



«__» _____ 20__ г.

ПРОТОКОЛ № 33
Заседания секции углеводородного сырья
Экспертно-технического совета Государственной комиссии по запасам
полезных ископаемых

г. Москва

04 декабря 2020 г.

Дата проведения заседания: 04 декабря 2020 г.

Присутствовали согласно списку (Приложение №1 к настоящему Протоколу):

Члены ЭТС ГКЗ: Шпуров И.В. (Председатель заседания), Браткова В.Г., Трофимова О.В., Афанасьев В.С., Демушкина Н.В., Закревский К.Е., Кирсанов Н.Н., Колбиков С.В., Лощева З.А., Пуртова И.П., Примха В.А., Сутормин С.Е., Тимчук А.С., Хабаров А.В., Шандрыгин А.Н., Шубина А.В., Ямпольская Е.Н.

Представители организаций:

- **ФБУ «ГКЗ»:** Базаревская Н.И.
- **ПАО «Газпром»:** Пятницкий Ю.И., Рыбьяков А.Н.
- **ООО «Газпром недра»:** Долгих Ю.А., Дорошенко А.А., Ершов А.В., Качинская И.В., Кокарев П.Н., Родивилов Д.Б., Тришечкина И.В., Черепанова С.Л.
- **ООО «Газпром добыча Уренгой»:** Кулинченко А.С., Молчанов О.А., Сопнев Т.А., Живова Д.В.
- **ООО «Газпром ВНИИГАЗ»:** Колчанова Е.В.
- **ООО «ТННЦ»:** Зарай Е.А.
- **Приглашенные:** Коровина Т.А., Мамяшев В.Г., Яценко В.М.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Рассмотрение работы в области геологического изучения недр в части анализа обоснованности комплексной методики интерпретации данных ГИС, керна ачимовских отложений Уренгойского НГКМ.

1. Слушали:

1.1. Сообщение авторов: доклад Родивилова Д.Б. - заместителя начальника отдела анализа и интерпретации данных ГИС филиала «Газпром НТЦ» ООО «Газпром недра» (Приложение №2 к настоящему Протоколу).

Рассматриваемая работа посвящена решению методических вопросов по созданию комплексной методики интерпретации данных ГИС, керна ачимовских отложений Уренгойского НГКМ с использованием новых петрофизических исследований.

В разрезе продуктивного ачимовского комплекса Уренгойского НГКМ наиболее изученными объектами являются горизонты Ач₃₋₄, Ач₅. Дебиты газоконденсатной смеси при исследовании на различных режимах в отдельных скважинах достигают 1000 тыс. м³/сут (после ГРП), а дебиты стабильного конденсата варьируют от 80 до 230 м³/сут, в то же время отдельные участки при испытании дают низкодебитные притоки газоконденсата.

Породы-коллекторы ачимовских отложений зачастую характеризуются низкими фильтрационно-ёмкостными свойствами; проницаемость составляет от $1,0 \cdot 10^{-3}$ до $10,0 \cdot 10^{-3}$ мкм², открытая пористость изменяется от 0,13 до 0,20 д.ед., цемент пород-коллекторов, преимущественно, глинисто-карбонатный. Для ачимовского комплекса характерна повышенная анизотропия свойств и состава проницаемых пород по площади. По данным предшествующих исследований установлено, что анизотропия свойств коллекторов обусловлена различной интенсивностью постдиагенетических процессов в обособленных, с гидродинамической точки зрения, тектонических блоках. Данный фактор усложняет процесс петрофизического моделирования и предопределяет дифференциацию его результата по литологическому признаку.

С момента последнего подсчёта запасов УВ ачимовских отложений в 2003 году (исполнитель НАО «СибНАЦ») задача разработки дифференцированной петрофизической основы интерпретации данных ГИС, учитывающей литотипизацию пород, не решена.

При этом за последние 17 лет накоплен достаточно большой объем новой информации. В распоряжении недропользователя имеются данные по исследованиям керна 21 скважины, из них 9 являются эксплуатационными, 12 – разведочными.

