

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БУРЕНИЯ ГЛУБОКИХ СКВАЖИН МЕТОДОМ ЗСБ НА ПРИМЕРЕ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ильин А.И.¹, Вахромеев А.Г.²

¹ – Иркутское электроразведочное предприятие, Иркутск,
Иркутский государственный технический университет, Иркутск,

² – Иркутский филиал РН-бурение, Иркутск.

Условия бурения глубоких скважин на территории юга Сибирской платформы оцениваются как «сложные» ввиду присутствия в карбонатно-галогенной толще пластов коллекторов аномальных по своим петрофизическим свойствам. Аномальные коллекторы могут проявлять себя в разрезе аномально-высокими пластовыми давлениями (АВПД). Тесная связь электрического сопротивления горных пород с коллекторскими свойствами, делает метод ЗСБ весьма эффективным инструментом для изучения горизонтов-коллекторов с водным или гидроминеральным насыщением. Как правило, рассолонасыщенные пласты-коллекторы в геоэлектрических полях проявляют себя как аномально проводящие зоны. Контраст электрических характеристик коллекторов и вмещающих пород обуславливает высокий уровень аномальных значений проводимости и существенным образом влияет на сигналы ЗСБ.

Ключевые слова: Ковыктинское газоконденсатное месторождение, аномальный коллектор, АВПД, ЗСБ

Потенциал нефтегазоносности юга Сибирской платформы подтверждается открытием ряда крупных месторождений углеводородов, в том числе Ковыктинского газоконденсатного месторождения.

Особенности геологического строения юга Сибирской платформы заключаются в том, что в строении осадочного чехла принимают участие мощные толщи галогенно-карбонатных пород. Данное обстоятельство повышает роль электроразведки (ЗСБ) при прогнозе условий бурения глубоких скважин.

Условия бурения глубоких скважин на территории юга Сибирской платформы оцениваются как «сложные» ввиду присутствия в карбонатно-галогенной толще пластов коллекторов аномальных по своим петрофизическим свойствам. Аномальные коллекторы (АК) могут проявлять себя в разрезе либо поглощениями бурового раствора до катастрофических, либо аномально-высокими пластовыми давлениями (АВПД) и аномально-высокими дебитами перелива.

Основные причины возникновения аварий в южных районах Сибирской платформы: высокие дебиты рассолов, достигающие 5 - 7 тыс. м³/сутки; аномально высокие пластовые давления, создаваемые рапой, высокая минерализация рапы (до 600 и более г/л) и значительное содержание в ее составе солей магния и кальция. Известно более 50 объектов с АВПД, 20% из них имели место на Ковыктинском газоконденсатном месторождении. Другая серьезная проблема – смятие обсадных колонн после цементации заколонного пространства глубоких скважин малодебитными объектами с АВПД.

Основным изучаемым параметром в методе ЗСБ является электрическое сопротивление горных пород. Тесная связь электрического сопротивления горных пород с коллекторскими свойствами, делает метод ЗСБ весьма эффективным инструментом для изучения горизонтов-коллекторов с водным или гидроминеральным насыщением. Использование данных электромагнитных зондирований для прогнозирования горно-геологических условий бурения, осложненных развитием зон аномальных коллекторов, позволяет во многих случаях значительно снизить риски возникновения аварийных ситуаций.

Метод зондирования становлением электромагнитного поля в ближней зоне, теоретически обоснованный Л.Л. Ваньяном, является одним из наиболее распространенных методов электроразведки. На Сибирской платформе метод ЗСБ, начиная с 70-х гг. и по сей день, является одним из ведущих в комплексе с сейсморазведкой для решения нефтегазопоисковых задач.

Анализ данных ЗСБ, полученных на участках с тяжелыми условиями бурения, позволил выявить ряд закономерностей в геоэлектрической структуре разреза, которые сигнализируют о возможных осложнениях при бурении скважин.

