



УДК 502

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА НА НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

GEOPHYSICAL EXPLORATION FOR UNCONVENTIONAL SOURCES OF HYDROCARBONS

Боровский Михаил Яковлевич

кандидат геолого-минералогических наук,
генеральный директор,
ООО «Геофизсервис»
micbor1913@mail.ru

Борисов Анатолий Сергеевич

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

Богатов Владимир Ильич

Ведущий геофизик
ООО «Геофизсервис»
vladbogatoff@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены возможности геофизических методов при поисках и разведки месторождений торфа, угля, природных битумов и сверхвязкой нефти, горючих сланцев, газогидратов, нефти и газа сланцевых формаций.

Ключевые слова: нетрадиционные источники углеводородного сырья, геофизические методы, радиолокационная разведка, сейсморазведка, электроразведка, гравиразведка, магниторазведка, аномалии геофизических параметров.

Borovskiy Mikhail Yakovlevich

Candidate of Geological and
Mineralogical Sciences,
General Director,
«Geofizservis» LLC
micbor1913@mail.ru

Borisov Anatoly Sergeevich

Doctor of Geological and Mineralogical
Sciences, Professor,
Professor of the Department of Geophysics
And Geoinformation Technologies,
Kazan (Volgaregion) Federal University
anatoly.borisov@kpfu.ru

Bogatov Vladimir Illich

Leading Geophysicist
«Geofizservis» LLC
vladbogatoff@gmail.com

Annotation. The possibilities of geophysical methods in the search and exploration of peat, coal, natural bitumen and ultra-viscous oil, oil shale, gas hydrates, oil and gas of shale formations are considered.

Keywords: unconventional sources of hydrocarbons, geophysical methods, radar exploration, seismology, electromagnetics, gravity, magnetic anomalies, geophysical parameters.

К альтернативным (дополнительным) источникам углеводородов относятся техногенные залежи (свалочный газ – биогаз, нефтепродукты) и природные полезные ископаемые: торф, горючие сланцы, природные битумы, угли, сланцевый газ и нефть, газогидраты.

На всех этапах и стадиях геологоразведочных работ на эти горючие полезные ископаемые используются или могут применяться различные методы разведочной геофизики [1–17].

Ниже рассмотрены возможности геофизической разведки на ряд видов нетрадиционных источников углеводородного сырья.

Торф. В последние годы для картирования торфяных залежей широко применяется (Зверев Е.О., Клепикова С.М., Монахов В.В.) георадиолокационная разведка. По данным ООО «НПЦГеоТех» (2005) выявлены картировочные признаки торфяных залежей:

При сравнительно высоких коэффициентах затухания и низких значениях УЭС отражающая граница, соответствующая подошве торфяной залежи, хорошо коррелируема за счет высокого значения $K_{отр}$.

Частотная характеристика отражающей границы имеет центральную частоту в 2–3 раза меньшую, нежели центральная частота всей записи.

По рисунку записи подошва торфяных отложений характеризуется наличием большого количества точек дифракции, что свойственно речным и озерным отложениям; по геометрии подошва торфа имеет сильно изрезанную форму.

Горючие сланцы. Залегают, как правило [16], в виде горизонтальных пластов, среди которых, развиты прослои керогена. Основные типы месторождений выделяются с учетом специфики строения залегающих в преимущественно глинистых, песчаных и карбонатных породах, а также приуроченности сланцевых толщ к закарстованным и (или) к практически не затронутым карстовыми процессами карбонатным разрезам. Продуктивные образования обычно представлены глинисто-песчанистыми и известняковыми породами, в которых до 56–65 % их объема занимают продукты разных степеней разложения и преобразования органического вещества.

Задачи, решаемые геофизическими методами (по П.В. Вишневному, 1996):

– уточнение геологического строения и структурно-тектонических особенностей территории (района, площади, участка) установленной и (или) потенциальной сланценосности (используется электроразведка ВЭЗ, СЭП, ДЭЗ и др., малоглубинная сейсморазведка);



- выявление зон повышенной трещиноватости (раздробленности), обводненности и закарстованности продуктивных и вмещающих толщ (высокоточная гравиразведка, геотермия, «полярные» (крестовые и круговые) исследования методами электроразведки и сейсморазведки);
- изучение гидрогеологических особенностей разреза сланценосных площадей (электроразведка ЕП, ВЭЗ, СЭП и др., сейсморазведка МПВ).

