



УДК 502

ИННОВАЦИОННЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРОБЛЕМАХ ОСВОЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ СЛАНЦЕВЫХ ФОРМАЦИЙ

INNOVATIVE GEOPHYSICAL RESEARCH IN THE PROBLEMS OF HYDROCARBON DEVELOPMENT OF SHALE FORMATIONS

Боровский Михаил Яковлевич

кандидат геолого-минералогических наук,
генеральный директор,
ООО «Геофизсервис»
lilabor@mail.ru

Богатов Владимир Ильич

ведущий геофизик,
ООО «Геофизсервис»
vladbogatoff@gmail.com

Борисов Анатолий Сергеевич

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
профессор кафедры геофизики
и геоинформационных технологий,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
anatoly.borisov@kpfu.ru

Успенский Борис Вадимович

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
заведующий кафедрой геологии нефти и газа,
Казанский (Приволжский) федеральный университет
borvadus@rambler.ru

Аннотация. Отмечены особенности залегания сланцевых толщ. Показана роль геофизической разведки в геологоразведочном процессе на нетрадиционные источники углеводородного сырья. Рассмотрены возможности несейсмических методов при прогнозе, поисках, разведки и подготовке скоплений углеводородов сланцевых отложений к освоению. Акцентирована необходимость геофизического изучения тектонических нарушений.

Ключевые слова: нетрадиционные источники углеводородного сырья, добыча нефти и газа, техногенное изменение геологической среды, прогноз, геофизические методы, гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, тектонические нарушения.

Borovskiy Mikhail Yakovlevich

Candidate of Geological
and Mineralogical Sciences,
general Director,
«Geofizservis» Ltd
lilabor@mail.ru

Bogatov Vladimir Ilyich

Leading Geophysicist,
«Geofizservis» Ltd
vladbogatoff@gmail.com

Borisov Anatoly Sergeyevich

Doctor of Geological
and mineralogical Sciences, Professor,
Professor of the Department of geophysics
and geoinformation technologies,
Kazan (Volga region) Federal University
anatoly.borisov@kpfu.ru

Uspensky Boris Vadimovich

Doctor of Geological
and Mineralogical Sciences, Professor,
Head Department of oil and gas geology,
Kazan (Volga region) Federal University
borvadus@rambler.ru

Annotation. The peculiarities of occurrence of shale layers. The role of geophysical exploration in the exploration process for unconventional sources of hydrocarbons is shown. The possibilities of non-seismic methods in the forecast, search, exploration and preparation of hydrocarbon accumulations of shale deposits for development are considered. The necessity of geophysical study of tectonic disturbances is emphasized.

Keywords: unconventional sources of hydrocarbon raw materials, oil and gas production, man-made changes in the geological environment, forecast, geophysical methods, gravity, magnetic exploration, electrical exploration, tectonic disturbances.

В Волго-Уральской нефтегазоносной провинции М.И. Зайдельсоном, С.И. Вайнбаумом, Н.А. Копровой и др. выделяются [1] «доманикиты», представляющие битуминозные глинисто-кремнистые карбонаты верхнедевонско-турнейских отложений. В Российской Федерации эти породы наряду с образованиями баженовской свиты и хадумской свиты Предкавказья относят [2] к сланцевым толщам.

Особенности скоплений углеводородов сланцевых толщ заключаются в следующем [3, 4, 15, 16, 17]:

- сланцы – материнская порода и коллектор одновременно;
- низкая пористость и проницаемость вмещающей толщи;
- рассеянное состояние углеводородов в толще;
- непрерывность скоплений;
- отсутствие традиционных систем контроля залежей (ВНК, структурного, литологического).

Решающая роль на различных этапах геологоразведочных работ на нетрадиционные источники углеводородного сырья, в том числе сланцевую нефть и газ, принадлежит геофизической разведке. Про-



цесс добычи требует современных технологий как для поиска и разведки месторождений, так и для осуществления самого процесса разработки искомым объектов. Это обуславливает необходимость проведения на высоком уровне в реальном времени визуализации процессов в сланцевом коллекторе, в том числе изменений физико-механических характеристик и параметров породы залежи, а также состояния залежи во время добычи. Инструментом технического видения при решении задачи поиска, разведки, разработки и добычи сланцевых углеводородов и служат геофизические наблюдения, в которых важную роль занимает сейсмическая разведка, возможности которой рассмотрены в [5, 15, 16].

Эффективность геологоразведочного процесса в значительной степени зависит от выбора направлений исследований, вытекающих из изученности каждого конкретного объекта. Отдельные этапы и стадии геологоразведочных работ имеют своей целью изучение конкретных разномасштабных объектов.

