

Методы пассивной сейсморазведки

■ Ведерников Г.В., ООО «НМТ-Сейс», г. Новосибирск

Н.Н.Пузырев в своей последней книге так определил сущность сейсморазведки: «Главной задачей применяющихся в настоящее время сейсмических методов является изучение пространственного распределения физических параметров и **показателей спонтанной сейсмической активности**» [1, стр. 72]. Если раньше последнее направление связывалось преимущественно с изучением землетрясений (очаговой сейсмологией), то в последние десятилетия оно все больше начинает использоваться в разведочных целях, получив название пассивной сейсморазведки. Она базируется на том, что акустическая эмиссия (естественные микросейсмические колебания, регистрируемые на определенной апертуре) характеризует термодинамическое состояние среды и может нести информацию о нем.

Целенаправленное изучение естественной сейсмической активности в 1982 году российскими учеными Садовским М. А. и Николаевым А.В. было предложено [2] использовать в качестве нового разведочного метода. Последующими экспериментальными исследованиями (Алексеев А.С., Нерсесов И.Л и др.) было показано, что поле микросейсм над нефтяными и газовыми залежами характеризуется локальными повышениями энергии с определенными частотными резонансами, которые могут быть использованы в качестве поисковых признаков. Позднее явление генерации нефтегазовой залежью инфразвуковых волн было зарегистрировано в качестве научного открытия [3].

В последнее время методы пассивной сейсморазведкой получают все более интенсивное развитие как у нас в стране, так и за рубежом. [12, 13].

С определенной долей условности

можно выделить следующие направления пассивной сейсморазведки:

1. Мониторинг среды проводится или предлагается проводить в трех модификациях таких работ: скважинная, шахтная и наземная.

Есть публикации, что в скважинном мониторинге одновременно используется до 100 скважин (MSI, Houston). Главной задачей является уточнение блоковых моделей для последующей оптимизации разработки месторождений. Фирмой MSI за последние 10 лет по заказам нефтедобывающих фирм США и Канады выполнено более 120 таких проектов.

Сейсмический мониторинг среды в шахтах (Жадин В.В.) имеет наиболее длительную и трагическую историю, поскольку связан с прогнозом возможных аварийных выбросов газов. Задача решается с переменным успехом, но других более надежных методов нет. К сожалению эти работы в последние годы не получают должного развития.

Наземный мониторинг применяется как для изучения сейсмоактивных зон, так и для изучения нефтегазовых площадей. (Куликов В.А., Ерохин Г.Н., Юдахин Ф.Н. и др.). Здесь, в отличие от вышеупомянутых, применяются плотные системы наблюдений при многоканальной (до 10 000) регистрации.

С определенной долей условности к этим работам можно отнести контроль за гидроразрывом пласта и изучение околоскважинного пространства в процессе бурения скважины. Условность связана с тем, что здесь задействован вполне определенный источник, который в первом случае является объектом изучения (Курьянов Ю.А., Чиркин И.А. и др [4]., Александров С.И, Гогоненков Г.Н. и др.), а во втором – возбуждающим волны,

несущие информацию об околоскважинном пространстве (Рогоцкий Г.В., Чиркин И.А. и др.).

С еще большей долей условности к этим работам можно отнести изучение изменений геофизических и геохимических характеристик среды под влиянием приливных явлений, что авторы предлагают называть «приливной геофизикой» [5]. Известно, что приливные явления на суше оказывают очень заметное влияние на продуктивные характеристики залежей УВ и параметры геофизических и геохимических полей, в том числе и на уровень эмиссионных волн, связанных с залежами.

Из этого следует, что при разновременных наблюдениях мы обязательно будем иметь различия в регистрируемых параметрах. Но вопрос о том, насколько велико это различие, исследован пока недостаточно. Видимо, нельзя исключить и крайний случай, когда аномалия шумов четко проявляется в апогее этого влияния и совсем исчезает в перигее. В своей практике мы имели такие случаи, когда по профилю, отработанному дважды с разницей более 20 лет, по одному варианту прослеживалась небольшая, но четкая локальная аномалия шумов, а по другому – фиксировалось ее отсутствие. Или когда по одному из профилей за пределами контура месторождения мы получили достаточно интенсивную и протяженную аномалию, а по параллельному, расположенному в 1,5 км – ее отсутствие.

