

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА GORE-SORBER В КОМПЛЕКСЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Проводятся в комплексе геофизические и геохимические исследования с целью определения перспектив нефтеносности. Геохимическое опробование осуществляется специальными модулями-сорбентами GORE-Sorber. По предлагаемой методике прогноза нефтегазоносности на «пустых» ранее неизученных площадях наличие или отсутствие углеводородных залежей подтверждается с вероятностью 100%. Более сложной представляется аналогичная задача на площадях, где углеводородами в той или иной степени «загрязнены» большие пространства. Вероятность расчленения промышленных участков от углеводородного фона составляет 70 – 75%.

Ключевые слова: геофизические и геохимические исследования, сорбент GORE-Sorber, естественные электрические и магнитные поля, углеводороды, сейсмоподнятия, аномалия, вероятность.

Интенсивная эксплуатация углеводородов (УВ), которая приводит к быстрому истощению залежей с легкоизвлекаемыми запасами, требует поисков и разведки новых промышленных месторождений, уточнения контуров известных залежей, разбраковки площадей с ранее установленной нефтегазоносностью. До недавнего времени такие задачи решались путем применения комплекса геофизических методов, главным образом, регистрацией возмущений естественных электрических и магнитных полей. Однако использование только геофизических методов сегодня не удовлетворяет требованиям достоверности прогноза месторождений УВ.

Более надежные промышленные результаты получены в результате комплексирования геофизических методов с газо-геохимическими (ГГХМ). Первоначально газо-геохимические исследования проводились путем бурения неглубоких (5 – 6 м) скважин по определенной сети с последующим отбором проб грунта с последующей вытяжкой для анализа углеводородов. В дальнейшем оказалось, что более высокие по качеству результаты опробования можно получать специальными модулями-сорбентами GORE-Sorber из шпуров диаметром до 1,5 см с глубины 50 см. В этом случае не требуется бурение скважин, закладка модулей-сорбентов производится вручную, что резко удешевляет полевые работы. Сравнительно новый метод фирмы GORE в 2003 и 2005 гг. был применен на территории Зимницко-Калмаюрской лицензионной зоны Ульяновской области.

В северной части *Калмаюрского* месторождения нефти основная промышленная нефтеносность связана с отложениями визейского терригенного комплекса нижнего карбона, представленного алевролитами и песчаниками. Наиболее выдержанными являются пласты-коллекторы бобриковского горизонта. На *Зимницком* месторождении нефть обнаружена в органогенно-обломочных и оолитовых известняках башкирского яруса. В 2004 году было открыто *Поповкинское* месторождение нефти, в которое входит семь поднятий третьего порядка: Поповкинское, Се-

верное, Крестовое, Мирное, Северо-Камышевское, Западно-Озеркинское и Озеркинское (Рис. 1).

Результаты проведенных работ на Поповкинском и примыкающих к нему поднятиях позволили дать рекомендации для продолжения поисково-разведочных работ. Две пробуренные скважины вскрыли УВ залежи в терригенных отложениях башкирского яруса нижнего карбона и карбонатных отложениях башкирского яруса среднего карбона. Подсчитанные запасы отнесены к категории C_1+C_2 . Таким образом, нефтепродуктивными в исследуемом районе являются терригенные отложения тульского и бобриковского горизонтов нижнего карбона, а также карбонатные отложения каширского и верейского горизонтов башкирского яруса среднего карбона (Рис. 2).

Теоретической базой для использования геохимического метода GORE является представление о вертикальной миграции углеводородных молекул из коллектора к поверхности, т.е. о явлении, которое также известно под названием «микроросачивание». В практическом отношении правомочность данного допущения была доказана в ходе многих геохимических исследований, подтвержденных в широком диапазоне геологических ситуаций.