На начальном этапе исследований осадочных бассейнов или их отдельных частей проводятся региональные работы для изучения присущих им общих черт геологического строения и нефтегазонасности. В дальнейшем на разных стадиях исследования бассейнов перед региональными работами ставятся (В.В. Семенович и др., 1982) специфические задачи, определяемые степенью предшествующей изученности, а также техническими и методическими возможностями геологического и геофизического изучения.

Решение вопросов на региональном уровне, т.е. тектоническое районирование, имеет важнейшее значение для поисков полезных ископаемых. Оно позволяет [6, 11, 13, 17]:

- 1) установить общие перспективы поисков тех или иных полезных ископаемых в данном регионе;
- 2) выявить районы, требующие постановки более детальных поисковых работ.

В.Е. Хаин подчеркивает «...знание региональной структуры той или иной области не менее (если не более) важно для оценки перспектив нефтеносности, чем значение локальной местной структуры отдельных ее участков» [6, 11, 17].

Данное положение актуально для общей системы геологоразведочных работ на углеводороды сланцевых толщ.

Экспрессность и наличие в настоящее время большого количества карт и графиков геофизических параметров обуславливает необходимость применения аэрогеофизической разведки в информационном обеспечении геологоразведочных работ на углеводороды сланцевых толщ. Существенен как выбор наиболее перспективных направлений («Exploration play» [13]), так и определенная подготовка площадей под детальные работы.

Региональное направление предполагает [6, 11, 13, 17] наиболее полное использование геофизических съемок, выполненных ранее на значительных территориях, что обусловлено, большой площадью плеев сланцевого газа и нефти.

Для выделения областей со специфическими условиями осадконакопления на фоне окружающих территорий необходимо получение информации о внутренней структуре складчатого основания.

К настоящему времени накоплен определенный опыт и представления по геофизическому изучению кристаллического фундамента [6–9, 11, 13, 14, 18–20]. Большинство исследователей отмечает, что строение и состав пород фундамента служит основным геологическим фактором определяющим характер гравитационных и, в особенности, магнитных аномалий. Обязательным элементом методических приемов является составление карт или схем районирования физических полей.

Анализ геолого-геофизических материалов свидетельствует о возможности выделения региональных тектонических нарушений, являющихся границами, на которых резко меняются фации и мощности отложений различных интервалов разреза осадочного покрова, комплексом геофизических (гравиметрия и магниторазведка) и дистанционных (космическая съемка) методов с привлечением данных по ландшафтной индикации.

Критерии обнаружения и прослеживания разломов по результатам геофизических наблюдений, в большинстве своем, являются общепринятыми [6–16, 20–23]: границы участков специфической морфологии геомагнитного поля и поля силы тяжести; зоны высоких горизонтальных градиентов (магнитные и гравитационные ступени); крутое и резкое ограничение магнитных аномалий. Особенность проявления региональных разрывных нарушений заключается в наличии вторичных деформаций гравитационного (в зонах интенсивных горизонтальных градиентов) и магнитного полей. Изучение структуры геофизических полей позволяет в ряде случаев определить характер тектонических подвижек по разломным зонам.

При подготовке перспективных площадей под детальные геологоразведочные работы на углеводороды сланцевых толщ следует уделять внимание составлению структурного каркаса разломной тектоники. Анализ разломов, в частности их напряжений и ориентации, необходим [5, 10, 12, 13, 15, 16, 17] как для регионального, так и детального масштаба интерпретации коллектора: разломы и разрывы могут динамически воздействовать на потенциал коллектора. Следует отметить, что уточнение положения разломов и оценка их влияния на условия формирования ловушек углеводородов – одна из основных задач аэрогеофизической разведки [6–9, 13, 14].



Целесообразно на этапах локального прогнозирования использование высокоточной гравиразведки, что позволяет определять распределение в разрезе и по латерали, такого параметра как плотность, а, следовательно, и пористость. Новые принципы интерпретации на базе гравитационного моделирования [21, 22] и томографическая обработка и визуализация [23] дают (рис. 1) обширные сведения об разуплотненных и уплотненных (малопористых, малопроницаемых) зонах и участках.