Это можно связывать в том числе и с разновременностью получения данных, т.е. с действием приливных сил, различающиеся по величине в зависимости от изменения расстояния до барицентра системы земля-луна.

Во всяком случае, природа всегда сложнее наших представлений о ней и должна быть предметом бесконечных исследований.

2. Специальные методы разведки.

Здесь прежде всего следует назвать технологию АНЧАР (акустической низкочастотной разведки), основанную на использовании специальных широкополосных регистраторов, специальных контрольных пунктов регистрации для отслеживания глобальных флюктуаций акустического поля, на изучении изменений акустической эмиссии при искусственном воздействии на среду и т.д. (ВНИИгеосистем, ЗАО «АНЧАР. Графов Е.М., Кузнецов О.Л., Сунцов А., Е. и др.) [7]. Технология базируется на выделении аномалий эмиссионного сейсмического поля в низком диапазоне частот (1,5-4 гц), что, как показывают специальные исследования на ряде тестовых полигонов, явно недостаточно. Кроме того, малоканальные схемы наблюдений при излишне большом шаге ПП (до 400-500 м) снижают возможности изучения и ослабления помех. Тем не менее, метод на регионально-рекогносцировочном этапе малоизученных территорий может сыграть положительную роль. Тем более, что совершенно очевидны возможности совершенствования технологии в направлении использования серийных широкополосных сейсмоприемников и перехода на более плотные многоканальные схемы наблюдений.

В определенной степени аналогом этой технологии является метод НСЗ (низкочастотных сейсмических зондирований), развиваемый ЗАО «Градиент» (Шабалин Н.Я., Биряльцев Е.В. и др.).

3. Сейсмическая томография базируется на выделении в спонтанных сейсмических излучениях регулярных составляющих от внутренних источников среды и построении по ним этих источников (Николаев А.В., Ерохин Г.Н., Шленкин С.И. и др.). Пока имеются очень немногочисленные публикации по этому направлению [8,9].

Главная сложность в этом вопросе поджидает исследователей именно в реализации первого шага – выделении в нерегулярном поле малоинтенсивных спонтанных эмиссионных волн, осложненных многочисленными помехами, регулярных составляющих. Остальное, как говорится, является делом техники.

Актуальность этих работ возрастает в связи с увеличением объемов работ по методике пассивной сейсморазведки. В классическом варианте полученные результаты позволяют дать прогноз залежей УВ только по латерали, не давая информации о привязке выявляемых аномалий по вертикали. Сейсмическая томография теоретически могла бы восполнить этот недостаток, сделав пассивную сейсморазведку самодостаточной. Поэтому можно прогнозировать и рекомендовать усиление исследований в этом направлении.

4. Попутное изучение микросейсм по материалам сейсморазведочных работ. Этот метод (спектрального анализа микросейсм – SAM) предложен нами в 2004 году и прошел уже достаточно широкое опробование.

В публикациях 80-90-х годов утверждалось, что сейсмическое излучение залежей носит резонансный характер с резонансами на инфразвуковых частотах (1,5-4 гц.). Это заблуждение продолжает

культивироваться и исследоваться до сих пор.

