

ИННОВАЦИОННЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И ДЕТАЛЬНОЙ РАЗВЕДКИ МАЛОКОНТРАСТНЫХ И ГЛУБОКО ЗАЛЕГАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Бобровников Л. З., Добрынин С. И, Головин С. В.

РГГУ им. Серго Орджоникидзе, г. Москва,

В МГРИ-РГГРУ к настоящему времени разработаны, опробованы на хорошо изученных «эталонных» месторождениях различных полезных ископаемых и готовы к широкому внедрению в производство геофизических работ несколько новых инновационных технологий, позволяющих проводить прямые поиски и детальную разведку месторождений различных полезных ископаемых на суше, на прибрежном шельфе и глубоководных морских акваториях.

Отличительной особенностью новых технологий от стандартных геофизических методов является использование одновременно нескольких искусственно создаваемых многокомпонентных электромагнитных полей и сейсмических (упругих) колебаний, которые воздействуя одновременно (или в заданной временной и пространственной последовательности) на искомый объект поисков (например – рудное тело, нефтегазонасыщенный пласт или линзу пресной воды), возбуждают в нем (или на его контактах со вмещающей средой) сложные электрохимические, поляризационные, электродинамические и электрокинетические процессы, которые, в свою очередь, возбуждают в окружающем пространстве вторичное многокомпонентное электромагнитное поле [4–5].

Это поле имеет значительную величину и может наблюдаться даже на большом удалении от искомого геологического объекта в виде многокомпонентного электромагнитного сигнала, параметры которого однозначно связаны с физическими свойствами, минералогическим и гранулометрическим составом искомого геологического объекта.

Метод тензорных измерений (ТИ-метод) линейных и нелинейных параметров вторичного электромагнитного поля, позволяющий не только уверенно различать графитизированные, углефицированные геологические образования, сульфидные оруденения, пресные и минерализованные воды, но и определять пространственное местоположение их наибольшей концентрации [1, 2, 6].

ТИ-метод существует в нескольких вариантах: для поисков рудных и нерудных твердых полезных ископаемых, поисков нефтегазовых месторождений и поисков бассейнов пресной воды.

Метод основан на одновременных многокомпонентных измерениях многомерного вторичного электромагнитного поля искомого

геологического объекта, возбуждаемого одновременно несколькими источниками электромагнитного поля и несколькими источниками сейсмических колебаний. При этом на поверхности Земли измеряются тензорные, 3D параметры вторичного электромагнитного поля, для чего используются, как минимум, две взаимно перпендикулярные питающие линии, две взаимно перпендикулярные приемные линии и два источника сейсмических колебаний. По измеренным параметрам сигналов определяют величины двух главных значений тензора вторичного поля, которые не зависят ни от направления действия первичных полей, ни от ориентации измерительных линий относительно неоднородностей среды, что позволяет определить местоположение эпицентров локальных неоднородностей на поверхности Земли даже в том случае, когда профили измерений располагаются вне аномальных зон. Это позволяет проводить измерения даже тогда, когда искомые геологические объекты недоступны для непосредственного изучения (например – под водоемами, под крупными инженерными сооружениями и т. д.).

Опытно-методические работы, выполненные сотрудниками МГРИ-РГГРУ в различных регионах России и стран СНГ показали высокую геологическую и экономическую эффективность ТИ-метода при решении различных задач поисков и разведки месторождений практически любых полезных ископаемых. При этом ТИ-метод оказался наиболее эффективным при: 1) поисках и детальном изучении глубинных месторождений различных полезных ископаемых, обусловленных сульфидами, графитизированными или углефицированными породами (в первую очередь - при поисках цветных и благородных металлов, полиметаллов, марганцевых и хромовых руд); 2) поисках и детальном изучении алмазоносных трубок; 3) поисках месторождений бокситов и сульфидных касситеритов; 4) поисках нефтегазоносных структур и их детальном изучении; 5) инженерно-геологических изысканиях; 6) поисках артезианских бассейнов питьевой воды; 7) мониторинге распространения загрязнений в окружающей среде от различных промышленных объектов и свалок; 8) изучении упругих напряжений в горных породах и определения степени нарушения их механической прочности, что может быть использовано для оценки степени опасности возникновения оползней, провалов и землетрясений; 9) изучении состояния крупных инженерных сооружений (путем определения степени трещиноватости, пористости, фильтрационности и их изменения во времени, степени влажности в отдельных блоках, ее пространственное и временное изменение, степени механической напряженности в отдельных блоках и ее изменение во

времени, степени коррозии металлической арматуры в железобетонных конструкциях).