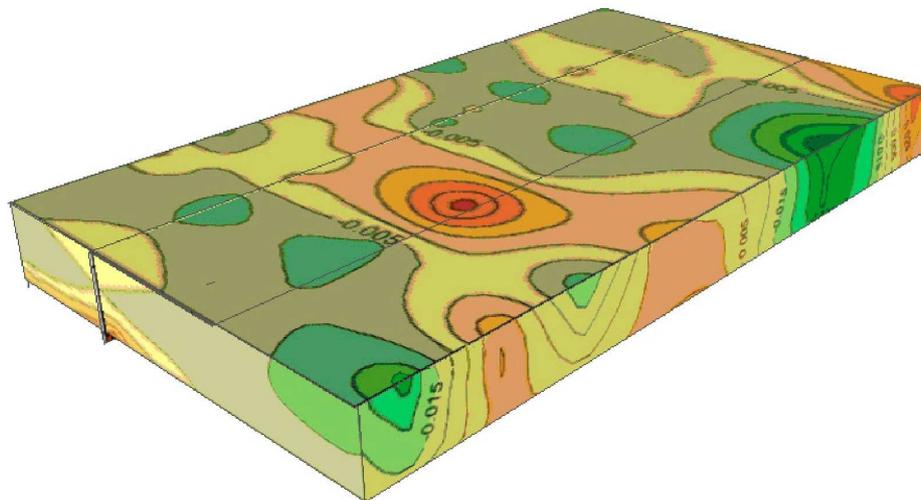


Рисунок 1 – Объемная модель латеральной изменчивости плотностей на участке Ямашинской структуры (по З.М. Слепаку, 2012)

По З.М. Слепаку (2012) «...При изучении геологического строения нефтяных месторождений гравиразведка должна быть нацелена на выявление и интерпретацию аномалий, создаваемых латеральной изменчивостью плотностей в осадочном чехле и в кристаллическом фундаменте». В результате проведенных исследований разработана [21, 22] методика решения обратных задач, нацеленных на выявление аномальных изменений гравитационного поля, обусловливаемых латеральной изменчивостью плотностей. Основополагающим моментом разработанных методических приемов служит рассмотрение модели земной коры как двухслойной, состоящей из осадочного чехла и кристаллического основания. Интерпретация первого верхнего слоя позволяет изучать особенности геологического строения нефтяных месторождений на участках локальных структурных форм и осуществлять их прогнозирование, второго слоя – выявлять блоковое строение кристаллического фундамента, зоны разломов и разуплотнения пород (З.М. Слепак, 1989, 2005, 2012, 2015).

Для получения достоверных и надежных материалов, согласно И.Н. Михайлову (2001) [7, 8, 9] необходимо соблюдение соответствующих требований:

- прямолинейность и параллельность профилей;
- ортогональная сеть профилей;
- соответствие масштаба съемки размерам поисковых объектов;
- выход гравиметрического профиля в нормальное поле силы тяжести (т.е. за пределы аномалиеобразующего объекта).

Проведение высокоточных гравиметрических работ в комплексе с сейсморазведкой 3D позволяет создавать (З.М. Слепак, 1980–2019) сейсмо-гравиметрические модели, что существенно повышает результативность сейсморазведки при прогнозировании и поисках месторождений нефти.

Применение высокоточной гравиразведки вероятно будет способствовать повышению эффективности поисков участков, перспективных на углеводороды сланцевых отложений, на стадии разведки и подготовки к разработке, оптимальному заложению горизонтальных скважин.

Имеются лишь единичные описания результатов применения электроразведки для поисков и разведки углеводородов сланцевых отложений. Проводятся [19, 21] эксперименты по изучению возможности применения нетрадиционных геоэлектрических методов становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ), а также нового метода обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для поисков скоплений свободного газа (метана) в пределах распространения угленосных пород. Площадной съемкой методом СКИП могут быть обнаружены и закартированы аномалии типа «залежь свободного газа (метана)», либо залежь нефти (рис.2). Глубины расположения аномально поляризованных пластов (АПП) типа «газ» определяются зондированием ВЭРЗ. Метод обработки данных ДЗЗ также позволяет оперативно выделять и картировать аномалии типа «залежь свободного газа». Результаты экспериментов, по мнению авторов [19, 21] свидетельствуют, что технология СКИП-ВЭРЗ совместно с методом



обработки данных ДЗЗ могут успешно применяться при поисках и разведке скоплений свободного газа (метана) в пределах распространения угленосных формаций.

