоторую вспомогательную роль без четко очерченных целей и задач, при фактически полном отсутствии критериев успешности их реализации.

4. Обратимся к некоторым аспектам актуальной, многотрудной и многоплановой проблемы оценки качества материалов, получаемых в ходе обработки ИВП современными высокотехнологичными методиками сейсморазведки МОВ. Переход от "упрощенных" систем наблюдений традиционного МОВ с его "элементарными" линейными разрезами к современному МОВ-ОГТ с характерным для него впечатляющим разнообразием волновых (временных) разрезов, был одновременно и переходом от многократного (во многих точках) корреляционного профилирования малого числа протяженных по латерали объектов разведки (опорных отражающих горизонтов) к однократному (в одной точке) вертикальному зондированию неограниченного числа отражающих элементов, распределенных (в поперечно-изотропных средах) по нормали к дневной поверхности. Сейсморазведка корреляционного горизонтального профилирования сменилась сейсморазведкой вертикального зондирования, воспринимаемой во многих случаях как некое подобие сейсмического бурения.

В плане принципиальном, наблюдения по МОВ-ОГТ представляют собой сейсмические зондирования, осуществляемые в отдельных точках профиля с помощью одиночной группы ОГТ. Параметры указанной группы определяются исходя из требований подавления высокоскоростных помех (типа кратно отраженных волн). При этом предполагается, что относительно более низкоскоростные помехи в достаточной степени подавлены полевыми интерференционными системами: группами приемников и источников. При отсутствии помех группа ОГТ состоит из одного элемента, одной пары приемник-источник. В этом случае наблюдения по методу ОГТ сводятся к наблюдениям по способу СЦЛ (центрального сейсмического луча). Весьма важно правильно и в полной мере извлечь следствия, вытекающие из перечисленных выше очевидных обстоятельств.

а. Подобно тому, как при синтезе параметров групп приемников требуется анализировать записи исходных сейсмограмм ОПВ, а при синтезе параметров групп источников — записи исходных сейсмограмм ОПП [6, 7], данные для синтеза параметров ОГТ следует получать путем анализа исходных сейсмограмм ОГТ, поскольку трассы именно этих сейсмограмм суммируются в ходе последующей обработки. Необходимость обращаться по всем узловым вопросам методики полевых работ ММП-ОГТ к сейсмограммам ОГТ, к сожалению, пока игнорируется в практике сейсморазведки.

б. У сейсмограмм ОГТ как первичных полевых материалов ММП-ОГТ, на самом деле, двойная роль. С одной стороны, они содержат в себе информацию об эффективности всего комплекса процедур обработки ИВП, направленных на этапе полевых работ главным образом на подавление низкоскоростных и среднескоростных волн-помех. С этих позиций, оценка качества сейсмограмм ОГТ должна приводить либо к сохранению, либо к изменению (совершенствованию) элементов методики полевых наблюдений, ответственных за степень ослабления указанных помех. С другой стороны, сейсмограммы ОГТ являются исходным материалом для последующей (лабораторной) стадии обработки полученных данных. Их оценка с этих позиций должна включать в себя установление соответствия (или несоответствия) характеристик фактически наблюдаемых на получаемых записях помех типа кратно отраженных волн представлениям, которыми руководствовались при выборе параметров групп ОГТ, используемых для их подавления. При существенном отклонении фактически наблюдаемых характеристик помех от предполагаемых требуется соответствующим образом пересматривать (совершенствовать) процедуры обработки ИВП, ответственные за подавление данного типа помех. Совершенно не исключено, что по мере перехода на новые участки работ анализ сейсмограмм ОГТ выявит либо наличие какого-либо нового типа помех, либо изменение относительной роли в составе регистрируемого поля ранее наблюдавшихся типов помех. Во всяком случае, именно тщательный анализ свойств (в первую очередь — корреляционных свойств) сейсмических записей на сейсмограммах ОГТ является естественным и действенным механизмом обратной связи между качеством первичных полевых материалов ММП-ОГТ и методиками их получения и интерпретации. Основным объемом исследований волновых полей, включая и выявление компонентов поля некорректных по отношению к условиям возбуждения колебаний, производится на этапе опытно-методических работ. Вместе с тем, учитывая широкий диапазон возможных значений кажущихся скоростей волн-помех, может потребоваться (на отдельных контрольных участках рабочих профилей) получение сейсмограмм ОГТ с существенно сокращенными интервалами между трассами (по сравнению с принятыми при производственных работах).