Сейсмоэлектромагнитный метод (СЭМ-метод), основанный на изучении различных, линейных, нелинейных и параметрических процессов, происходящих в горных породах и рудах и особенно интенсивно – в нефтегазовых залежах при одновременном воздействии на них упругих (сейсмических) колебаний, постоянных, импульсных и гармонических электромагнитных полей заданной временной и пространственной последовательности и заданного спектрального состава [2, 3].

В результате модельных и многочисленных экспериментальных работ на суше и на морских акваториях было установлено, что при одновременных (или возбуждаемых в заданной временной последовательности) воздействиях акустических и электромагнитных полей на нефтегазовую залежь, в ней протекают сложные динамические, механоэлектрические, электрокинетические, электрохимические и электрические поляризационные процессы, которые возбуждают вокруг нефтегазовой залежи вторичное электромагнитное поле специфической, весьма сложной формы. При этом особую, решающую роль, играет открытая пористость пород нефтегазового коллектора, обусловленная сообщающимися порами и капиллярами.

Как показали натурные эксперименты, главную роль в возникновении сейсмоэлектромагнитного сигнала, особенно от глубокозалегающих нефтегазовых залежей на морских акваториях, играют процессы в нанокapиллярных каналах коллекторов.

В СЭМ-методе из принимаемого на поверхности электромагнитного сигнала сложной формы выделяется специфического вида сигнал, обусловленный наличием в изучаемой структурной ловушке углеводородов (нефти, газа или газоконденсата). Если в ловушке углеводороды отсутствуют или их очень мало, сейсмоэлектромагнитный сигнал не возбуждается или имеет исчезающе малую величину.

В общем случае интенсивность принимаемого сейсмоэлектромагнитного сигнала пропорциональна мощности 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.

Разработанная новая технология позволяет оконтурить залежи углеводородов и обеспечивает коэффициент успешности последующего разведочного бурения до 75–80%. Опытные-производственные работы по СЭМ-методу с положительными результатами были выполнены на Баренцевом, Северном, Черном морях и в Мексиканском заливе на 7 морских нефтегазовых месторождениях и на одном месторождении на суше. При этом опытные поисково-разведочные работы были проведены по более чем 3-м тысячам километров профилей, при глубинах моря от 5 до 500 метров и глубинах залегания продуктивных пластов в нефтегазовых залежах до 5 км.

По результатам работ были указаны места для заложения 53 скважин, из которых наличие продуктивных пластов было подтверждено бурением на 43-х скважинах. Данные, получаемые СЭМ-методом при движении судна при скорости до 4-х узлов, в реальном времени, являются экспрессными и практически абсолютно объективными, поскольку наблюдаемые, регистрируемые и анализируемые ЭВМ сейсмoeлектромагнитные сигналы связаны непосредственно с продуктивными нефтегазовыми пластами и обусловлены находящимися в них углеводородами. Особенно эффективно применение СЭМ-метода при поисках и детальном изучении углеводородов в нетрадиционных ловушках (литолого-стратиграфических, дизъюнктивно-экранированных и комбинированного типов) в качестве дополнительного метода для уточнения результатов, полученных ранее другими, стандартными геофизическими методами.

Литература

1. Добрынин С. И., Головин С. В., Бобровников Л. З., Мелаев Д. В. Инновационная технология оценки и мониторинга запасов углеводородов в разрабатываемом нефтегазовом пласте // Инженер-нефтяник. 2012. № 2
2. Добрынин С. И., Головин С. В., Бобровников Л. З., Мелаев Д. В. Тензорный сейсмoeлектромагнитный метод поисков, комплексной оценки мощности и мониторинга в процессе эксплуатации продуктивных нефтегазовых залежей // Рациональное освоение недр. 2012. № 4.
3. Добрынин С. И., Головин С. В., Рахматуллин И. И. Сейсмoeлектромагнитный метод прямых поисков, детальной разведки, экспресс-оценки и мониторинга запасов углеводородов в нефтегазовом пласте // Тезисы докладов Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых, Уфа, 2012.
4. Мельников В. П., Лисов В. И., Брюховецкий О. С., Бобровников Л. З. Инновационная геофизика: бинарные технологии прямых поисков месторождений полезных ископаемых (ч. 1) // Инженер-нефтяник. 2011. №1

5. Мельников В. П., Лисов В. И., Брюховецкий О. С., Бобровников Л. З. Инновационная геофизика: бинарные технологии прямых поисков месторождений полезных ископаемых (ч. 2) // Инженер-нефтяник. 2011. №2
6. S.I. Dobrynin, L.Z. Bobrovnikov, A.Zich, D.Sauer T-SEM - Eine innovative Technologie zur Einschätzung und zum Monitoring von Kohlenwasserstoff-Vorräten in einer produzierenden Lagerstätte // ERDÖL ERDGAS KOHLE (Urban Verlag Hamburg) №1'2013.