Помимо лабораторной информации, накоплен достаточный объем промысловых исследований: результаты испытаний и данные эксплуатации скважин. Анализ этих данных показал необходимость адаптации гидродинамической модели к результатам испытаний и эксплуатации скважин, в частности, к необходимости учета в ней наличие зон со смешанными водогазовыми притоками.

Перечисленные факторы определяют актуальность создания обновлённой методики интерпретации данных ГИС. Для достижения этой цели решены следующие основные задачи:

- оценка информативности и достаточности данных по лабораторному изучению керна;
- обоснование количественных критериев выделения коллекторов;
- создание методики оценки характера насыщенности, учитывающей результаты петрофизических исследований керна и результаты испытаний скважин;
- разработка петрофизического обеспечения количественной интерпретации материалов ГИС с целью определения их подсчётных параметров;
- апробация разработанной методики комплексной интерпретации данных ГИС;
- выдача рекомендаций по отбору и изучению керна и совершенствованию комплекса ГИС.

Выделение коллекторов осуществлено по качественным признакам (приоритетный метод), основанным на фактической подвижности пластовых флюидов: наличие глинистой корки, радиальный градиент УЭС и др.

Также применён статистический способ с определением количественных критериев выделения коллекторов. Привлечение керновых данных (корреляционный способ) обосновано тем, что в отдельных случаях интервалам коллекторов не всегда соответствует весь набор качественных признаков по данным ГИС. Для устранения неопределённостей такого рода разработаны петрофизические модели выделения коллекторов по количественным критериям, на основе связей типа «кern-кern».

Обоснование новых количественных критериев выделения коллекторов не привело к каким-либо значимым изменениям эффективных толщин коллекторов, выделенных при ПЗ 2003 г.

Коэффициент пористости (K_p) определялся по зависимости типа «кern-ГИС», разработанной на основе результатов определения K_p по данным керна и показаний методов АК и ГГК-П (акустический импеданс). Для оценки пористости по данным метода ГГК-П была установлена зависимость типа «кern-кern» между пористостью и объёмной плотностью водонасыщенной породы. Для той же цели апробирована методика, утверждённая при подсчете запасов 2003 г, в основе которой лежит трёхмерная зависимость между K_p и показаниями методов АК и ГК.

Дополнительно, изучено влияние пластовых условий на коэффициент пористости с

обоснованием соответствующей эмпирической зависимости.

Для определения коэффициента нефтегазонасыщенности актуализированы петрофизические зависимости параметра пористости от коэффициента пористости $R_p=f(K_p)$ в атмосферных и пластовых условиях и параметра насыщенности от коэффициента водонасыщенности $R_n=f(K_v)$.

В рамках ПЗ УВ 2003 года значение минерализации воды для газонасыщенной части залежей было принято равным 8 г/л, для нефтенасыщенной - 10 г/л. Таким образом, диапазон изменения удельного электрического сопротивления пластовой воды с учетом глубины залегания составил - 0.23-0.245 Ом·м и 0.18-0.22 Ом·м для газо- и нефтенасыщенных пластов соответственно.

Анализ новых данных гидрохимических исследований, проведенных в период с 2009 по 2019 годы (более 35 кондиционных проб), показал отсутствие явной дифференциации минерализации вод относительно характера насыщенности продуктивного пласта. В итоге было принято единое значение минерализации воды для всего разреза - 10 г/л. При этом УЭС воды определяется в попластовом режиме (для каждого пропластка отдельно) по уравнению Арпа с учетом геотермического тренда, интервал изменения значений составил от 0,20 до 0,24 Ом·м.

Наибольший инновационный потенциал методики заключен в создании электрокапиллярной модели насыщенности коллектора, базирующейся на методических представлениях Б.Ю. Вендельштейна. Основой модели является комплексирование двух независимых видов лабораторного изучения керна: определение относительных фазовых проницаемостей (ОФП) и капилляриметрических исследований образцов керна с замером УЭС.

Электрокапиллярная модель описывается системой уравнений $R_n=f(K_v)$, $R_p=f(K_p)$ и серией зависимостей $K_p=f(K_v)$ при различных режимах фильтрации.