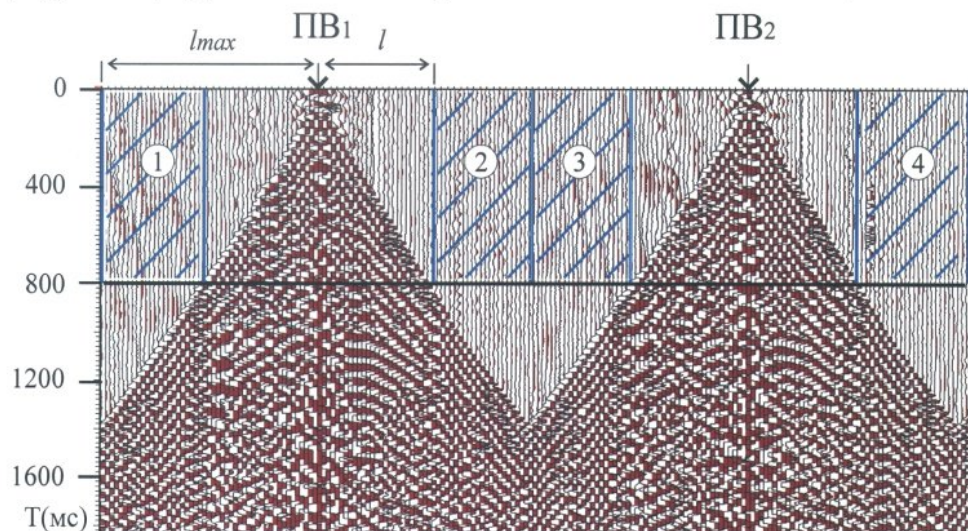
Результаты наших опытов показали [12], что спектр акустического излучения залежей является более широкополосным, проявляясь и в сейсмическом диапазоне частот (10-100 гц.). Нефтяные залежи отображаются аномалиями интенсивности шумов с максимумами спектров в диапазоне 5-20 гц. Спектры эмиссии от газовых залежей более широкополосны (до 100-120 гц.).

Это позволило нам предложить способ изучения геодинамических шумов непосредственно по сейсмограммам сейсморазведочных работ, используя участки сейсмограмм, свободные от записи полезных волн (рис.1), т.е. без проведения специальных работ [10].

Одним из достоинств метода является то, что его можно использовать как по результатам новых (выполняемых) работ в комплексной интерпретации данных, получая важные независимые дополнительные информативные параметры, так и по результатам ранее проведенных работ, используя фондовые материалы.

Для анализа используются первичные сейсмограммы профильных наблюдений. Из них по участкам, свободным от записи регулярных (наведенных) волн (до их первых вступлений), формируются сводные монтажи записи микросейсм

► Рис. 1. Запись полевых сейсмограмм с wybranymi участками 1-4 для анализа микросейсм



для единых пунктов приема (ПП). По ним определяются амплитудные спектры и графики интенсивности в различных частотных диапазонах. Полученные данные сопоставляются с временными разрезами и другой априорной информацией.

Способ прошел тестовое опробование на десятках известных месторождений, сотнях скважин, в том числе удачно и неудачно пробуренных, и показал свою эффективность, - все месторождения отмечаются аномалиями интенсивности шумов (рис.2), все непродуктивные скважины - их отсутствием (Рис.3). По своей простоте и дешевизне этот метод можно рассматривать в качестве экспресс-метода в комплексной интерпретации сейсморазведочных данных и рекомендовать его для самого широкого внедрения в практику.