Природные битумы и сверхвязкая нефть. Прогнозирование нефтесланцевости верхней части геологического разреза геофизическими методами осуществляется [1, 2, 9, 15, 17] на региональном, поисковом и разведочном этапах геологоразведочного процесса. Согласно целевой ориентации на региональном этапе производится выявление возможных зон битумоаккумуляции путем заложения ряда региональных геофизических профилей. Технологический комплекс обуславливает постановку электроразведочных работ с шагом измерений по профилю 500 м. Поисковый этап геофизических исследований предполагает картирование и подготовку потенциально продуктивных локальных структур (ловушек) к поисковому бурению. Это полное опосредование земель с детальностью, обеспечивающей выявление всех экономически рентабельных объектов и исключающей неоднократный возврат на одни и те же площади. При поисковом прогнозировании полевые геофизические работы проводятся комплексом методов высокоразрешающей электроразведки в площадном варианте: шаг измерений по профилю 100 м, расстояние между профилями 100–150–200 м. На разведочном этапе геофизические методы применяются при составлении проектов и технологических схем промышленной разработки битумных месторождений. Целесообразен комплекс полевой геофизики, включающий высокоточную гравиразведку и электроразведку методом сопротивлений. Такой набор геофизических методов позволяет выделять зоны развития неогеновых долин, сопряженных с тектонически ослабленными зонами, и участки обводнения залежей. Для выделения тектонически ослабленных зон в пределах битумных месторождений необходимо проведение целенаправленных гравиметрических съемок с соотношением расстояний между точками измерений к профилям 1 : 2–3 (50 x 100–150 м).

Угли. Приурочены к верхним и средним звеньям осадочного покрова. В верхней части разреза для поисков залежей угля в пермских и неогеновых отложениях необходима информация об областях глубокого размыва коренных пород. Палеорекки выделяются по данным ВЭЗ и высокоточной гравиразведки. Зоны развития нижнекаменноугольных врезов, контролируют размещение угольных пластов, которые вытянуты вдоль палеорусел, а к бортам палеодолин выклиниваются [12] согласно особенностям строения аллювиальных толщ. Выявление и трассирование древних речных систем осуществляется [8, 12, 13, 16] электроразведкой ЗСБЗ и сейсморазведкой МОГТ.

Углеводороды сланцевых формаций. Широко применяется [1, 4, 5, 7, 10] сейсморазведка МОГТ в модификациях 3D и 4D. Имеются [11] примеры использования электрической разведки в сочетании с дистанционным зондированием Земли (ДЗЗ). Перспективно [6] внедрение аэрогеофизических исследований. Рекомендуется [1, 7] на площадях развития сланценосных толщ (семилукско-речицкие отложения), выявленных в региональном плане по геологическим данным, для разработки рациональной методики геофизических поисков и разведки в условиях Волго-Уральского региона:

- переобработка и переинтерпретация сейсмических материалов съемок 3D и высокоточных гравиметрических работ на новом научно-методическом уровне;
- проведение целенаправленных (опытно-методических) комплексных геофизических (сейсморазведка МОГТ-3D, высокоточная гравиразведка) исследований на опорных полигонах.
- Концепция геофизического изучения сланцевых толщ предполагает и составление сводных карт тектонических нарушений по имеющимся данным (гравиразведка, магниторазведка, сейсморазведка, электроразведка). Критерии выделения проявлений диастрофизма земной коры являются общепринятыми [1, 2, 5, 16, 17]. Анализ разломов, в частности их напряжений и ориентации, необходим [7, 10] как для регионального, так и детального масштаба интерпретации коллектора: разломы и разрывы могут динамически воздействовать на потенциал коллектора.

Газо гидраты. Используется [14] электроразведка методом становления поля для поляризующихся сред. По материалам морских исследований выявлены поисковые признаки отображения газогидратов, базирующиеся на явлении индукционно вызванной поляризации (ИВП). Разработаны технология полевых (морских) наблюдений и методические приемы геологического истолкования данных высокоразрешающей электроразведки.

Технологии геофизической разведки обеспечивают возможность снижения объемов капиталоемких видов затрат (прежде всего бурения) на различных этапах и стадиях геологоразведочных работ на нетрадиционные источники углеводородного сырья.



