



В. П. Мельников
д. Г.-м. наук, директор
ИКЗ СО РАН



В. И. Лисов
д. экон. наук, ректор
РГГРУ



О. С. Брюховецкий
д. техн. наук, проректор
РГГРУ



Л. З. Бобровников
д. техн. наук, декан РГГРУ
lzbobr@doi.ru

Бинарная технология поисков нефтегазовых месторождений

*Приведено описание сейсмоэлектромагнитной методики поиска и разведки нефтегазовых месторождений на суше и морских акваториях, основанной на вызванном сейсмоэлектромагнитном эффекте.
The seismic and electromagnetic methodology of oil and gas deposits prospecting and exploration was described for the land and the sea areas which is based on induced seismic and electromagnetic effect.*

Ключевые слова: нефтегазовые месторождения, поиски, сейсмоэлектромагнитный эффект, бинарная технология.
Keywords: oil and gas deposits, prospecting, seismic and electromagnetic effect, binary technology.

К настоящему времени совместными усилиями ученых Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (РГГРУ), Института криосферы Земли (ИКЗ СО РАН) и ВНИИОкеангеология разработан, испытан и готов к широкому использованию принципиально новый, бинарный, сейсмoeлектромагнитный метод (СЭМ) поиска и разведки нефтегазовых месторождений на суше и на морских акваториях, основанный на вызванном сейсмoeлектромагнитном эффекте, возникающем непосредственно в нефтегазовой залежи при одновременно действующих на нее упругих (сейсмических) колебаний и электромагнитных полей.

В результате лабораторных, модельных и экспериментальных полевых исследований на известных нефтегазовых месторождениях было установлено, что при одновременных воздействиях сейсмических и электрических полей на нефтегазовую залежь в ней протекают механоэлектрические, электрокинетические, электрохимические и электрические поляризационные процессы, которые инициируют весьма интенсивный сейсмoeлектромагнитный сигнал, достаточный для регистрации даже при глубинах залегания продуктивного нефтегазового пласта до 4–5 км. При этом, при прочих равных условиях, сейсмoeлектромагнитный сигнал пропорционален мощности продуктивного пласта, его проницаемости и концентрации углеводородов в нем.

Впервые теоретическое описание возникновения сейсмoeлектрических сигналов, возникающих при сейсмическом воздействии на пористую двухфазную среду, дал Я. И. Френкель.

Впоследствии, в 1956 г., М. Био развил эту теорию, описывающую распространение упругих волн в пористой влаго-газонасыщенной среде. Затем С. Прайд более строго решил эту задачу. Впоследствии, в работах Б. С. Светова, были предложены более простые решения.

Однако ни в одной опубликованной работе нет даже приближенного рассмотрения процесса вызванного сейсмoeлектромагнитного эффекта, который принципиально отличается от известных и достаточно хорошо изученных сейсмoeлектрических процессов.

Причин этому несколько. И главная из них состоит в том, что физико-химические, электрокинетические и электродинамические параметры процессов, протекающих в нефтегазовой залежи в естественном залегании, абсолютно несопоставимы с подобными параметрами, которые наблюдаются на образцах в лабораторных условиях.

В наших работах [1, 3, 12, 13, 14 и 15] рассмотрены результаты физического и математического моделирования этих процессов и приводятся экспериментальные результаты изучения сейсмoeлектромагнитных процессов в нефтегазонасыщенных пластах в условиях естественного залегания. На основании этих данных были проведены теоретические расчеты, результаты которых хорошо совпадают с экспериментами на эталонных, хорошо изученных месторождениях.

В частности, на **рис. 1** приведены результаты теоретических расчетов вида сейсмoeлектромагнитного сигнала для трехслойного разреза, а на **рис. 2** приводятся графики сейсмoeлектромагнитных сигналов, полученные экспериментально.