Естественные электрические и магнитные возмущения возникают, согласно исследованиям известного американского ученого С.Д. Пирсона, в виде электротеллурического потока над углеводородными залежами. Следует предполагать также, что над такими участками всегда должны существовать аномальные восстановительные условия с подавленным потенциалом кислорода. Поэтому такие площади фиксируются электрическими полями с относительно высокой плотностью тока. По мере разрушения залежи, ее отработки, плотность тока должна пропорционально снижаться.

Ранее установлено, что возникающие электрохимические процессы в вертикальных газовых потоках над залежами УВ приводят к концентрации в приповерхностных слоях J, Br, Ni, Zn, V, Fe, Mn, Mo, Co, Cr, Sr, U, Th. Однако на контуры

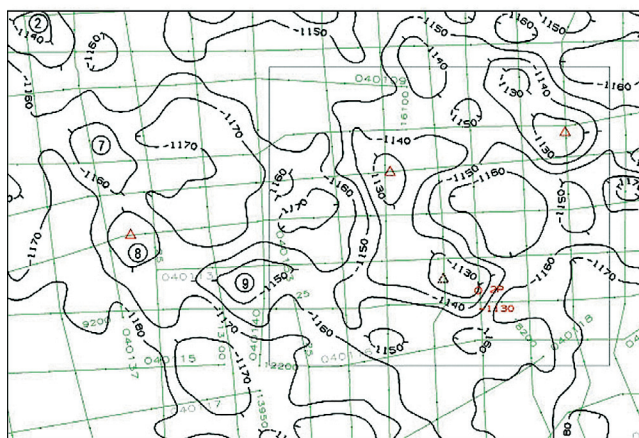


Рис. 1. Фрагмент структурной карты по кровле тульского горизонта нижнего карбона.

горизонтального размещения отмеченного ряда химических элементов существенное влияние оказывают подземные воды. Химические соединения, минералы, представлены здесь, в основном, сульфидами – пиритом, халькопиритом, марказитом, которые образуют вторичную вкрапленность на общем фоне эпигенетических изменений.

Сульфидизация, которая отчетливо фиксируется в нижней зоне углеводородных залежей, на контакте с подстилающими водами приводит к эффекту вызванной поляризации, которая влечет за собой появление природных гальванических элементов. В таких условиях возникают естественные электрические поля, которые хорошо увязываются с вертикальной зональностью окислительно-восстановительных процессов. Преобладание восстановительных условий на глубине (под влиянием повышенных концентраций УВ над их залежами) сменяется окислительными условиями в приповерхностных слоях, где сульфиды, нередко, сменяются сульфатами и оксидами. По всему разрезу возникает градиентная зона окислительно-восстановительного потенциала, обуславливающая разность электрических потенциалов. Сложилось, таким образом, мнение, что геохимическому ореолу УВ соответствует своеобразный геоэлектрический ореол.

Обычным признаком нефтенасыщенных локальных структур в морфологии магнитного поля является сниже-

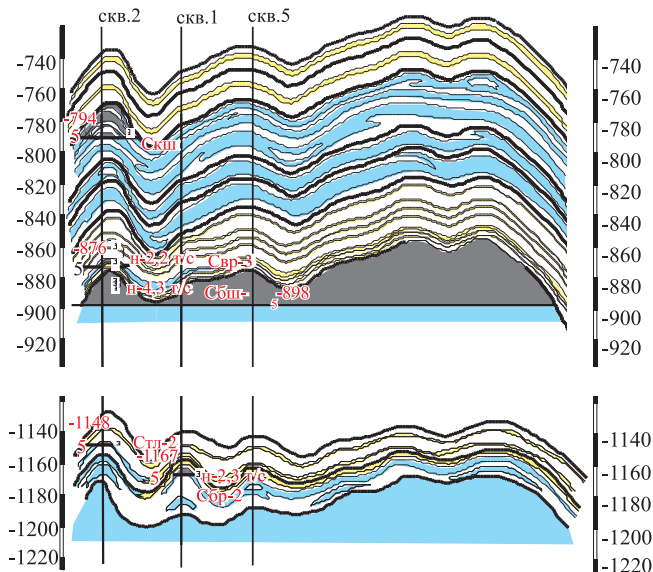


Рис. 2. Геологический профиль по линии (скв. 2, 1, 5) Поповкинского месторождения.