Всего для определения ОФП в системе двухфазной фильтрации «газ-вода» методом стационарной фильтрации на керне пластов Ач₃-Ач₄ составлено 22 модели пластов-коллекторов с диапазоном изменения пористости от 0,165 до 0,188 д.ед. При исследованиях моделировались термобарические условия, приближенные к пластовым: температура 106 °С, эффективное давление 35,3 МПа.

Далее в процессе анализа результатов на графиках ОФП были определены точки, соответствующие критическим величинам K_v : K_v^* - величина водонасыщенности, при которой в притоке пластового газа отмечается незначительное количество подвижной воды (определяется как точка начала подъема кривой относительной фазовой проницаемости для воды); K_v^{**} - величина водонасыщенности, при которой в притоке пластовой воды отмечается незначительное количество газа (определяется как точка начала подъема кривой относительной фазовой проницаемости для газа).

Полученные критические значения водонасыщенности K_v^* и K_v^{**} сопоставляются с коэффициентом пористости коллекторов в рамках построения зависимостей $K_p=f(K_v)$. Затем эти уравнения подставляются для индивидуального решения общей системы относительно УЭС и K_p .

Для подтверждения петрофизических построений на итоговый график с системой уравнений типа $УЭС=f(K_p)$ нанесены результаты испытаний, характеризующие интервалы пород-коллекторов толщиной более 1,5 м, для которых достоверно определены значения УЭС и K_p . В выборку вошли сведения по разведочным скважинам, при условии отсутствия информации о некачественной цементации затрубного пространства и перетоков из сопредельных коллекторов.

Фактический материал по испытанным интервалам в достаточной степени подтверждает петрофизический способ оценки характера насыщения пород-коллекторов.

Несмотря на то, что ОФП определены в системе «газ-вода», информация по интервалам, в которых получен приток нефти, соответствует областям фазового состава «газ». Однако, согласованность результатов не исключает необходимость проведения дополнительных исследований ОФП в системах «нефть-вода» и «газ-нефть».

В связи с появлением новых керновых данных пересмотрены петрофизические зависимости, в результате незначительно увеличились граничные значения коэффициентов пористости и проницаемости, определены граничные значения остаточной водонасыщенности.

Стоит отметить, что увеличение граничных критериев выделения коллекторов, определенных по керну, не привело к уменьшению эффективных толщин, поскольку в большинстве скважин коллекторы уверенно выделяются по прямым качественным признакам, а в случае их отсутствия или неоднозначной характеристики выделение коллекторов осуществлялось по граничному значению параметра $\Delta J_{гк}$, которое осталось практически неизменным (увеличилось незначительно).

В результате актуализации петрофизической основы и применения обновленной методики интерпретации данных ГИС в ряде коллекторов ожидается не значительное (0,02-0,03 д.ед.) снижение коэффициента нефтегазонасыщенности, в других коллекторах такое же по величине не значительное повышение (0,02-0,03 д.ед.) $K_{нг}$. В целом отклонения в большую и меньшую сторону, практически, не превышают погрешность в $\pm 0,025$.

В качестве заключения отмечается:

- анализ информативности априорной информации по лабораторному изучению керна показал достаточность данных для целей разработки петрофизического обеспечения интерпретации данных ГИС в рамках определения характера насыщенности и оценки подсчётных параметров коллекторов (K_p , K_g);
- оценка проницаемости по двумерной зависимости « K_p - $K_{пр}$ » является ненадёжным способом. Дифференцировать зависимость посредством учета литотипизации пород на данном этапе изученности объекта невозможно. Причина – недостаточный объем данных по специальным литолого-минералогическим исследованиям в условиях повышенной анизотропии свойств и состава коллекторов по площади месторождения;
- адаптированный к условиям объекта способ оценки характера насыщенности Б.Ю. Вендельштейна показал хорошую сходимость лабораторной (керна) и промышленной (результаты испытаний) информации. В рамках данного подхода впервые для ачимовских отложений научно обосновано наличие переходной зоны со смешанным характером насыщенности «газ+вода».

1.2. Сообщение авторов экспертных заключений: Мамяшева В.Г., Яценко В.М., Коровиной Т.А., Хабарова А.В.