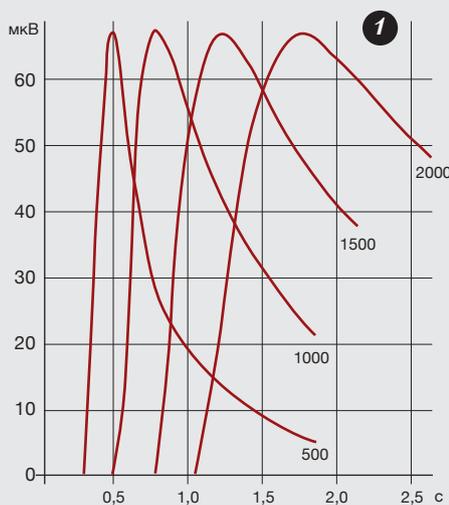


Рис. 1. Результаты теоретических расчетов над нефтегазовым пластом мощностью 20 м, в зависимости от глубины его залегания (500, 1000, 1500 и 2000 м)

Рис. 2. Запись реальных сейсмoeлектромагнитных сигналов над двухпластовой нефтегазовой залежью вблизи устья разведочной скважины

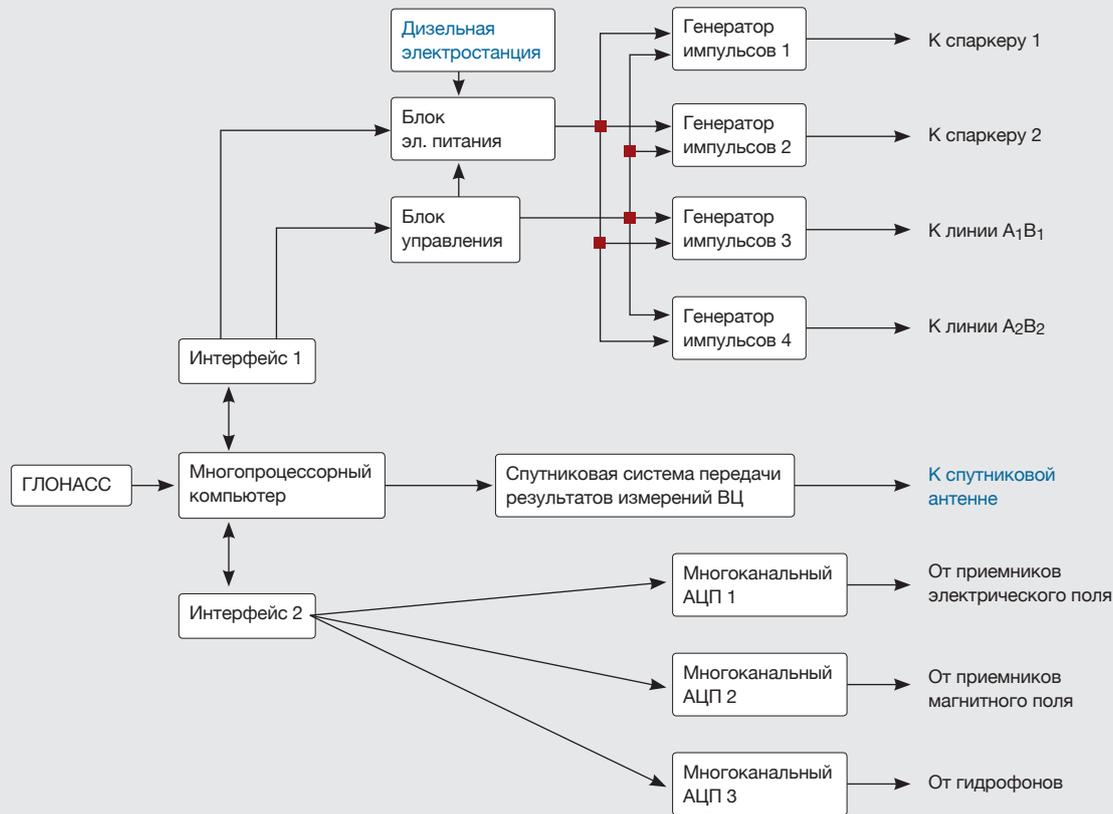


Рис. 3.
Структурная
схема аппара-
турного сейсмо-
электромагнит-
ного комплекса
СЭМ

Основной особенностью биполярной технологии является то, что в отличие от известных структурных геофизических методов, позволяющих проводить поиски структурных элементов геологического разреза (сейсморазведки и электроразведки в различных модификациях), в новой технологии процессы, происходящие непосредственно в самой нефтегазовой залежи, возбуждают вторичный сейсмоэлектромагнитный сигнал, обусловленный находящимися в ней углеводородами, и только ими.

Из принимаемого на поверхности суммарного электромагнитного сигнала сложной формы выделяется специфического вида сейсмоэлектромагнитный сигнал, свидетельствующий о наличии в изучаемой структурной ловушке углеводородов (нефти, газа или газоконденсата). Если в ловушке углеводороды отсутствуют или их очень мало, сейсмоэлектромагнитный сигнал не возбуждается или имеет очень малую величину.