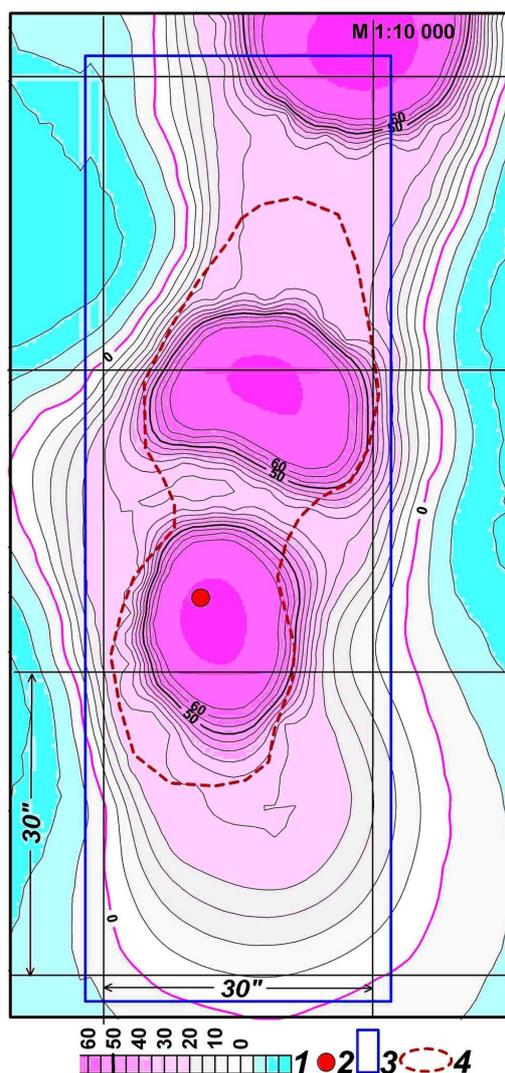


Рисунок 2 – Карта по данным съемки методом СКИП:

- 1 – шкала интенсивности отклика в значениях давления (МПа); 2 – пробуренная скважина;
- 3 – контур участка; 4 – контур АТЗ типа «нефть» (по С.П. Левашову и др., 2013)

Опыт компании Шелл свидетельствует [21], что только 5% территорий распространения сланцевых пород пригодны для экономически приемлемой добычи газа. Использование предложенной экспресс-технологии «прямых» поисков скоплений углеводородов показывает (С.П. Левашов и др., 2013), что выделенные аномалии «типа залежь УВ» занимают примерно 6 % площади поисков. Вследствие этого делается вывод, что мобильные технологии позволяют оперативно находить и картировать зоны «Sweet Spots», в пределах которых может быть организована промышленная разработка углеводородов сланцевых толщ.

Имеются предложения использовать для поисков и разведки углеводородов сланцевых толщ биогеофизический метод (БГФ-метод), основы которого разработаны российским геофизиком Н.М.Андреевым. Технология поисков и разведки месторождений УВ на базе БГФ-метода изложены автором на Всероссийской конференции по глубинному генезису нефти «1-е Кудрявцевские чтения» (Москва, ЦГЭ, 22–25 октября 2012 г.).

В основе рассматриваемого явления лежит эффект взаимодействия некоего поля Земли с высокочувствительным биологическим датчиком, в качестве которого выступает организм человека-оператора. Воздействие этого поля на такой датчик, судя по всему, меняет вектор силовых линий так называемого «биополя человека», что приводит к вращению рамок в его руках, задавая им определённые положения. При этом действующая на рамки сила и принимаемое ими положение имеют свои характерные особенности при пересечении оператором различных проявлений данного поля – глобальных сеточных структур, являющихся его фоном, либо границ аномалий, нарушающих в некото-



рых местах стройную картину сеточных структур. Это позволяет (по Н.М. Андрееву) выделять и картировать (рис. 3) такие аномалии на поверхности Земли, что и является основной задачей БГФ метода, в отличие от биолокации (dowsing, радиозестезии и пр.), приверженцы которой утверждают о возможности «диалога» с неким «информационным полем» Земли с помощью рамок (лозы) и извлечения при этом самой различной информации об объектах поиска.