Методика интерпретации материалов электроразведки ЗСБ заключается в задании многослойной модели разреза, где мощности слоев и глубины их залегания закреплены по данным сейморазведки и бурения. На этапе инверсии происходит автоматический подбор сопротивления пластов модели таким образом, чтобы достичь минимальной невязки между наблюдаемой и теоретической кривыми. Закрепление мощности слоев, а также использование эффективных математических алгоритмов, обеспечивающих высокую точность подбора параметров геоэлектрических слоев, позволяет свести неоднозначность решения обратной задачи к минимуму. Таким образом, с использованием данной методики интерпретации данных ЗСБ возможно с высокой степенью достоверности проследить распространение пластов-коллекторов в разрезе осадочного чехла.

Были проведены многочисленные полевые эксперименты в ходе выполнения работ ЗСБ на Ковыктинском газоконденсатном месторождении, а также на ряде сопредельных площадей юга Сибирской платформы. Полевые экспериментальные данные получены посредством применения цифровой телеметрической электроразведочной станции SGS-TEM (разработка ООО НПК Сибгеосистемы, г. Новосибирск, ЗАО «ИЭРП», г. Иркутск).

Основная геологическая задача перед методом ЗСБ заключалась в изучении аномалий электрических свойств, горизонтов карбонатно-галогеогенного комплекса и определении поисковых признаков характерных для зон АВПД на территории Ковыктинского ГКМ.

Контраст электрических характеристик коллекторов и вмещающих пород обуславливает высокий уровень аномальных значений проводимости и существенным образом влияет на сигналы ЗСБ. С появлением рассолонасыщенных коллекторов в толще соляной формации, сопротивление горизонтов резко понижается, изменяется и тип разреза. На рисунке приводятся модели аппроксимирующие разрез без коллектора и с коллектором на различных стратиграфических уровнях (рис. 1). Математическое моделирование сигналов становления выполнено с привлечением программного комплекса SGS-TEM. В программе используются математические алгоритмы решения прямых и обратных задач ЗСБ, разработанные специалистами Института нефтегазовой геологии и геофизики имени Трофимука, г. Новосибирск.