Экспериментально доказано, что интенсивность принимаемого сейсмоэлектромагнитного сигнала пропорциональна мощности

Бинарная технология поисков позволяет оконтурить залежи углеводородов, как на суше, так и на морских акваториях и обеспечивает коэффициент успешности последующего разведочного бурения до 75-80%.

изучаемого продуктивного нефтегазового пласта, а по времени достижения сигналом максимального значения (после первого вступления) можно достаточно точно определить глубину залегания этого пласта, и тем точнее, чем точнее известна скорость распространения упругих колебаний в изучаемом геологическом разрезе. Если изучаемая залежь является многопластовой, то каждый отдельный продуктивный пласт достаточно большой мощности отображается в принимаемом сигнале в виде появления характерных максимумов и минимумов.

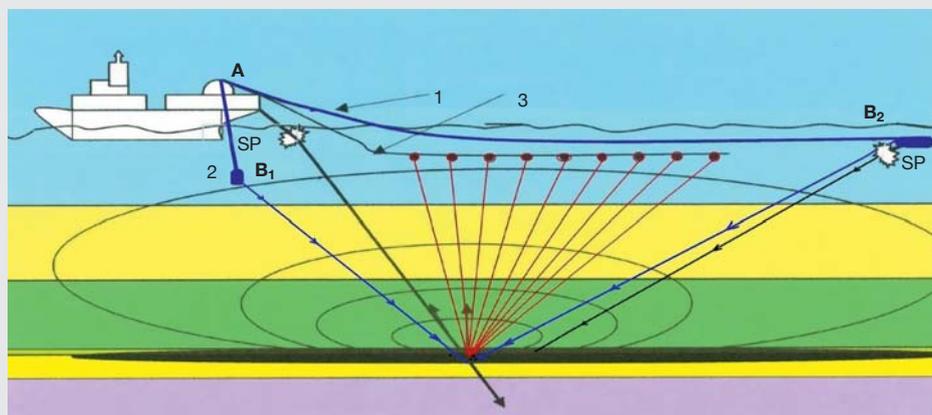


Рис. 4.
Морской комплекс СЭМ. 1-2. Питающие линии АВ1, АВ2 и специальные электроды-заводнителю. 3. Приемно-измерительная линия, включающая приемники электрического и магнитного поля и сейсмоприемники-гидрофоны, SP-спаркеры (излучатели упругих колебаний)



Рис. 5.
Сухопутный вариант комплекса СЭМ

Разработанная новая технология позволяет оконтурить залежи углеводородов как на суше, так и на морских акваториях и обеспечивает коэффициент успешности последующего разведочного бурения до 75–80%. Опытно-производственные работы по методу СЭМ с положительными результатами были выполнены на Баренцевом, Северном и Черном морях и в Мексиканском заливе на семи морских нефтегазовых месторождениях и на трех месторождениях на суше, при этом заказные поисково-разведочные работы были проведены по более чем 3 тыс. км профилей, при глубинах моря от 5 до 500 м и глубинах залегания нефтегазовых залежей до 5 км.

По результатам работ были указаны места для заложения 67 продуктивных скважин, из которых наличие нефтегазовых залежей было подтверждено бурением на 59 скважинах. Особенно эффективны работы по методу СЭМ на море. Данные, получаемые при движении судна на скорости движения до 4 узлов, практически в реальном времени, являются абсолютно объективными, поскольку наблюдаемые, регистрируемые

и анализируемые ЭВМ сейсмоэлектромагнитные сигналы связаны непосредственно с продуктивными нефтегазовыми пластами и обусловлены только ими.

Наиболее эффективно применение нового метода при поисках и детальном изучении нефтегазовых залежей в нетрадиционных ловушках (литолого-стратиграфических, дизъюнктивно-экранированных и комбинированного типов), а также в качестве дополнительного метода для уточнения результатов, полученных ранее другими, стандартными геофизическими методами.

(Авторские свидетельства РГГРУ, ИКЗ СО РАН и ВНИИОкеангеология, на основе которых разработан метод СЭМ: № 1357899, № 1371255, № 1376055, № 1394927, № 1428029, № 1429783, № 1434385, № 1434999, № 1447106, № 1457614, № 1463004, № 1491193, № 1491194, № 1498250, № 1542269.)