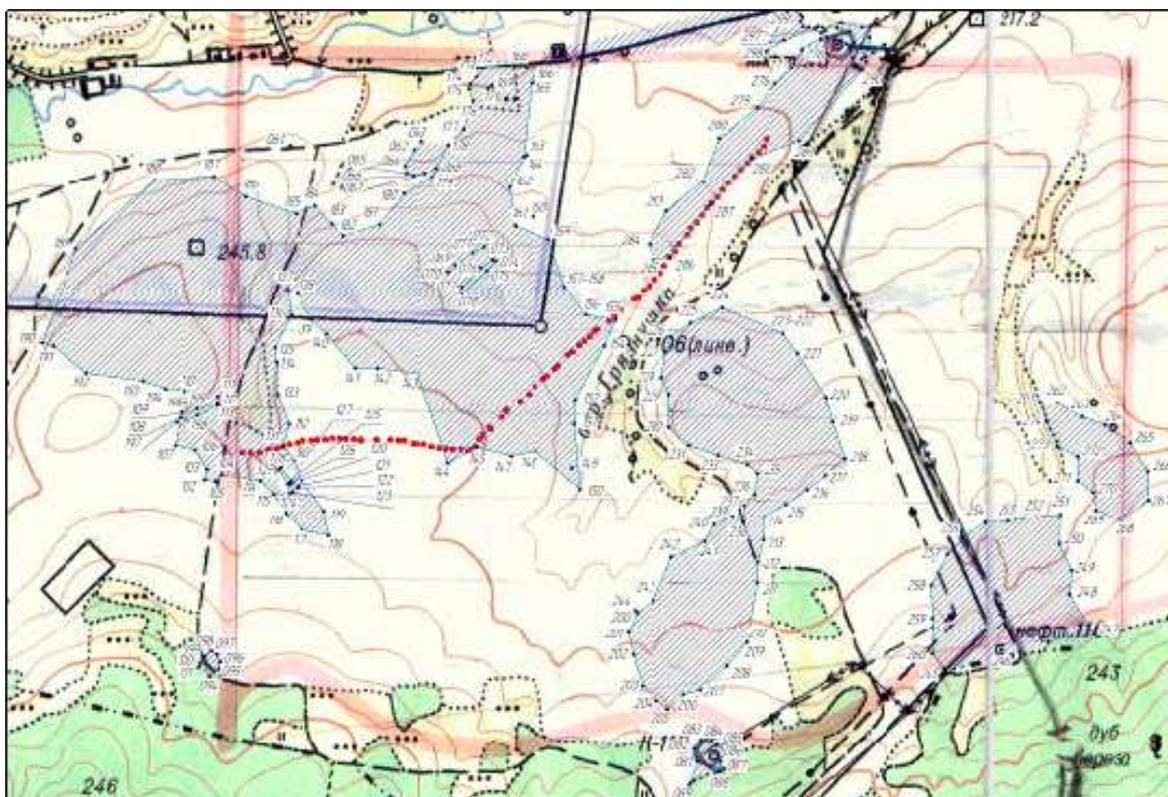


Рисунок 3 – Результаты детального картирования обширных БГФ аномалий – залежей нефти (по Н.М. Андрееву, 2012)

Применение прямых поисков углеводородов во вмещающих толщах осложняется [10, 12, 15, 16, 17], по-видимому, рассеянным характером залегания углеводородов в сланцевых породах. Вероятно, концентрированные скопления («залежи») сланцевой нефти и газа формируется в результате операции гидроразрыва, когда углеводороды стекают (подтягиваются) по трещинам к горизонтальной скважине. То есть образование отдельных залежей сланцевых углеводородов на наш взгляд, носит техногенный характер.

Процесс трещинообразования после гидроразрыва продуктивного пласта фиксируется [5] с помощью микросейсмических наблюдений. Имеются [18, 26] весьма благоприятные физико-геологические предпосылки для применения высокоразрешающей электроразведки. Освоение сланцевой нефти и газа обуславливает необходимость прогнозирования [10, 12, 13, 15, 16, 17] путей миграции сосредоточенных потоков флюидов, образующихся в результате операции гидроразрыва продуктивного пласта в горизонтальной скважине и поступающих в верхние слои осадочного чехла. Наличие ослабленных зон влияет на эффективность гидроразрыва и создает опасность [14] негативного воздействия на окружающую среду.

Современное аэрогеофизическое аппаратно-методическое обеспечение позволяет [13] комплексовать высокоточную магниторазведку с гравитаразведкой и гамма-спектрометрией. Такое сочетание геофизических методов способствует диагностике разрывных нарушений на активные и латентные («мертвые»).

Развитие новых технологий определения местоположения зон повышенной трещиноватости и сплошности, выявления зон нефте-, газо- и водонасыщенности, отслеживания динамики флюидопотоков обуславливают [9] применение методов мониторинга, обеспечивающих получение информации об изменившихся свойствах, геометрии и структуре продуктивных горизонтов.

Литература:

1. Зайдельсон М.И. Формирование и нефтегазоносность доманикоидных формаций / М.И. Зайдельсон, С.Я. Вайнбаум, Н.И. Копрова и др. – М. : Наука, 1990. – 79 с.