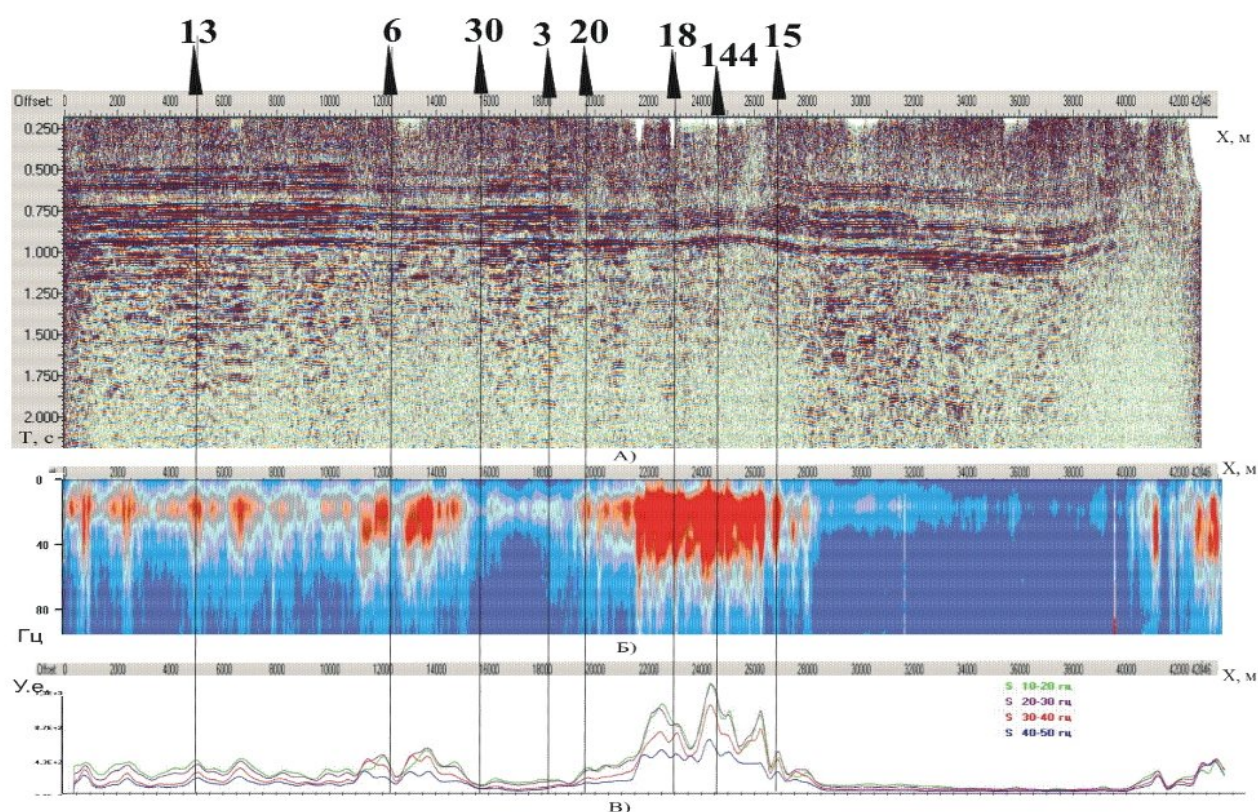
Показана эффективность использования способа на всех этапах ГРП: *при региональных работах, на предразве-*

дочном этапе, при поисково-разведочных работах, при детальном работ, при планировании буровых работ.

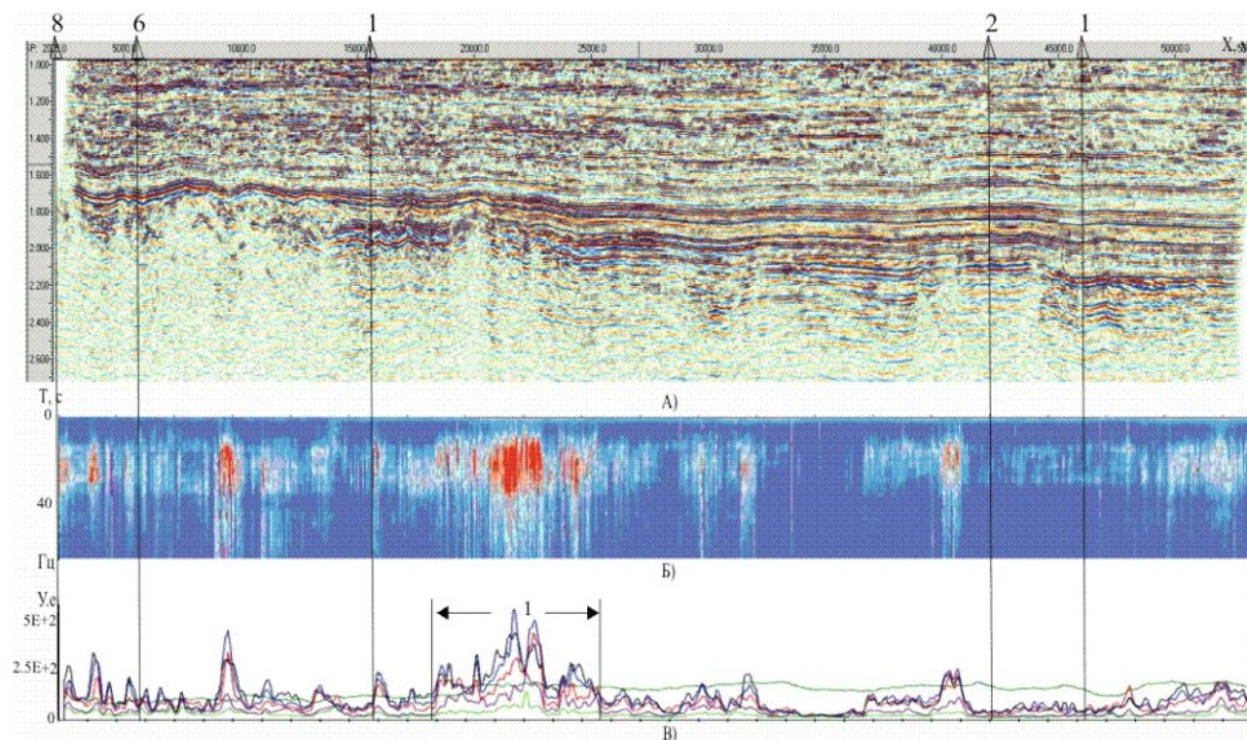
Более подробно технология метода SAM и результаты его применения приведены в статье Ведерникова Г.В и Максимова Л.А.