В морском варианте метод реализуется с помощью аппаратного измерительного комплекса (размещаемого в специально оборудованном контейнере), включающего невзрывные сейсмические и электромагнитные

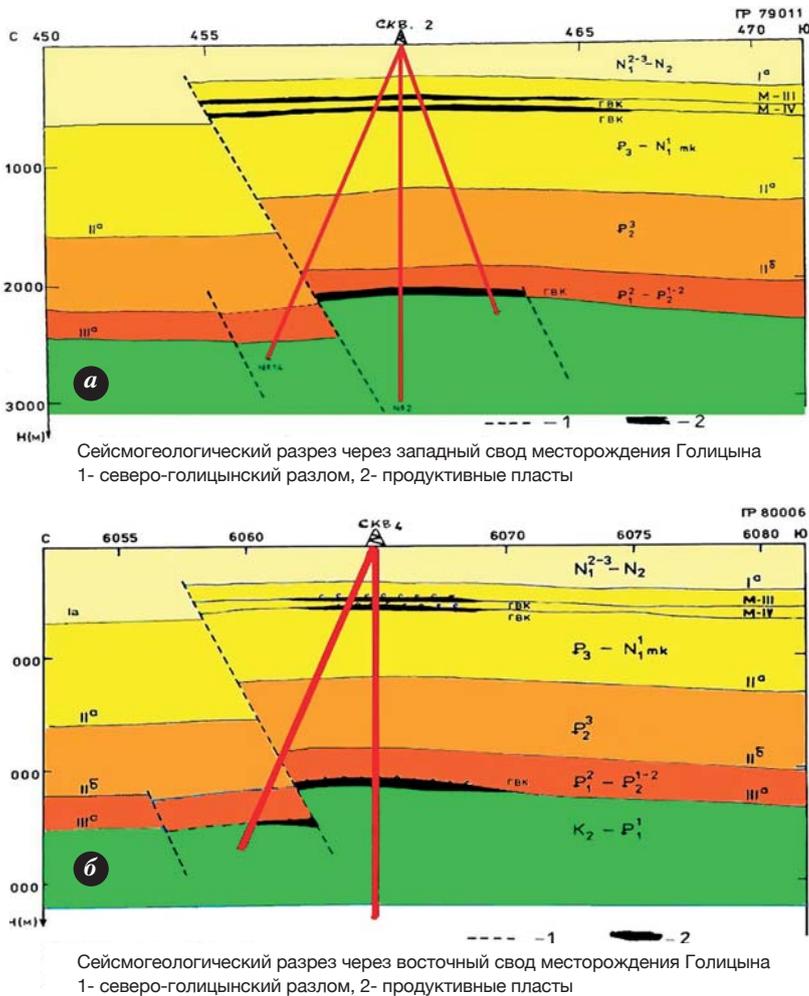


Рис. 6 (а, б).
Геологические разрезы месторождения Голицына по скважинам № 2 и 4

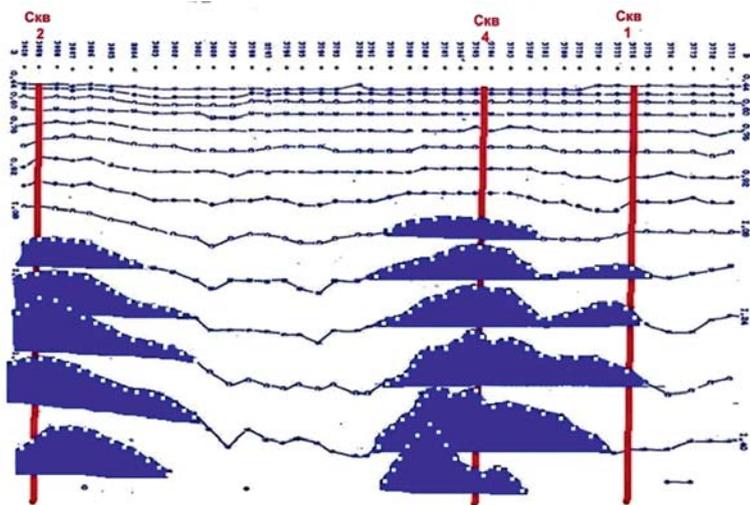


Рис. 7.
Измеренные сейсмоэлектромагнитные сигналы по профилям над скважинами № 1, 2, 4. Месторождение Голицына

источники, две питающие электроразведочные линии и приемно-измерительную линию.