2. Арутюнов Т.В. Анализ характеристик геологического строения и коллекторских свойств сланцевых отложений / Т.В. Арутюнов, О.В. Савенок // Нефть. Газ. Новации. – 2015. – № 4 – С. 72–76.
3. Прищепа О.М. Нефтеносные сланцы Восточно-Европейской платформы – резерв поддержания добычи углеводородов в промышленно освоенных районах / О.М. Прищепа, О.Ю. Аверьянова, А.М. Жарков // Проблемы повышения эффективности разработки нефтяных месторождений на поздней стадии : Материалы Международной научно-практической конференции. – Казань : Изд-во Фэн АН РТ, 2013. – С. 28–32.
4. Григорьев Г.А. Перспективы промышленного освоения нетрадиционных ресурсов газа в России / Г.А. Григорьев, Т.А. Афанасьева // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – Т. 7. – № 2. – С. 1–19.
5. Гошевский С.В. Развитие новых геофизических технологий для разведки и разработки сланцевого газа / С.В. Гошевский, П.Т. Сиротенко // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2012. – № 1. – С. 9–32.
6. Хисамов Р.С. Геофизические методы поисков и разведки месторождений природных битумов в Республике Татарстан / Р.С. Хисамов, М.Я. Боровский, Н.С. Гатиятуллин. – Казань : Изд-во Фэн АН РТ, 2007. – 247 с.
7. Хисамов Р.С. Геологоразведочные работы в регионах с высокой опосредованностью недр / Р.С. Хисамов, Н.С. Гатиятуллин, Е.А. Тарасов, В.А. Екименко и др. – Казань : Изд-во ФЭН Академии наук РТ, 2010. – 274 с.
8. Хисамов Р.С. Основы полевой и промысловой геофизики для геологов / Р.С. Хисамов, Р.Г. Харисов, В.А. Екименко и др. – Казань : Изд-во Фэн АН РТ, 2013. – 359 с.
9. Хисамов Р.С. Геолого-геофизическое доизучение нефтяных месторождений на поздней стадии разработки / Р.С. Хисамов, И.Н. Файзуллин. – Казань : Изд-во ФЭН АН РТ, 2011. – 228 с.
10. Боровский М.Я. Геофизическое изучение нетрадиционных источников углеводородного сырья // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей : Материалы 42-ой сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского, Пермь, 26–30 января 2015 г. – Пермь : Горный ин-т УрО РАН, Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2015. – С. 23–26.
11. Боровский М.Я. Геофизическая технология прогноза, поисков и разведки месторождений природных битумов : автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.10 / Боровский Михаил Яковлевич. – Казань : КГУ, 2001. – 23 с.
12. Боровский М.Я. К вопросу о применении геофизических разведки на углеводороды сланцевых формаций // Труды XIV Междунар. симп. «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан», Казань, 18–20 марта 2014 г. – Казань : Изд-во ООО «ТатГраф», 2014. – С. 132–135.
13. Боровский М.Я. Аэрогеофизическая разведка на углеводороды сланцевых формаций / М.Я. Боровский, П.С. Бабаянц, А.А. Трусов // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 6. – С. 16–19.
14. Боровский М.Я. Экологические последствия процессов освоения углеводородов сланцевых толщ и геофизические методы их картирования и прогноза / М.Я. Боровский, П.С. Бабаянц, А.А. Трусов, С.А. Скловский // Нефть. Газ. Новации. – 2015. – № 2. – С. 74–77.
15. Боровский М.Я. Возможности разведочной геофизики при поисках и разведке углеводородов сланцевых формаций в Республике Татарстан / М.Я. Боровский, А.С. Борисов, И.Н. Плотникова, И.В. Успенский // Трудноизвлекаемые и нетрадиционные запасы углеводородов: опыт и прогнозы : материалы Международной научно-практической конференции. – Казань : Изд-во ФЭН АН РТ, 2014. – С. 173–176.
16. Боровский М.Я. Геофизическая разведка для выявления углеводородов в сланцевых толщах на территории Республики Татарстан / М.Я. Боровский, А.С. Борисов, И.Н. Плотникова, Б.В. Успенский // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 11. – С. 94–96.
17. Боровский М.Я. Несейсмические методы изучения доманиковых отложений // Перспективы увеличения ресурсной базы разрабатываемых месторождений, в том числе, из доманиковых отложений : Сборник докладов межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 70-летию НГДУ «Ленингорскнефть» Карабаш, 6–7 августа 2015 г. Альметьевск; ПАО «Татнефть». – 2015. – С. 191–199.
18. Боровский М.Я. Выделение высокоразрешающей электроразведкой зон растрескивания коллекторов, в карбонатных отложениях, полученных в процессе гидроразрыва пласта / М.Я. Боровский, А.Г. Небрат, М.Я. Богатов // Перспективы увеличения ресурсной базы разрабатываемых месторождений, в том числе из доманиковых отложений : Сборник докладов межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 70-летию НГДУ «Ленингорскнефть» Карабаш, 6–7 августа 2015 г. Альметьевск; ПАО «Татнефть». – 2015. – С. 200–206.
19. Левашов С.П. Обнаружение и картирование скоплений газа в сланцевых породах мобильными геофизическими методами / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей : Материалы 39-й сессии Международного научного семинара имени Д.Г. Успенского, Воронеж, 30 января – 2 февраля 2012 г. – Воронеж, 2012. – С. 162–165.
20. Левашов С.П. Применение мобильных геофизических методов для обнаружения и картирования залежей газа в сланцевых породах / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа, В.В. Прилуков // Геоинформатика : теоретические и прикладные аспекты : XII Международная конференция, 13–16 мая 2013 г. : тезисы докл. – К. : ВАГ, 2013. (A101. 6 с. – CD-ROM).
21. Слепак З.М. Гравиразведка при прогнозировании природных битумов и высоковязких нефтей // Высоковязкие нефти и природные битумы: проблемы и повышение эффективности разведки и разработки месторождений : Материалы Международной научно-практической конференции. – Казань : Изд-во ФЭН, 2012. – С. 106–109.
22. Слепак З.М. Геолого-геофизическое моделирование для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений на поздней стадии // Проблемы повышения эффективности разработки нефтяных месторождений на поздней стадии : Материалы Международной научно-практической конференции. – Казань : Изд-во Фэн АН РТ, 2013. – С. 105–107.
23. Бычков С.Г. Методы обработки и интерпретации гравиметрических наблюдений при решении задач нефтегазовой геологии. – Екатеринбург : УрО РАН, 2010. – 187 с.
24. Борисов А.С., Боровский М.Я. Методы разведочной геофизики при изучении углеводородов сланцевых толщ : учебно-методическое пособие. – Казанский ФУ, 2015. – URL : <http://vufind.kpfu.ru/opac/Record/dspace-kpfu-net-32582>; <https://yadi.sk/i/Xp2KGLo4mUcyk>