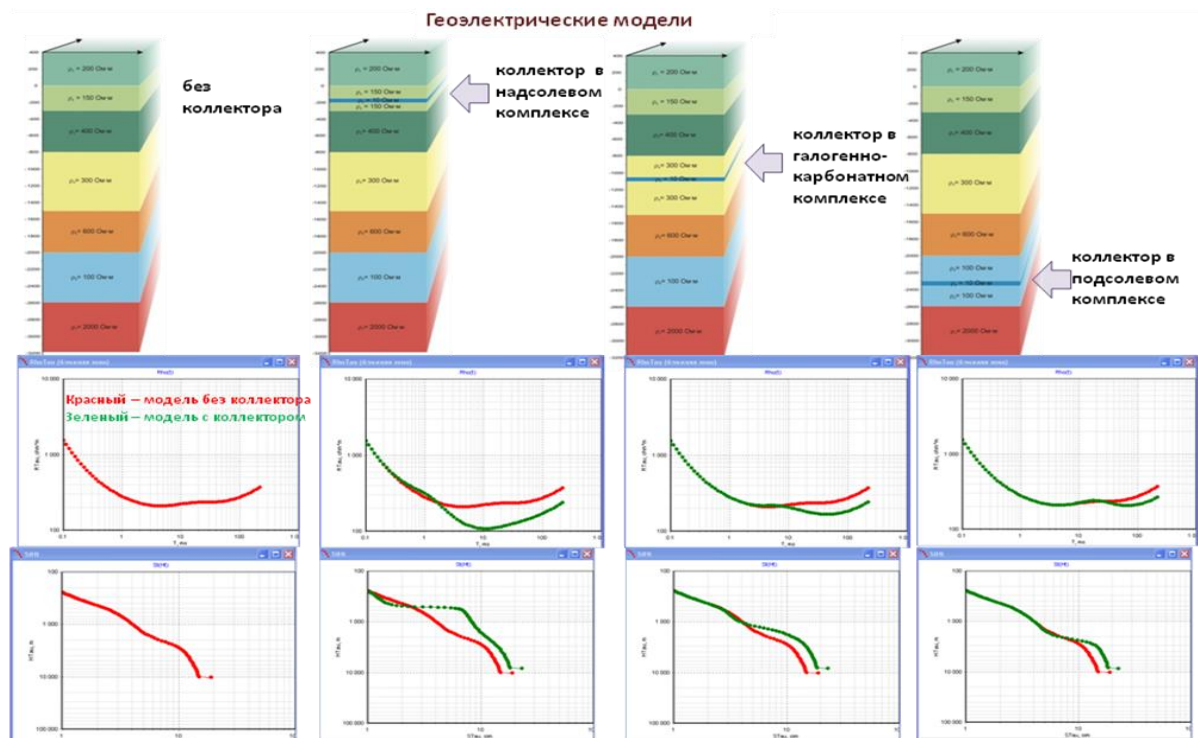


Рис. 1. Результаты математического моделирования для условий Ковыктинского НКМ.

Как правило, рассолонасыщенные пласты-коллекторы в геоэлектрических полях проявляют себя как аномально проводящие зоны. И уже на качественном уровне путем дифференцирования

трансформанты кажущейся проводимости от кажущейся глубины $St(Ht)$, которая обладает большей чувствительностью к изменениям параметров среды, можно достаточно уверенно выделять в разрезе тонкие проводящие пласты (рис. 2).

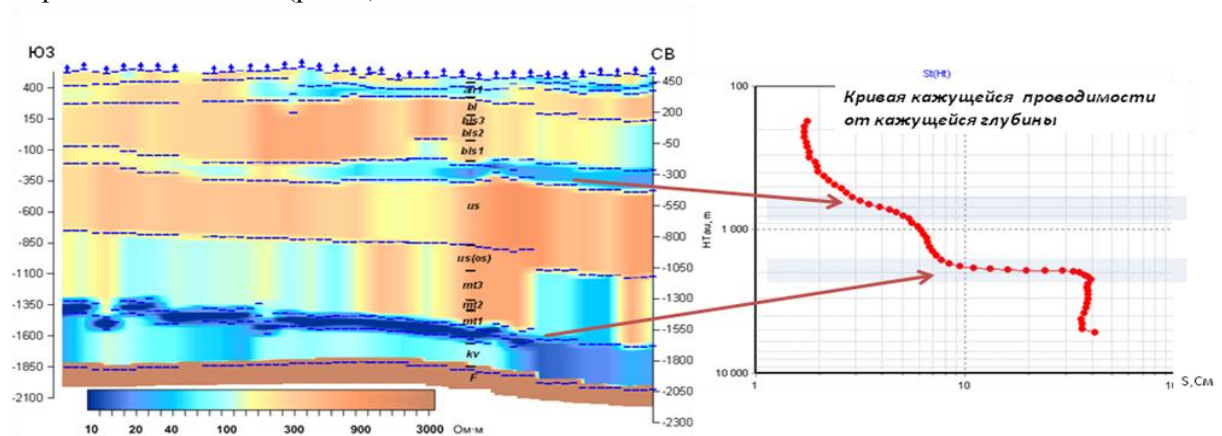


Рис. 2. Пример выделения аномальных коллекторов на различных уровнях в разрезе осадочного чехла.

Аномальные коллектора отмечаются аномалиями пониженного сопротивления ($r < 50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$), повышенной электропроводности ($S > 4.5 - 5 \text{ См}$) и, как правило, приурочены к разломам или тектонически ослабленным зонам. Сложный структурный план территории отражается в ее неоднородном геоэлектрическом строении.

Проявление коллектора с АВПД характеризуется достаточно резкой зоной смены геоэлектрических свойств (рис. 3).