в. Итогом наблюдений по методу ОГТ на каждом отдельном пикете профиля является принадлежащая ему единственная трасса (суммотрасса) сейсмической записи, трактуемая как трасса временного сейсмического разреза. Последнее вытекает из предположения, в соответствии с которым указанная суммотрасса полностью очищена от помех всех типов и представлена исключительно колебаниями, принадлежащими однократно отраженным волнам. По одиночной сейсмической трассе невозможно судить о действительной природе образующих ее колебаний. Предположение о полном отсутствии помех в составе результирующей сейсмической записи заведомо иллюзорно. Возникающий разрыв между весьма далеко идущими исходными посылами и реальными возможностями контроля за их достоверностью является одним из очевидных проявлений остроты обсуждаемой проблемы, последствия которого оказывают воздействие на широкий спектр аспектов современной сейсморазведки.

5. Хотя переход от традиционного МОВ (МОВ-ОПВ) к МОВ-ОГТ изначально был ориентирован всего лишь на повышение геологической эффективности структурной сейсморазведки в условиях интенсивных помех типа кратно-отраженных волн, в конечном счете он привел к коренным изменениям в самих основах сейсмического метода, в понимании присутствующих ему задач, возможностей, объектов приложения.

В условиях, когда полевой этап перестал быть завершающим в последовательности процедур обработки ИВП, а действенные критерии оценки его эффективности

отсутствуют, сейсмический метод практически утратил необходимость вынужденно приостанавливать работы из-за низкого качества материалов полевых наблюдений. Процесс полевых работ проводится "в ударном темпе, исключаящую всякую возможность каких-либо целенаправленных изменений в запланированной схеме проведения работ", при этом планирование ориентировано "только на обеспечение равномерности кратности суммирования записей по пространственной сети точек ОГТ" [9, с. 15].

Само начало "обработки" стали совмещать с началом камерального периода, в ходе которого осуществляется преобразование колебаний, записанных (так или иначе) в поле на магнитную пленку. И только с началом этой (технологической) обработки возникает потребность в определении (точнее было бы сказать, в задании) свойств модели изучаемой среды. Эта потребность, однако, не распространяется на свойства модели объектов разведки, поскольку в настоящее время сейсмический метод ориентирован на определение акустических свойств "всего" целевого интервала во всех его "точках". Данное обстоятельство фундаментальным образом затрагивает круг вопросов, связанных с постановкой задач сейсмической разведки. Вместо выделения и изучения некоторых (заранее приблизительно известно, каких) особенностей устройства среды, представляющих геологоразведочный интерес в данном районе, предлагается предварительно (в рамках "глубокой" обработки) определять физические (акустические) свойства среды во всех точках интересующего интервала разреза (или объема, в случае 3D-сейсморазведки).

Построение распределения физических параметров среды по значениям наблюдаемого волнового поля представляет собой обратную задачу геофизики. Однако решение, например, обратной задачи сейсмологии вовсе не эквивалентно решению "обратной задачи сейсморазведки", точно так же, как акустический (псевдоакустический) разрез вовсе не является "окончательным и наиболее общим результатом обработки материалов и всех сейсмических работ" [10, с. 177]. Решение обратной динамической задачи предполагает поиск модели среды, отвечающей фактическим (определенным в эксперименте) свойствам наблюдаемого волнового поля [11]. Как известно, в задачах сейсмологии получение устойчивых решений обратной динамической задачи возможно лишь при наложении весьма жестких ограничений на модель среды и свойства развивающегося в ней волнового процесса. Необходимо, в частности, чтобы изучаемая среда могла быть удовлетворительным образом аппроксимирована идеально упругой горизонтально-слоистой моделью.