1.3. В обсуждении приняли участие: Шпуров И.В., Мамяшев В.Г., Коровина Т.А., Яценко В.М., Хабаров А.В., Тимчук А.С., Родивилов Д.Б., Колбиков С.В., Шандрыгин А.Н., Рыбьяков А.Н., Кокарев П.Н., Афанасьев В.С.

2. Члены секции углеводородного сырья ЭТС ГКЗ отметили:

2.1. Актуальность пересмотра петрофизической основы оценки подсчётных параметров по данным ГИС в связи с новой информацией по лабораторным исследованиям керна.

2.2. Своевременность обоснованности способа оценки характера насыщенности коллекторов, в рамках которого впервые для ачимовских отложений Уренгойского НГКМ обосновано наличие зоны смешанных (газо-водяных) притоков.

2.3. Необходимость совершенствования комплексов литолого-петрофизических исследований керна и ГИС для целей обоснования литологической типизации пород-коллекторов в соответствии с рекомендациями, представленными в авторской методике.

2.4. Эксперты отметили:

В отзыве Мамяшева В.Г., Хабарова А.В. и Яценко В.М. высказан ряд замечаний к графическому представлению фактических данных при представлении петрофизических связей, а также необходимость указания принятых граничных значений и прочих констант, определённых в последнем подсчете запасов 2003 года. Предложены методические дополнения к разделам по выделению интервалов коллекторов и оценке коэффициента пористости. Экспертами отмечен низкий уровень достоверности оценки коэффициента

проницаемости в рамках традиционного подхода с использованием двумерной связи типа «Кп-Кпр».

В целом по мнению экспертов после устранения высказанных замечаний предложенная методика может быть рекомендована к использованию при выполнении подсчета запасов углеводородов и составлении проектного документа на разработку.

В отзыве Коровиной Т.А. отмечена необходимость сокращения раздела 1. Общие сведения и геолого-геофизическая характеристика месторождения. Также эксперт заключает вывод о том, что в рамках методики не описаны ожидаемые (возможные) механизмы влияния на ФЕС установленных литолого-минералогических характеристик пород-коллекторов. Объем привлеченного материала крайне ограничен и не отвечает фактической изученности объекта. Не выполнена литолого-петрофизическая классификация пород на литотипы с учетом микротекстурных характеристик, типов цемента и вариантов локализации глинистости и карбонатов. По мнению эксперта, это существенно понижает достоверность петрофизической модели разреза во всех пластах.

В связи с этим представленная методика по мнению эксперта Коровиной Т.А. не рекомендуется к практическому применению и нуждается в доработке с учетом полученных замечаний (особое мнение эксперта Коровиной Т.А. приложение №4 к настоящему Протоколу).

3. По результатам голосования членов ЭТС ГКЗ по вопросу повестки дня:

«За» - 20 голосов

«Против» - 1 голос

«Воздержался» - 0 голосов

Члены секции углеводородного сырья ЭТС ГКЗ приняли решение:

3.1 Отметить актуальность представленной «Комплексной методики интерпретации данных ГИС, керн ачимовских отложений Уренгойского НГКМ» (далее – Методика).

3.2 Одобрить представленную Методику в качестве основы методического обоснования петрофизических зависимостей подсчетных параметров с учетом замечаний и рекомендаций экспертов.

3.3 Представить Методику на НТС Координационного комитета по освоению ачимовских и валанжинских отложений Уренгойского региона для обсуждения и выработки единой методической основы подсчета запасов продуктивных отложений ачимовской толщи.

Приложения к протоколу:

- 1) Список присутствующих на заседании ЭТС ГКЗ (1 экз. на 4 л.);
- 2) Презентация Родивилова Д.Б. «Создание комплексной методики интерпретации данных ГИС, керн ачимовских отложений Уренгойского НГКМ» (1 экз. на 12 л.);
- 3) Экспертные заключения по рассматриваемым материалам;
- 4) Особое мнение эксперта Коровиной Т.А. (1 экз. на 2 л.).

Ответственный секретарь Бюро ЭТС ГКЗ

В.Г. Браткова

Ученый секретарь ЭТС ГКЗ

О.В. Трофимова