ние амплитуды ΔT (на первые десятки нТл), совпадающее в плане с положением объекта. На интенсивность аномалий, естественно, влияют также литологический состав пород, их первичная намагничённость, а также геометрия структурной ловушки. Появление аномальных электромагнитных полей линейного характера, как правило, увязывается с тектоническими структурами в фундаменте. А мозаичная структура магнитного поля, обычно, формируется в верхней части разреза и обусловлена, в основном, эпигенетическими магнитоактивными новообразованиями. Таким образом, общую электромагнитную картину поля формируют: линейные поля тектонического генезиса, мозаичные градиентные поля эпигенетических новообразований, а также поля электротеллурического потока, наиболее важные в информативном смысле.

Выделение последнего фактора, связанного с подъемом интрателлурических потоков УВ – главная задача исследования. Определение влияния линейно выраженных геофизических аномалий тектонического генезиса не составляет сложной задачи. Более трудным оказывается разделение первичных объемных полей электротеллурического потока от полей эпигенетического генезиса, обладающих преимущественно площадным распространением.

Эпигенетические изменения сопровождаются накоплением битумов и озокеритов. Поэтому здесь наблюдаются интенсивные аномалии вызванной поляризации (ВП), а также отрицательные аномалии естественного электрического поля (ЕП) и повышенный уровень сопротивления. Соответственно, магнитные поля в пределах градиентных ореолов поднимающихся углеводородов всегда обладают сравнительно низкой интенсивностью (напряженностью) на фоне обрамляющего естественного поля. Естественно предположить также, что на общем латеральном поле интрателлурического потока углеводородов окислительный потенциал сравнительно подавлен, что сказывается и на рН подземных вод и степени окисленности минералов. Это обстоятельство влияет также на физические поля и характер эпигенетических изменений.

Подъем УВ по вертикальному разрезу толщ, как правило, происходит диффузионно-фильтрационным способом и, естественно, зависит от литологического состава пород и степени их раздробленности. При этом отмечается следующая закономерность: по разломам фиксируется увеличение доли метана и других «тяжелых» углеводородов. Через монолитные, трудно проницаемые породы легче диффундируют «легкие» разновидности углеводородов. В плане геохимические аномалии также зависят от структур подстилающих пород. При наличии структурных ловушек, типа брахиантиклиналей, такие аномалии нередко имеют площадную форму, в разломных структурах – линейную.

Лучшими ловушками УВ в приповерхностных условиях являются глины, которые в корях выветривания занимают верхнюю часть разреза и перекрыты только рыхлым почвенно-растительным слоем. На глубине 5 – 6 метров глины обычно переходят в структурную кору выветривания или трещиноватые коренные породы, которые легко пропускают глубинные газовые потоки. Поэтому установка ловушек глубинных газов в глинистой коре выветривания является оптимальной.

Модуль GORE представляет собой устройство для пассивного отбора почвенных паров углеводородов. Каждый

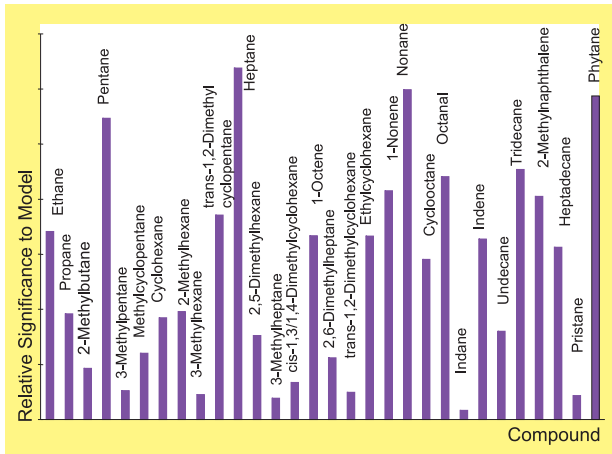


Рис. 3. Гистограмма опознавательных признаков наличия нефти, полученных на нефтяной скважине В-70.