5. Мониторинг среды при проведении сейсморазведочных работ.

По поводу изменения эмиссионных характеристик среды в зависимости от акустического воздействия на нее так же имеются противоречивые данные.[4]. Наши исследования показали [12], что в контуре месторождения интенсивность наблюдаемой аномалии эмиссионных волн уменьшается, но появляется локальный максимум в зоне ВНК. В качестве объяснения этого феномена мы полагаем, что при акустическом воздействии (вибраторами или взрывами) на залежь ее энергетика снижается, но при этом нарушается гидродинамическое



▲ Рис. 2. Спектры шумов в сопоставлении с временным разрезом 160823 (Даниловская пл.)



▲ Рис. 3. Характеристики микросейсм на участках неперспективных скважин

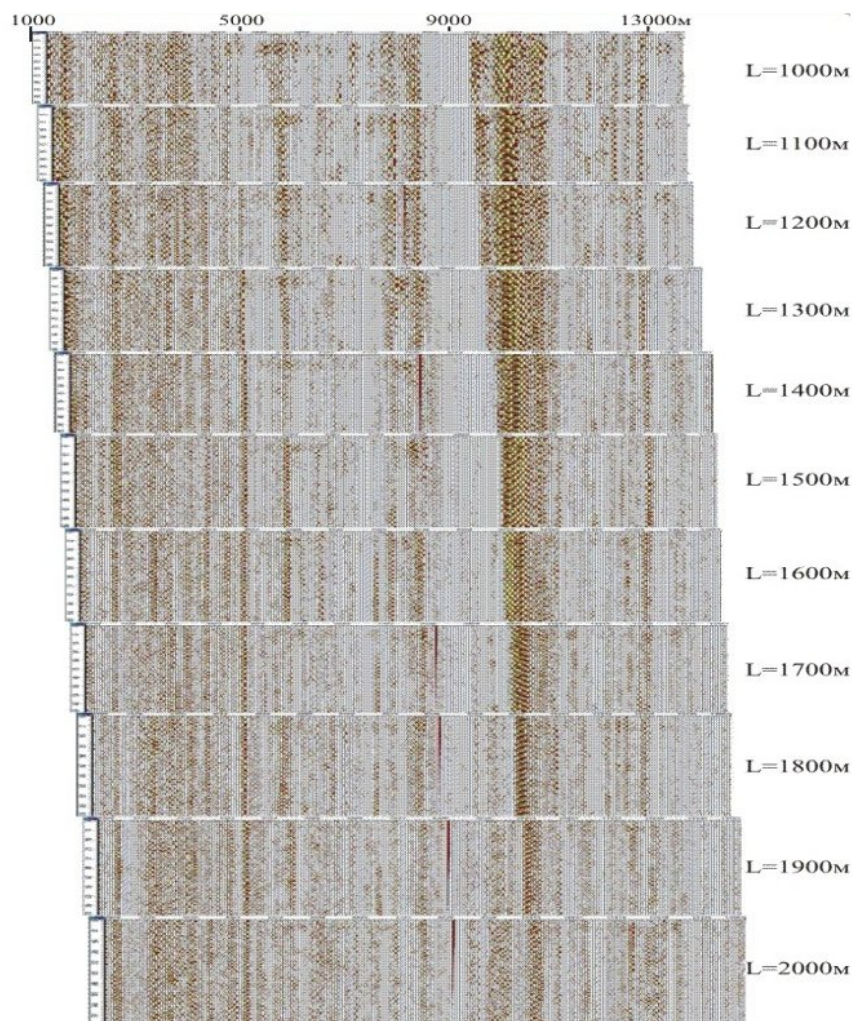
равновесие в зоне ВНК, существовавшее до воздействия. На основании этого был предложен метод мониторинга среды в процессе проведения сейсморазведочных работ [11], который в принципе мог бы позволить прогнозировать границы месторождений по закономерным изменениям характеристик микросейсм в процессе проведения сейсморазведочных работ (рис.4), однако достаточные исследования и технология такого анализа пока отсутствуют.