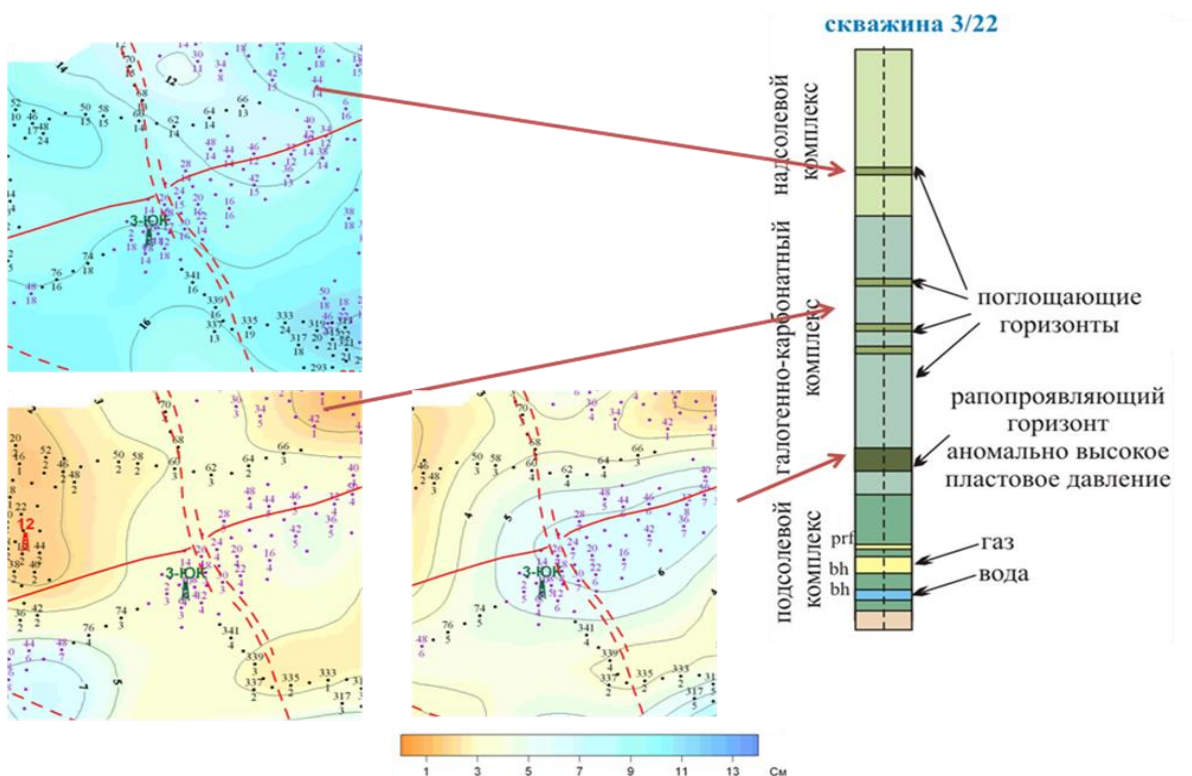


Рис. 3. Прогнозирование условий бурения по данным ЗСБ.

Для Ковыктинского месторождения проявление АВПД на картах геоэлектрических параметров (рис. 3) отличается определенными закономерностями: низкие значения сопротивлений $1 - 5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, наличием тектонических нарушений, зона АВПД локализована и контрастна (по электрическим характеристикам) по отношению к вмещающим породам.

В итоге на территории Ковыктинского месторождения по данным электромагнитных зондирований выделено семь локальных аномалий электропроводности связанных с АВПД, четыре в районе рапопроявляющих скважин.

Анализируя результаты электромагнитных зондирований совместно с геолого-структурными данными, стало возможным выявить региональное распространение аномальных коллекторов (рис. 4).