25. Боровский М.Я. Геофизическая подготовка месторождений к применению методов увеличения нефтеотдачи / М.Я. Боровский, В.И. Богатов, А.С. Борисов, С.В. Шакуро // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей : Сборник научных трудов. – Пермь : ГИ УрО РАН, ПГНИУ, 2019. – Вып. 1(46). – С. 55–58.

References:

1. Zaydelson M.I. Formation and oil-and-gas content the domanikoidnykh of formations / M.I. Zaydelson, S.Ya. Vaynbaum, N.I. Koprova, etc. – M. : Science, 1990. – 79 p.
2. Arutyunov T.V. Analysis of characteristics of a geological structure and collection properties of slate deposits / T.V. Arutyunov, O.V. Savenok // Oil. Gas. Innovations. – 2015. – № 4 – P. 72–76.
3. Prishchepa O.M. Oil-bearing slates of the East European platform – a reserve of maintenance of extraction of hydrocarbons in industrially developed areas / O.M. Prishchepa, O.Yu. Averyanova, A.M. Zharkov // Problems of increase in efficiency of development of oil fields at a late stage : Materials of the International scientific and practical conference. – Kazan : Fan AN'S publishing house of RT, 2013. – P. 28–32.
4. Grigoriev G.A. The prospects of industrial development of nonconventional resources of gas in Russia / G.A. Grigoriev, T.A. Afanasyeva // Oil and gas geology. Theory and practice. – 2012. – V. 7. – № 2. – P. 1–19.
5. Goshevsky S.V. Development of new geophysical technologies for exploration and development of slate gas / S.V. Goshevsky, P.T. Sirotenko // Zbornik the naukovichk pratz UKRDGR. – 2012. – № 1. – P. 9–32.
6. Hisamov R.S. Geophysical methods of search and investigation of fields of natural bitumens in the Republic of Tatarstan / R.S. Hisamov, M.Ya. Borovsky, N.S. Gatiyatullin. – Kazan : Fan AN'S publishing house of RT, 2007. – 247 p.
7. Hisamov R.S. Exploration works in regions with a high opoiskovannost of a subsoil / R.S. Hisamov, N.S. Gatiyatullin, E.A. Tarasov, V.A. Ekimenko, etc. – Kazan : FAN publishing house of Academy of Sciences of RT, 2010. – 274 p.
8. Hisamov R.S. Fundamentals of field and trade geophysics for geologists / R.S. Hisamov, R.G. Harisov, V.A. Ekimenko, etc. – Kazan : Fan AN'S publishing house of RT, 2013. – 359 p.
9. Hisamov R.S. Geologic-geophysical additional appraisal of oil fields at a late stage of development / R.S. Hisamov, I.N. Fayzulin. – Kazan : RT AN FAN publishing house, 2011. – 228 p.
10. Borovsky M.Ya. Geophysical studying of nonconventional sources of hydrocarbon raw materials // Questions of the theory and practice of geological interpretation of geophysical fields : Materials of the 42nd session of the International seminar of D.G. Uspensky, Perm, on January 26–30, 2015 – Perm : Mountain in-t OURO RAHN, Perm. state. national. research. un-t, 2015. – P. 23–26.
11. Borovsky M.Ya. Geophysical technology of the forecast, search and investigation of fields of natural bitumens : aurof. yew. edging. geol.-min. sciences: 25.00.10 / Borovsky Mikhail Yakovlevich. – Kazan : KGU, 2001. – 23 p.
12. Borovsky M.Ya. To a question of application of geophysical investigation on hydrocarbons of slate formations // Works the XIV Mezhdunar. simp. «Energy efficiency and energy saving in the Republic of Tatarstan», Kazan, on March 18–20, 2014 – Kazan : LLC Tatgraf publishing house, 2014. – P. 132–135.
13. Borovsky M.Ya. Aero geophysical investigation on hydrocarbons of slate formations / M.Ya. Borovsky, P.S. Babayants, A.A. Trusov // Oil. Gas. Innovations. – 2014. – № 6. – P. 16–19.
14. Borovsky M.Ya. Environmental impacts of processes of development of an uglevodorodo of slate thicknesses and geophysical methods of their mapping and forecast / M.Ya. Borovsky, P.S. Babayants, A.A. Trusov, S.A. Sklovsky // Oil. Gas. Innovations. – 2015. – № 2. – P. 74–77.
15. Borovsky M.Ya. Possibilities of prospecting geophysics by search and investigation of hydrocarbons of slate formations in the Republic of Tatarstan / M.Ya. Borovsky, A.S. Borisov, I.N. Plotnikova, I.V. Uspensky // Hardly removable and nonconventional reserves of hydrocarbons: experience and forecasts : materials International on - an uchno-practical conference. – Kazan : RT AN FAN publishing house, 2014. – P. 173–176.
16. Borovsky M.Ya. Geophysical investigation for identification of hydrocarbons in slate thicknesses in the territory of the Republic of Tatarstan / M.Ya. Borovsky, A.S. Borisov, I.N. Plotnikova, B.V. Uspensky // Oil economy. – 2015. – № 11. – P. 94–96.
17. Borovsky M.Ya. Not seismic methods of studying the domanikovykh of deposits // the Prospects of increase in resource base of the developed fields, including, from the domanikovykh of deposits : The collection of reports of the interregional scientific and practical conference devoted to the 70 anniversary of NGDU «Leninogorskneft» Karabash, on August 6–7, 2015 Almeteyevsk; PJSC Tatneft. – 2015. – P. 191–199.
18. Borovsky M.Ya. Allocation by the high-allowing electroinvestigation of zones of cracking of collectors, in the carbonate deposits received in the course of a gidrorazrayv of layer / M.Ya. Borovsky, A.G. Nebrat, M.Ya. Bogatov // the Prospects of increase in resource base of the developed fields, including from the house-nikovykh of deposits : The collection of reports of the interregional scientific and practical conference devoted to the 70 anniversary of NGDU «Leninogorskneft» Karabash, on August 6–7, 2015 Almeteyevsk; PJSC Tatneft. – 2015. – P. 200–206.
19. Levashov S.P. Detection and mapping of congestions of gas in slate breeds by mobile geophysical methods / S.P. Levashov, N.A. Yakimchuk, I.N. Korchagin // Questions of the theory and practice of geological interpretation of geophysical fields : Materials of the 39th session of the International scientific seminar of D.G. Uspensky, Voronezh, on January 30 – on February 2, 2012 – Voronezh, 2012. – C. 162–165.
20. Levashov S.P. Application of mobile geophysical methods for detection and mapping of deposits of gas in slate breeds / S.P. Levashov, N.A. Yakimchuk, I.N. Korchagin, D.N. Bozhezha, V.V. Prilukov // Geoinformatics: theoretical and applied aspects : The XII International conference, on May 13–16, 2013 : theses – K. : VAG, 2013. (A101. 6 pages are CD ROM).