модуль GORE содержит две двойные пробы для последующего анализа. Все пробы грунтового газа анализируются с помощью термодесорбции, сопровождаемой газохроматографическим разделением и масс-спектрометрическим обнаружением широкого профиля органических (включая термогенные) соединений вплоть до C₂₀ (фитан).

В предлагаемой технологии используются модули-адсорбенты GORE – SORBER, которые закладываются вручную на глубину 50 см. Предлагаемая система пассивной адсорбции газовой фракции существенно отличается от предыдущей, использовавшей для отбора проб глубинных газов 5 – 6 -метровые скважины. Эта особенность резко удешевляет выполнение полевых работ. Второй особенностью методики является надежная и детальная диагностика глубинных газов, позволяющая различать углеводороды «фона», разделять газы по генезису: растительные, микробиологические, поверхностного загрязнения, исходной породы и т.д. По сравнению с ранее использовавшимися методиками точность метода GORE повышена на несколько порядков, с 10⁻⁶ до 10⁻⁹ – 10⁻¹². Если ранее существующие методики ограничивались диагностикой УВ в интервале C₁-C₆, то предлагаемая методика способна провести разбраковку УВ в интервале C₂-C₂₀. При этом для гарантированной защиты сорбируемых глубинных флюидов от поверхностных загрязнений применяются специальные технологии. Более совершенная и глубокая геохимическая диагностика углеводородов несколько удорожает эту часть исследований.

Кроме высокотехнологичной начинки модуля-сорбента GORE – SORBER к нему прилагается пакет методик статистической обработки получаемых аналитических материалов. Следует упомянуть, что лаборатория GORE соответствует современному уровню и стандартам качества США и Германии. При статистической обработке геохимических данных используют ряд методик кластерного и отличительного анализ: анализ главных компонент (АГК), иерархический кластерный анализ (ИКА), дискриминантный анализ (ДА), анализ канонических величин (АКВ). Для надежного контроля получаемых результатов существующая методика отбора проб предусматривает обязательное опробование участков с установленной нефтегазосностью, а также таких участков, где ее отсутствие доказано. И в том и в другом случае пробы отбираются вблизи соответствующих глубоких скважин с надежно установленным наличием или отсутствием УВ.

При помощи иерархического анализа проводят ком-

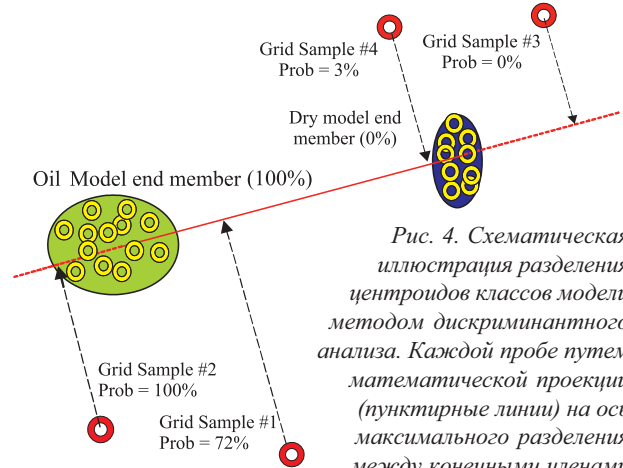


Рис. 4. Схематическая иллюстрация разделения центров классов модели методом дискриминантного анализа. Каждой пробе путем математической проекции (пунктирные линии) на ось максимального разделения между конечными членами модели (жирная линия) присваивается значение вероятности.