В заключение отметим, что в методах пассивной сейсморазведки еще много нерешенных вопросов теоретического и технологического характера. Одной из главных проблем, безусловно, является отсутствие надежных теоретических основ, объясняющих феномен повышенного эмиссионного излучения залежей УВ. Действительно, сейчас существует (опубликовано) не менее десятка таких «теорий», часть из которых пытается объяснить заблуждение, укоренившееся в умах многих специалистов, что аномалии необходимо искать в узком инфразвуковом диапазоне частот.

Отсутствуют надежные методы борьбы с помехами, которые являются специфическими для селекции эмиссионных волн. Да и системные исследования самих помех пока отсутствуют. В ряде случаев достаточно эффективным является амплитудная фильтрация с исключением из анализа трасс с аномально высокой интенсивностью. Для понимания природы помех, приводящих к существенному отклонению облика получаемых спектров от привычных, приходится обращаться к исходным сейсмограммам, и, как правило, удается понять природу помехи. Залогом этого является использование могоканальных записей, применяемых в современных системах МОГТ.

Поскольку пассивная сейсморазведка имеет дело с очень слабыми сигналами эмиссионных волн, может возникать ситуация, исключающая возможность ее эффективного использования, например, при работах в пределах действующих месторождений с развитой инфраструктурой, в пределах населенных пунктов и др. Еще большие ограничения

► Рис. 4. Изменение характеристик микросейсм при сейсмическом воздействии на среду. По горизонтали – пикеты профиля, по вертикали – набор трасс ПП для различных удалений L от ПВ.



возникают в методе SAM, где к обычным климатическим и техногенным помехам добавляются технологические, связанные с условиями получения первичных сейсмограмм МОГТ: тип источника, изменения условий регистрации, влияния, «просечки» и наводки различного рода на первичных сейсмограммах, несоблюдение режима «тишины на профиле» и т.д.

Методы пассивной сейсморазведки можно было бы считать самодостаточными для финансирования своего развития (теоретических основ, новых технологий и т.д.), если обеспечить их широкое внедрение. Поскольку уже существующие технологии позволяют гарантировать выявление и концентрацию ГРП на площадях крупных зон нефтегазонакопления, 2-3-х кратное

сокращение бурения непродуктивных скважин, то полученной экономии с лихвой хватило бы на всю цепочку инновационного развития. К сожалению, решения о распределении финансов принимаются там, где их достаточно, а новации в виде дополнительных рисков, только вносят лишнюю смуту. Поэтому ученый и инноватор по-прежнему остается бедным просителем.