21. Slepak Z.M. Gravirazvedka mold when forecasting natural bitumens and high-viscosity nefty // High-viscosity oil and natural bitumens: problems and increase in efficiency of exploration and development of fields : Materials of the International scientific and practical conference. – Kazan : FAN publishing house, 2012. – P. 106–109.
22. Slepak Z.M. Geologic-geophysical modeling for increase in efficiency of development of oil fields at a late stage // Problem of increase in efficiency of development of oil fields at a late stage : Materials of the International scientific and practical conference. – Kazan : Fan AN'S publishing house of RT, 2013. – P. 105–107.
23. Bychkov S.G. Methods of processing and interpretation of gravimetric observations at the solution of problems of oil and gas geology. – Yekaterinburg : OURO RAHN, 2010. – 187 p.
24. Borisov A.S., Borovsky M.Ya. Methods of prospecting geophysics when studying hydrocarbons of slate thicknesses: educational and methodical grant. – Kazan FAUGH, 2015. – URL : <http://vufind.kpfu.ru/опас/Record/dspace-kpfu-net-32582>; <https://yadi.sk/i/Xp2KGLo4mUcyk>
25. Borovsky M.Ya. Geophysical preparation of fields for application of methods of increase in oil recovery / M.Ya. Borovsky, V.I. Bogatov, A.S. Borisov, S.V. Shakuro // Questions of the theory and practice of geological interpretation of gravitational, magnetic and electric fields : Collection of scientific works. – Perm : GUI OURO RAHN, PGNIU, 2019. – Issue 1(46). – P. 55–58.