В пределах охватываемых сейсморазведкой площадей, в подавляющем большинстве случаев, среда заведомо не отвечает требованиям поперечно-изотропной модели. Это обстоятельство, по-видимому, признается всеми. Развиваемая же в [5] концепция, в соответствии с которой требованиям поперечно-изотропной модели удовлетворяют, внутри упомянутых площадей, локальные объемы среды (ограниченные размерами первой зоны Френеля) в любых отдельно заданных точках наблюдений, не выдерживает критики [12]. Одномерная модель, на которую опирается технология трансформации исходного волнового поля в поле значений акустической жесткости изучаемой среды, не имеет под собой ни теоретического обоснования, ни экспериментального подтверждения. Вместе с тем, в принятой схеме технологической обработки полностью игнорируются результаты изучения и преобразования ИВП, достигнутые в период проектных и полевых работ, а также и сложившиеся в результате их проведения модельные представления об особенностях строения изучаемой среды.

6. При отсутствии эффективных критериев качества обработки, на каком-то этапе приходится принимать волевое решение о принадлежности всех колебаний ре-

зультативной сейсмической трассы, во всем интересующем временном интервале, к полезным сигналам. Формально при этом геологическая эффективность метода возрастает скачком (точнее, взрывным, неконтролируемым образом) по сравнению со всем тем, что можно было бы себе вообразить на этот счет при традиционном МОВ. Как отмечается в [10, с. 5], "переход на методику многократных перекрытий и на обработку с получением временного разреза по общей средней (симметричной) точке... настолько повысил эффективность сейсморазведки, что многим это показалось пределом возможности метода". При этом сама методика многократных перекрытий получила следующую оценку: "более эффективных, чем ММП, способов для выделения полезных волн не существует. Все остальное — неоднозначно, субъективно и не отвечает требованиям изучения геологической среды" [10, с. 232].

Лавинообразное увеличение плотности информативности на единицу длины записи временных разрезов не является, однако, результатом планомерных исследований по углублению физических основ сейсморазведки и повышения на этой основе ее геологической эффективности. Некоторые специфические обстоятельства, способствовавшие достижению упомянутого результата, получили в сейсмической литературе следующее, например, отображение: "Применение цифровых способов регистрации и обработки данных в сейсморазведке привело геофизиков к необходимости почти неосознанно усложнить классы сейсмогеологических моделей изучаемых сред. Более того, сейсмогеологические модели, всегда рассматривавшиеся как подкласс геологических, в последние годы становятся рабочей основой геологических гипотез в виде так называемой "стратиграфической сейсморазведки" [13, с. 90].

Обращаясь к фактической стороне дела, можно констатировать, что на стадии перехода от МОВ-ОПВ к МОВ-ОГТ произошел переход от класса более сложных (двумерных) толстослойных моделей с малым числом слоев, характеризующих свойства среды устойчивые в пределах всей площади исследований, к более простым (одномерным) моделям с неограниченным числом тонких слоев, отображающих индивидуальные свойства изучаемых толщ в окрестности каждого отдельного пикета ОГТ. В результате задача исследования структуры глубинных пластов сводится к задаче определения (оценивания) на каждом пикете профиля их акустических параметров в условиях априори горизонтального залегания.

Важно подчеркнуть: при работах по МОВ-ОГТ интерпретация, как оценка гипотез о возможном распределении параметров слагающих разрез однородных упругих слоев производится в классе одномерных эффективных сейсмических моделей, формируемых отдельно для каждого пикета (каждой средней точки) профиля. Это означает, что успех (или неуспех) всего последующего закладывается именно на этапе интерпретации данных метода ОГТ как точечного вертикального сейсмического зондирования. При этом неперенными условиями успеха обработки и интерпретации данных МОГТ в средних точках профиля являются: а) реальное (а не предполагаемое) соответствие свойств среды в окрестности указанных точек системам непрерывных горизонтально залегающих слоев; б) выполнение предположения, согласно которому "на стадиях полевых работ и обработки удалось предельно ослабить (или скомпенсировать) влияние мешающих факторов, и материал, поступающий в интерпретацию, содержит лишь сигнальные компоненты, отображающие глубинное строение исследуемого разреза" [14, с. 25].