Литература:

1. 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-тУрО РАН, Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2015. – С. 23–26.
2. Боровский М.Я. Геофизическая технология прогноза, поисков и разведки месторождений природных битумов : автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00. – Казань : КГУ, 2001. – 23 с.
3. Боровский М.Я. Свалочный газ: эколого-геофизические аспекты // Материалы IX Межрегиональной научно-практической конференции «Промышленная экология и безопасность». – Журнал ЭИПБ. – 2014. – № 1–2. – С. 9–12.
4. Боровский М.Я. Эколого-геофизические аспекты процессов освоения углеводородов сланцевых формаций // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 41-ой сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского, 27–31 января 2014 г. – Екатеринбург : ИГФУрО РАН, 2014. – С. 52–53.
5. Боровский М.Я. К вопросу о применении геофизической 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 «ТаГраф», 2014. – С. 132–135.
6. Боровский М.Я., Бабаянц П.С., Трусов А.А. Аэрогеофизические исследования на углеводороды сланцевых формаций // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 6. – С. 16–19.
7. Возможности разведочной геофизики при поисках и разведке углеводородов сланцевых формаций в Республике Татарстан / М.Я. Боровский [и др.] // Трудноизвлекаемые и нетрадиционные запасы углеводородов: опыт и прогнозы: материалы Международной научно-практической конференции. – Казань : Изд-во ФЭН АН РТ, 2014. – С. 173–176.
8. Боровский М.Я., Мухаметшин Р.З., Богатов В.И. Разведочная геофизика при изучении угленосных толщ Татарстана // Геологическое изучение земных недр Республики Татарстан. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 2002. – С. 138–139.
9. Геофизические методы подготовки и контроля процессов эксплуатации природных битумов / М.Я. Боровский [и др.]. – М. : Геос, 2000. – 170 с.
10. Гошевский С.В. Сиротенко П.Т. Развитие новых геофизических технологий для разведки и разработки сланцевого газа // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2012. – № 1. – С. 9–32.
11. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Обнаружение и картирование скоплений газа в сланцевых породах мобильными геофизическими методами // 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.
12. Мухаметшин Р.З., Боровский М.Я., Трофимов В.А. Эрозионные врезы Татарстана: нефте- и угленосность, методы изучения // Проблемы обеспечения запасами углеводородов в республиках и областях Волго-Камского региона: докл. засед. «Круглого стола» 10–11 ноября 1998 г. – Казань : Мастер Лайн, 2000. – С. 102–110.
13. Прогнозирование угленосных толщ Татарстана по геофизическим данным / Р.З. Мухаметшин [и др.] // Нетрадиционные источники углеводородного сырья и проблемы его освоения: Тез. докл. Второго междунар. симпозиума 23–27 июня 1997 г., С.-Петербург. – СПб. : ВНИГРИ, 1997. – С. 125–126.
14. Небрат А.Г., Сочельников В.В. Электроразведка методом становления поля для неполяризующихся сред // Геофизика. – 1998. – № 6. – С. 27–30.
15. Хисамов Р.С., Боровский М.Я., Гатиятуллин Н.С. Геофизические методы поисков и разведки месторождений природных битумов в Республике Татарстан. – Казань : Изд-во ФЭН АН РТ, 2007. – 247 с.
16. Сохранение энергетической независимости субъектов федерации: своевременный поиск альтернативных источников углеводородного сырья (на примере Республики Татарстан) / Н.Я. Шабалин [и др.] // Высоковязкие нефти, природные битумы и остаточные нефти разрабатываемых месторождений: Тр. научн.-практ. конф. VI междунар. специализир. выставки «Нефть, газ–99» 8–9 сентября 1999 г., г. Казань. – Казань : Экоцентр, 1999. – Т. II. – С. 148–155.
17. Швыдкин Э.К. Техногенные и естественные электрические поля в проблемах освоения ресурсов природных битумов (контроль за разработкой, разведка, экология): автореф. дисс. докт. геол.-мин. наук : 04.00.12. – М. : ВНИИГеосистем, 1996. – 30 с.