позиционную группировку аналитических данных, которая представляет собой список подмножеств результатов геохимических исследований. Метод кластерного анализа используют для определения структуры комплекта выборки, когда никакая другая геологическая или геофизическая информация недоступна для перспективной оценки полученных геохимических данных. Отличительный или дискриминантный анализ (ДА) является многомерной технологией классификации данных. Он позволяет определять для различающихся статистических подмножеств особенности физического влияния среды на их формирование и обособление. Вся работа в этом виде анализа базируется на сравнении образца (с ранее установленным содержанием углеводородов) с изучаемым. Метод ДА определяет статистические критерии различия между сравниваемыми образцами. Главный аргумент разделения, который имеет практическое значение, – различие параметров, отделяющие признаки нефтегазовой залежи от колебаний обычного геохимического фона.

Привязка координат всех модулей проводится с помощью спутникового навигатора GPS Garmin-76 и вводится в банк данных компьютера. Время нахождения модулей в грунтах – 17 дней. Лабораторные анализы собранных газов проводились в г. Элктон (штат Мериленд, США). Исследованы углеводородные соединения нефти, газа и нефтепродуктов в диапазоне от C₂ (этан) до C₂₀ (фитан).

Установлено, что почвенные газы несут признаки ни-

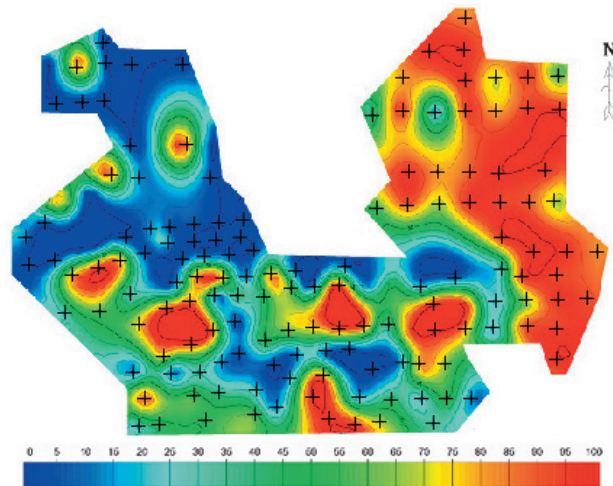


Рис. 5. Распределение нефтеподобной вероятности по типу скважины В-70. + – точка установки модуля-адсорбента GRE-SORBER.

железащей углеводородной залежи. Их контуры четко фиксируют проекцию углеводородных залежей на дневной поверхности. Выявлены также признаки, увязывающиеся с пороговыми (фоновыми) значениями. В результате полевых и лабораторных исследований построена информационная прогнозная карта. Величиной аномального порога признана вероятность 72 %. Модульные позиции выше 72% считаются характерными для существующих углеводородных залежей. Аналогичные позиции с вероятностью, стремящейся к нулю, считаются фоновыми, указывающими на отсутствие углеводородного накопления.

По нашему опыту модель 1 (Рис. 3) выглядит геохимически устойчивой и представляет собой ореол проявления нефти. Модель устойчива в том смысле, что «нефтепроводная качественная характеристика» не определяется исключительно одним или несколькими соединениями, разработанными в диапазоне анализа.

При дискриминантном анализе каждая проба классифицируется согласно вероятности ее принадлежности к одному из двух классов конечных членов. В случае двухфакторной дискриминантной модели это достигается путем математической проекции каждой пробы на ось, которая разграничивает центроиды классов конечных членов, причем центроиды определяются конкретными пробами, использованными при определении каждого из классов. Центроиды «сухого» класса представляют собой нулевую вероятность присутствия в нефтепробном классе, а центроид нефтяного класса представляет 100 %-ю вероятность членства в нефтепробном классе. Любой пробе, которая «проецируется» за пределы центроида класса, приписывается либо нулевое, либо 100 %-е значения вероятности. Упрощенная иллюстрация этой идеи показана на Рис. 4.