То, что на практике принято называть интерпретацией временных разрезов ОГТ (ММП-ОГТ), на самом деле является рассмотрением и истолкованием под некоторым (заранее не очевидно, каким) углом зрения особенностей сейсмической записи, формирующейся на двумерных волновых картинах, образованных последователь-

ностями одномерных суммотрасс ОГТ. При отсутствии гарантий принадлежности всех образующих эти трассы колебаний к полезным сигналам, упомянутые волновые картины оказываются созданными интерференцией двух разрезов: действительного, представленного сигнальными компонентами записи, и ложного, сформированного остающимися на записи помехами. Под интерпретацией в этих условиях приходится понимать (субъективное) решение задачи (визуального) выделения действительно сейсмогеологического разреза на фоне ложного. В соответствии с предыдущим, такая интерпретация не должна выходить за рамки сред с границами квазигоризонтальными в пределах всего участка исследований.

Наиболее универсальным является подход, при котором уровень сложности изучаемой среды ничем не ограничивается и никак заранее не конкретизируется. Предполагается, что она (эта среда) во всех точках занимаемого ею объема равномерно заполнена точечными отражающими объектами. Что таковые собой представляют — заранее неизвестно. Ясно лишь, что для того, чтобы быть отражающей, каждая такая “точка” должна иметь размеры достаточные для размещения в ней двух сред, различающихся по значениям акустической жесткости, а суммарная отраженная ею энергия должна быть сопоставима с энергией, поступающей к пунктам приема от гладких протяженных отражающих границ. Таким образом, изучаемая толща предстает, в рамках обсуждаемого подхода, в виде некоторой плотной ячеистой упаковки локальных неопознанных отражающих объектов (НОО). Вводится допущение, согласно которому отражательная способность локального объекта может быть охарактеризована соответствующим значением коэффициента отражения, если: среду, вмещающую каждый отдельный НОО, заменить некоторой эффективной “однородной” средой; сам объект заменить отражающей площадкой протяженностью не менее размеров первой зоны Френеля; падающий луч считать нормальным к плоскости отражающей площадки. С помощью процедур миграции амплитуды сигналов, пропорциональные коэффициентам отражения, приписываются центрам эффективных отражающих площадок, расположенных вдоль вертикальных линий, проходящих через пикеты ОГТ. Далее, как и в предыдущем случае, амплитуды пересчитываются в акустические параметры разреза.

7. Как следует из предыдущего, принятая в настоящее время стратегия обработки сейсмических данных фактически индифферентна по отношению к проблемам сейсмической разведки, если под последними понимать задачи обнаружения и изучения конечных по своим размерам геологических объектов типа, например, неантиклинальных ловушек нефти и газа и др. Конечной целью обработки как таковой считается трансформация амплитуд сейсмических колебаний, регистрируемых на дневной поверхности, в поле акустических параметров глубинных точек среды. При этом обработка рассматривается как “второй и заключительный этап в проведении сейсморазведочных работ” [10, с. 68], а вся сейсморазведка в целом, как “один из методов экспериментальной физики” [10, с. 3]. Геологическая интерпретация полученных данных, равно как и период проектирования, относится при этом к числу “прочих этапов исследований” [10, с. 7].

Наметившаяся в последние годы тенденция по отделению в сейсморазведке “физического” от “геологического” нашла свое отражение в ряде изданий. Разграничение области измерений и области геологических заключений объявляется “универсальным принципом геофизики”, на основе которого только и возможна “корректная постановка геологической задачи исследований и, что особенно важно, оценка точности и достоверности результата” [15, с. 39]. С целью реализации указанного принципа предлагается расчленить сейсмический метод на сейсмометрию и сейсмо-



геологию. Сейсмометрия при этом определяется как “совокупность методических и технических средств измерения параметров волнового поля”, а сейсмогеология — как “осмысливание физической (акустической) модели среды в понятиях геологии”. Из такой постановки как будто бы вытекает, что измерение и обработка волновых сейсмических полей — это одна профессия, а осмысливание полученных результатов — другая. В условиях, когда фактически утрачен контроль за эффективностью методик полевых работ, а критерии оценки качества последующей обработки ИВП никаким образом не определены, предлагаемое разграничение сфер ответственности за получение и обработку сейсмических данных и их последующую интерпретацию представляется не только ничем не обоснованным, но и опасным по своим последствиям для всего дела сейсмической разведки. К числу наиболее очевидных последствий относится, например, ситуация, когда те, кто получал и обрабатывал материал, апеллируют к своей “правде”, интерпретаторы — к своей, а задача геологической разведки остается нерешенной.