References:

1. Borovsky M.Y. Geophysical study of unconventional sources of hydrocarbon raw materials // Theory and practice of geological interpretation of geophysical fields: Proceedings of the 42-nd session of the International seminar named after D.G. Uspensky, Perm, 26–30 January 2015. – Perm : Mining Institute Ural RAS, Perm State National Research University, 2015. – P. 23–26.
2. Borovsky M.Y. Geophysical technology of forecasting, prospecting and exploration of natural bitumen deposits: Abstract Diss. ... Cand. Geol.-Min. of Sciences: 25.00.10. – Kazan : KSU, 2001. – 23 p.
3. Borovsky M.Y. Landfill gas: environmental and geophysical aspects // Proceedings of the IX Inter-regional Scientific Conference «Industrial Ecology and Safety». – Journal of E&PB. – 2014. – № 1–2. – P. 9–12.
4. Borovsky M.Y. Ecological and geophysical aspects of hydrocarbon development of shale formations // Theory and practice of geological interpretation of gravitational, magnetic and electrical fields: Proceedings of the 41st session of the International seminar named after D.G. Uspensky, 27–31 January 2014. – Yekaterinburg : IGFUro RAS, 2014. – P. 52–53.
5. Borovsky M.Y. On the application of geophysical exploration for hydrocarbons of shale formations // Proceedings of the XIV International Symposium. «Energy Resource Efficiency and Energy Saving in the Republic of Tatarstan», Kazan, March 18–20, 2014. – Kazan : TaGraph Publisher, 2014. – P. 132–135.



6. Borovsky M.Y., Babayants P.S., Trusov A.A. Aerogeophysical studies on hydrocarbons of shale formations // Oil. Gas. Novation. – 2014. – № 6. – P. 16–19.
7. Possibilities of exploratory geophysics in search and exploration of hydrocarbons of shale formations in the Republic of Tatarstan / M.Y. Borovsky [et al.] // Hard-to-recover and unconventional hydrocarbon reserves: experience and forecasts: materials of the International scientific-practical conference. – Kazan : Publishing house of FEN of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2014. – P. 173–176.
8. Borovsky M.Y., Mukhametshin R.Z., Bogatov V.I. Exploration geophysics in studying coal-bearing strata of Tatarstan // Geological study of terrestrial bowels of the Republic of Tatarstan. – Kazan : Publishing house of Kazan University, 2002. – P. 138–139.
9. Geophysical Methods of Preparation and Control of Exploitation Processes of Natural Bitumen / M.Y. Borovsky [et al.]. – M. : Geos, 2000. – 170 p.
10. Goshevsky S.V., Sirotenko P.T. Development of New Geophysical Technologies for Exploration and Development of Shale Gas // Zbirnik naukovykh prakty UkrDGRI. – 2012. – № 1. – P. 9–32.
11. Levashov S.P., Yakimchuk N.A., Korchagin I.N. Detection and mapping of gas accumulations in shale formations by mobile geophysical methods // Theory and practice of geological interpretation of geophysical fields: Proceedings of the 39th session of the International Scientific Seminar named after D.G. Uspensky, Voronezh, 30 January – 2 February 2012. – Voronezh, 2012. – P. 162–165.
12. Mukhametshin R.Z., Borovsky M.Y., Trofimov V.A. Erosion trenches of Tatarstan: oil- and coal-bearing, methods of study // Problems of hydrocarbon reserves in republics and regions of the Volga-Kama region: report of the session. «Round Table» 10–11 November 1998. – Kazan : Master Line, 2000. – P. 102–110.
13. Prediction of coal-bearing strata of Tatarstan by geophysical data / R.Z. Mukhametshin [etc.] // Untraditional sources of hydrocarbon raw materials and the problems of its development: Proceedings of the Second International Symposium, June 23–27, 1997, S.-Petersburg. – SP. : VNIGRI, 1997. – P. 125–126.
14. Nebrat A.G., Sochelnikov V.V. Electric Field Formation Method for non-polarizing media // Geophysics. – 1998. – № 6. – P. 27–30.
15. Khisamov R.S., Borovsky M.Y., Gatiyatullin N.S. Geophysical Methods of Search and Exploration of Natural Bitumen Deposits in the Republic of Tatarstan. – Kazan : Publishing house of the FEB RAS, 2007. – 247 p.
16. Keeping of energy independence of the Federation subjects: timely search of alternative sources of hydrocarbon raw materials (by the example of the Republic of Tatarstan) / N.Y. Shabalin [et al.] // High-viscosity oils, natural bitumens and residual oils of developed deposits: proc. of scientific-practical conference. VI International Specialized Exhibition «Oil, Gas-99» September 8–9, 1999, Kazan. – Kazan : EcoCenter, 1999. – Vol. II. – P. 148–155.
17. Shvydkin E.K. Technogenic and natural electric fields in the problems of development of natural bitumen resources (control of development, exploration, and ecology): Abstract Diss. ... Doctor. Geol. Min. of Sciences: 04.00.12. – M. : VNIIGeosystem, 1996. – 30 p.