В сухопутном варианте аппаратура используется примерно такая же, что и в морском варианте. Но при этом комплекс дополняется тремя специальными автомашинами для смотки-размотки питающих и приемно-измерительных линий и шнековой буровой установкой для создания низкоомных заземлений. Управление работой комплекса и обработка принимаемых сейсмоэлектромагнитных сигналов осуществляются с помощью высокопроизводительной ЭВМ, по специальным программам, разработанным с использованием нейросетевых технологий.

Некоторые результаты опытно-методических и опытно-производственных работ по технологии СЭМ.

На Черном море было отработано около 2000 погон. км профилей над нефтегазовыми месторождениями, часть из которых была ранее хорошо изучена, часть обнаружена и детально разведана методом СЭМ.

Месторождение Голицына. По результатам проведенных работ был уточнен контур залежи. Было показано, что залежь состоит из западной и восточной частей, в отличие от ранее предполагавшейся единой залежи. Бурение подтвердило эти данные.

Газоконденсатные залежи выявлены на глубинах 550 и 2200 м в майкопских и датских отложениях соответственно. Верхняя залежь находится в песчаном коллекторе с суммарной мощностью около 12 м, с пористостью 15–20% и проницаемостью до 250 мД. Нижняя – в известняках с пористостью 12–18% и проницаемостью до 200 мД. Мощность нижней залежи – около 60 м. Извлекаемые запасы месторождения – более 10 млрд куб. м газа и 0,33 млн т конденсата. Месторождение находится в эксплуатации.

Опытно-методические работы на Каспийском море.

В конце июля 1991 г. метод СЭМ испытывался на Каспийском море в северной его части по договору с Азербайджанским филиалом ВНИИГеофизика. Ввиду малых глубин моря в этой части Каспия измерения проводились с использованием катеров с малой осадкой и кораблей на воздушной подушке. Измерения были выполнены на 166 точках в режимах «Стоп» или на скоростях движения судов до 2–3 км/час по трем региональным профилям (рис. 8), общая длина которых превышала 500 км.

Предварительные данные обработки результатов измерений показывают, что в структуре Курмангазы располагается несколько не очень крупных, многопластовых нефтегазовых месторождений с пластами, расположенными на глубинах от 300–400 до 900–1200 м.

Две разведочные скважины, пробуренные компанией «Роснефть» на этом месторождении в 2007 и 2009 г. г., оказались практически «сухими», что подтверждает наши результаты.

К сожалению, обработка результатов навигационной привязки профилей и точек измерений азербайджанскими специалистами задержалась до декабря 1991 г. И после распада СССР все данные навигационной привязки были утрачены, а результаты работ по методу СЭМ на Каспии, выполненные в 1991 г., не могут быть полностью обработаны.

Заключение

На основе разработанной биполярной технологии могут быть реализованы следующие специализированные модификации аппаратуры, способные решать широкий комплекс нефтегазовых задач в различных геологических обстановках: морская, для работ на шельфе при глубине моря 15–300 м; морская глубоководная – 300–5000 м; мелководная (глубины 0–15 м); ледокольная, для проведения работ

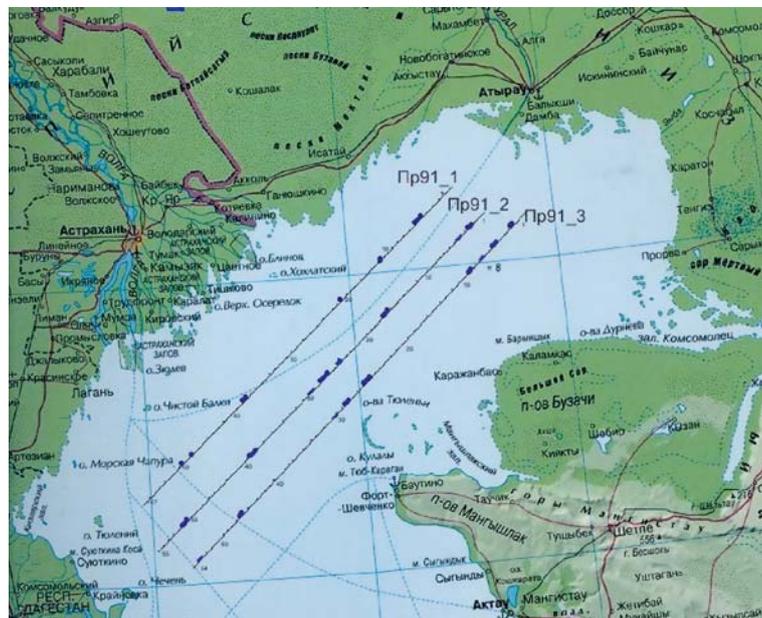


Рис. 8.