Соотношение между обработкой и интерпретацией достаточно емко и точно определяется следующим выражением: “как давно известно (хотя об этом редко говорят), вся обработка сейсмических данных по существу и есть интерпретация” [16, с. 39].

В заключение выделим наиболее существенные аспекты обсуждаемой темы.

1. Совершенствование способов обработки сейсмических данных, направленное на резкое повышение информативности и детальности геологических результатов, не опирается на углубленное изучение действительных свойств как волновых полей, так и геологических сред, в которых эти поля возбуждаются и распространяются.

2. Между процедурами обработки ИВП на этапе полевых работ и в ходе камерального периода существует ничем не оправданный разрыв. Обработка в вычислительных центрах производится с использованием так называемых рабочих (“инженерных”) моделей строения среды, заведомо “удобных” для конструирования на их основе разнообразных алгоритмов трансформации исходных данных, но весьма уязвимых с позиций обоснования достоверности конечных геологических результатов.

3. Планируемое расчленение метода на сейсмометрию и сейсмогеологию, в условиях (и без того) рискованной интерпретации, обусловленной отсутствием надежных критериев обработки исходных данных, способно лишь завести сейсморазведку в тупиковую ситуацию.

#### Указатель литературы

1. Рудаков А. Г., Липовская В. Я. Исходные волновые поля при сейсморазведке // Интерпретация геофизических наблюдений / Под ред. В. Н. Трояна, Л. Н. Пороховой (Вопросы геофизики. Вып. 34). СПб., 1994. С. 33–47.
2. Рудаков А. Г. Некоторые вопросы методики изучения волн-помех и выделения на их фоне отраженных волн: 1. Изучение волнового поля // Вопросы динамической теории распространения сейсмических волн. Вып. 6 / Под ред. Г. И. Петрашеня. Л., 1962. С. 163–180.
3. Гельчинский Б. Я., Озеров Д. К., Рудаков А. Г. Волновой фон // Вопросы динамической теории распространения сейсмических волн. Вып. 16 / Под ред. Г. И. Петрашеня. Л., 1976. С. 61–78.
4. Инструкция по сейсморазведке. М., 1986.
5. Гогоненков Г. Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейсморазведкой. М., 1987.
6. Рудаков А. Г. О сравнительной эффективности групп приемников и источников // Разведочная и промысловая геофизика. Вып. 50. М., 1963.



7. Рудаков А. Г., Петрашень Г. И. О взаимоотношении синтеза групп приемников и источников в сейсморазведке // Вопросы динамической теории распространения сейсмических волн. Вып. 30 / Под ред. Г. И. Петрашени. Л., 1990. С. 169–178.
8. Мешбей В. И. Методика многократных перекрытий в сейсморазведке. М., 1985.
9. Кондратьев О. К. Экспертная обработка сейсмических материалов // Геофизика. 1995. № 1. С. 15–23.
10. Телегин А. Н. Методика сейсморазведочных работ МОВ и обработка материалов. Л., 1991.
11. Петрашень Г. И. О значении и роли моделей сейсмических сред в задачах сейсморазведки // Вопросы динамической теории распространения сейсмических волн. Вып. 29 / Под ред. Г. И. Петрашени. 1989. С. 6–13.
12. Рудаков А. Г. Об эффективных сейсмических моделях геологических сред // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 7. 1993. Вып. 2(14). С. 96–99.
13. Матвеев Г. В., Пудовкин А. А., Тищенко И. В. Организация и технология обработки данных в сейсморазведке. М., 1987.
14. Мушин И. А., Хатьянов Ф. И., Бродов Л. Ю. Структурно-формационная интерпретация данных сейсморазведки // Прикладная геофизика. 1985. Вып. 112. С. 19–36.
15. Гиршгорн Л. Ш. Сейсмометрия и сейсмогеологическая терминология // Бюл. Моск. общества испытателей природы. 1989. Т. 64. Вып. 1. С. 39–46.
16. Денэм Л. Р. Интерпретация сейсмических данных // Труды Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике. 1984. Т. 72. № 10. С. 27–40.