Новая информация об изучаемой среде, извлекаемая методами пассивной сейсморазведки, способна существенно повысить эффективность ГРП и заслуживает более энергичных усилий по ее получению.

Хотелось бы коротко остановиться еще на одном заблуждении, присутствующем в ряде публикаций, что пассивная сейсморазведка (так же как и «приливная геофи-

зика») в виду своей дешевизны претендует на то, чтобы заменить традиционную сейсморазведку на отраженных волнах, как более дорогую. Учитывая реальную успешность поискового и оценочного бурения, которая застыла на уровне 80-х годов прошлого века, экономии нужно искать не на путях сокращения затрат на геофизику, а в части сокращения затрат на пустые скважины, причем на всех этапах от поиска до освоения месторождений. А в поиске необходимо максимально комплексовать все методы геофизики и геохимии. И пусть сейсморазведка будет по-настоящему многоволновой. Она технологически созрела до нового содержания этого термина. Многоволновая - значит обеспечивающая получение полной информации на всех типах волн: отраженных, рассеянных и эмиссионных.

Литература:

1. Пузырев Н.Н. 1997. Методы и объекты сейсмических исследований. Введение в общую сейсмологию. Новосибирск. Изд.-во СО РАН. 301 с.
2. Садовский М.А., Николаев А.В. 1982. Новые методы сейсмической разведки.. Перспективы развития. Вестник АН СССР № 1. с.36-42.
3. Арутюнов С.Л., Давыдов В.Ф., Кузнецов О.Л. и др. 1999. Явление генерации инфразвуковых волн нефтегазовой залежью. Научное открытие № 109.
4. Кузнецов О.Л., Чиркин И.А., Курьянов Ю.А. и др. 2004. Сейсмоакустика пористых и трещиноватых геологических сред. В 3-х т. Т.2. Экспериментальные исследования. М. ВНИИГеосистем. 362 с.

Подробнее об авторах



Ведерников
Геннадий Васильевич

ООО «НМТ-Сейс»

5. Дидичин Г.Я., Сибгатуллин В.Г., Переткин С.А., Гутина О.В. 2011. Повышение эффективности прогноза нефтегазовых залежей на основе изучения реакции геофизических и геохимических полей на гравитационные приливы в земной коре. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. № 2.

6. Ерохин Г.Н., Кремлев А.Н., Бортников П.Б. 2009. Методы пассивного сейсмического мониторинга нефтяных месторождений и поиска трещинно-кавернозных зон. Сб. «Методы прямого прогнозирования залежей углеводородов». Новосибирск. СНИИГГиМС. с.41-47.

7. Кузнецов О.Л., Арутюнов С.Л. Востров Л.Л. и др. 2000. Российская инфразвуковая технология АНЧАР: уникальная практика разведки и освоения нефтяных и газовых ресурсов. Тезисы докл. Международной геофизической конференции. С.-Пб. С.183-184.

8. Шубик Б.М., Николаев А.В., Ермаков А.Б. 2000. Методы сейсмических исследований, основанные на принципе эмиссионной томографии. Второй Российско-Китайский семинар по нефтяной геофизике. Тезисы докл. ЕАГО-CGS.- М. с. 36-42.

9. Александров С. И. 2010. Пассивный сейсмический мониторинг. О методике сейсмоэмиссионной томографии. Геофизика. №4. с.26-30.

10. Ведерников Г.В. 2004. Способ сейсмической разведки. Патент РФ. № 2 263 932.

11. Ведерников Г.В. и др. 2008. Способ сейсмической разведки при поисках залежей углеводородов. Пат. РФ № 2 327 191

12. Ведерников Г.В. 2012. Прогноз залежей углеводородов по характеристикам микросейсм: Избранные статьи. – Новосибирск. Изд.-во «Свинын и сыновья». С.202.

13. Shapiro S. A. 2007. Microseismicity – a tool for reservoir characterization.