Профили работ по методу СЭМ на Каспии в 1991 г.

под поверхностью льда, с борта движущегося ледокола; мерзлотная (для работы в условиях вечной мерзлоты); пустынная (для работ в пустынях и областях с плотными сухими породами верхнего слоя); скважинная (для геофизических исследований в поисковых и разведочных скважинах). ■

Использованная литература

1. Бобровников Л.З., Геннадик Б.И., Мельников В.П. К принципам моделирования сейсмoeлектрического эффекта второго рода// Доклады АН СССР. Т. 309. № 4. М.: Наука, 1989.
2. Бобровников Л.З., Вишняков-Берг А.Э., Попов В.А. и др. Исследование возможностей поисков ТПИ на глубоководных акваториях по методу ВП и создания действующего макета аппаратуры// Фонды МГРИ-РГГРУ, с. 179, рис. 24, табл. 25. М.; 1988.
3. Бобровников Б.Л., Бобровников Л.З., Попов В.А. и др. Исследование процессов, протекающих в горных породах и рудах при одновременном воздействии упругих и электромагнитных колебаний// Фонды МГРИ-РГГРУ, с. 268, рис. 60, табл. 22. М.: 1990.
4. Бобровников Л.З., Попов В.А., Сушкевич Н.В. Способ морской геоэлектроразведки// Авторское свидетельство № 1428029. Приоритет 2.12.1987. Регистрация 1.06.1988.
5. Бобровников Л.З., Вишняков-Берг А.Э., Попов В.А. и др. Способ измерения вызванной поляризации в движении при геологоразведке// Авторское свидетельство № 1429783. Приоритет 2.12.1986. Регистрация 8.06.1988.
6. Бобровников Л.З., Попов В.А., Сушкевич Н.В. Способ морской геоэлектроразведки в движении// Авторское свидетельство № 1434999. Приоритет 4.12.1986. Регистрация 22.08.1988.
7. Бобровников Л.З., Попов В.А., Сушкевич Н.В. Способ вертикальных электрических зондирований при морской геоэлектроразведке// Авторское свидетельство № 1447106. Приоритет 4.12.1986. Регистрация 22.08.1088.
8. Бобровников Л.З., Вишняков-Берг А.Э., Попов В.А. и др. Способ морской геоэлектроразведки// Авторское свидетельство № 1463004. Приоритет 2.12.1986. Регистрация 1.11.1988.
9. Бобровников Л.З., Вишняков-Берг А.Э., Попов В.А. и др. Способ морской геоэлектроразведки// Авторское свидетельство № 1491194. Приоритет 2.12.1986. Регистрация 01.03.1989.
10. Бобровников Л.З., Вишняков-Берг А.Э., Попов В.А. и др. Способ морской геоэлектроразведки// Авторское свидетельство № 1498250. Приоритет 13.01.1987. Регистрация 1.04.1989.
11. Бобровников Л.З., Вишняков-Берг А.Э., Попов В.А. и др. Способ морской геоэлектроразведки// Авторское свидетельство № 1542269. Приоритет 13.01.1987. Регистрация 08.10.1989.
12. Брюховецкий О.С. Гидрофизический механизм формирования нефтегазовых месторождений// VII международная конференция «Новые идеи в науках о Земле», Сборник избранных докладов. М.: МГГРУ, 2006.
13. Брюховецкий О.С., Лурье М.В., Лопатин В.В. Гидрофизический механизм миграции газа// VII международная конференция «Новые идеи в науках о Земле», М.: МГГРУ, 2005.
14. Брюховецкий О.С. Структурная модель пласта// V Международная научно-практическая конференция «Наука и новейшие технологии при поисках, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых». М.: РГГРУ, 2006.
15. Вишняков-Берг А.Э., Паняев В.П., Яневич М.Ю. и др. Разработка теории и методики прямых поисков залежей нефти и газа// Фонды ПГО «Севморгео», НИИГеологии Арктики, с. 176, рис. 39, табл. 23. Л.; 1981.