Изображение (не в фактическом масштабе) поверхности распределения вероятности модели обследования показано на Рис. 5. Карта иллюстрирует полученные с помощью статистических программ контурные поверхности значений вероятности, рассчитанных для места взятия проб. Конфигурация оконтуренной поверхности зависит от интервала и плотности расстановки пробоотборников, а также от значений вероятности проб. При рассмотрении оконтуренных поверхностей данных важно осознать, что значения вероятности наиболее точны в местах фактического взятия проб.

Высокие значения вероятности указывают на те области в пределах района обследования, которые имеют качественную характеристику, схожую с моделированными опознавательными признаками нефтяного коллектора, определяемыми совокупностью введенных модельных проб. «Геохимический объект» в данном случае определяется как любой набор оконтуренных значений вероятности, которые выглядят так, как будто им присуще общее геохимическое влияние.

Результаты, полученные с помощью модели наличия нефти по типу скв. В-70, позволили определить в районе обследования несколько геохимических объектов, которые отмечены на Рис.5. Согласно полученным данным аномально высокие значения вероятностей установлены в восточной части участка исследований: в зоне Поповкинско-го, а также в пределах нескольких структур Крестового сейсмоподнятия. Здесь прогнозные данные подтверждаются вероятностями 90 – 100 %. В юго-западной части исследуемой площади процент вероятности несколько ниже.

При этом зоны разломов с «ураганными» концентрациями УВ были исключены, а на картах они показаны как участки нулевой вероятности.

Поповкинский геохимический объект состоит из почти 40 аномальных проб по сети 400 на 400 и 400 на 800 метров и может простирается далее на восток за пределы участка обследования. Существуют дополнительные, вполне возможно самостоятельные, геохимические аномалии, но в связи с их размером они не представляют практического интереса. Для того чтобы получить более детализированное геологическое толкование результатов, геохимические данные должны быть объединены с другой геологической и геофизической информацией по району обследования.

Подводя краткий итог использования предлагаемой методики прогноза нефтегазонасности в основных нефтегазовых провинциях страны, можно констатировать, что на «пустых» ранее неизученных площадях наличие или отсутствие углеводородных залежей подтверждается с вероятностью 100 %. Более сложной представляется аналогичная задача на площадях, где углеводородами в той или иной степени «загрязнены» большие пространства. Вероятность расчленения промышленных участков от углеводородного фона составляет 70 – 75 %.

R.S. Khisamov, P. Harrington, V. German, S.E. Voitovich, M.G. Chernishova. **The using of Gore-SORBER method at complex geophysical and geochemical of the investigations at diagnostics of the oilfields.**

The complex of geophysical and geochemical researches is getting to define prospects of oil. Geochemical studies are realized by special module-sorber GORE-Sorber. By means of this methods on the empty earlier unexplored areas presence or absence hydrocarbon are confirmed with probability of 100%. It's more difficult to confirm this probability where the surface of ground is polluted by oil product. The probability of the dismemberment industrial areas from influence of hydrocarbon is 70 – 75%.

Key words: geophysical and geochemical of the research, sorbent GORE-Sorber, natural electric and magnetic margins, the hydrocarbons, anomaly, probability.

Раис Салихович Хисамов

д.г.м.н., профессор, зам. генерального директора, главный геолог ОАО «Татнефть».

Россия, Татарстан, Альметьевск, ул. Ленина, 75.

Тел./Факс: (8557) 30-71-17

Пол Харингтон

старший геолог W.L.Gore & Associates Inc.

США, Штат Мэриленд, Элктон, Чиспек бульвар, 100.

Тел.: +1-410-3927600

Виктор Герман

геолог HVH.

Германия, Нюрнберг, Ф. Вайхсельгартенштр, 12а.

Тел.: +49-911-4806514

Сергей Евгеньевич Войтович

зам. начальника ТГРУ по НИР, гл. геолог ККГЭ.

Тел.: (843) 292-52-06

Марина Геннадьевна Чернышова

начальник НПЦ ГГХМ ТГРУ ОАО «Татнефть».

Россия, Казань, Чернышевского, 23/25.

Тел./Факс: (843) 292-52-13