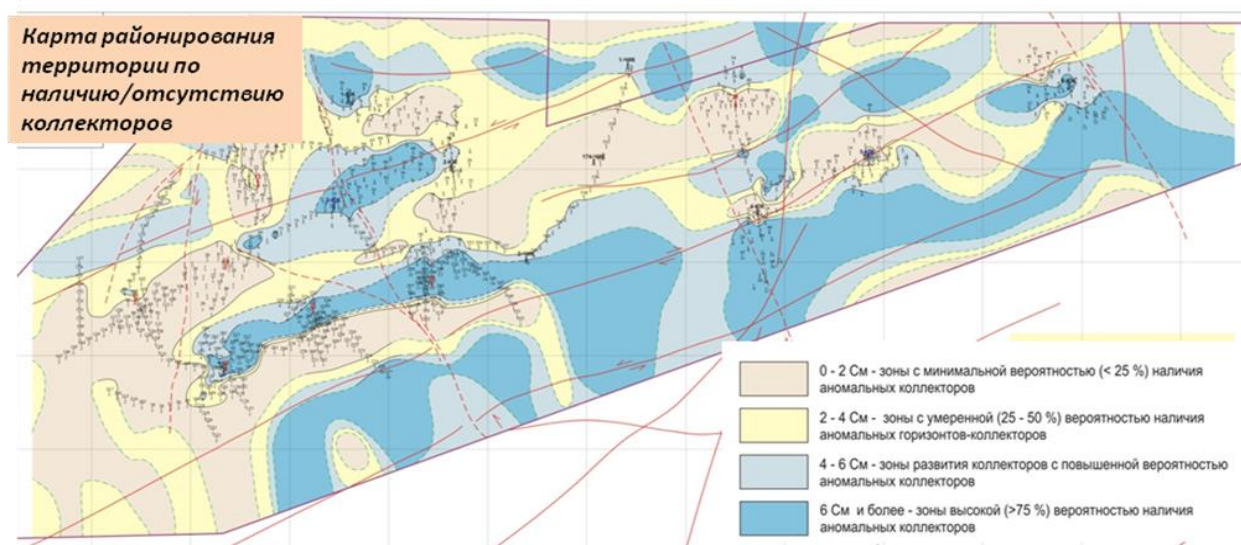


Рис. 4. Карта районирования территории по наличию/отсутствию аномальных коллекторов.

Применение вышеперечисленных методик проведения исследований на территории Ковыктинского месторождения и интерпретации кривых ЗСБ позволяет с высокой точностью выделять в разрезе осадочного чехла проводящие пласты, с которыми ассоциируются эффекты поглощения и АВПД.

С целью увеличения достоверности прогноза горно-геологических условий бурения необходимо совместно с данными о геоэлектрическом строении разреза проводить глубокий анализ тектонической обстановки района работ. Информация о типе, возрасте и местоположении тектонических нарушений позволяет определить участки, где в земной коре скапливаются статические напряжения, ведущие к повышению пластового давления.

Представляется, что дальнейшее развитие предлагаемых подходов связано с более плотным комплексированием с сейсморазведкой: прежде всего использованием динамических параметров отражающих горизонтов. Так, используя соотношение коэффициента пористости коллектора по данным ОГТ с его проводимостью, можно более надежно прогнозировать тип флюидонасыщения горизонта.

1. Андиферов А.С., Бакин В.Е., Варламов И.П. и др. Под ред. Конторовича А.Э, Суркова В.С., Трофимука А.А. [1981] Геология нефти и газа Сибирской платформы. – М.: Недра, 552 с.
2. Агафонов Ю.А., Поспеев А.В., Вахромеев А.Г. Результаты комплексного анализа геоэлектрических и фильтрационных моделей коллекторов для условий юга Сибирской платформы (на примере Ковыктинского газоконденсатного месторождения).// VIII –ая Междунар. Науч.-практ. Конф. ГЕОМОДЕЛЬ- 2006: Сб. тезисов. Геленжик: «ЕАГЕОМОДЕЛЬ- 2006», 2006, с.82.
3. Буддо И.В. [2009] Анализ разрезов дифференциальной электропроводности с целью выделения пластов-коллекторов осадочного чехла в условиях юга Сибирской платформы. Материалы XXIII Всероссийской молодежной конференции ИЗК «Строение литосферы и геодинамика», с. 264 – 265.
4. Вахромеев А.Г. Геодинамическая модель формирования аномально-высоких давлений флюидов в разрезе осадочного чехла Сибирской платформы. // Известия Отд. наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. Геология.-2008 б. № 12. -с. 39-51.