

## Оптимизация комплекса ПГИ для задач оценки профиля притока в малодебитных газовых скважинах на примере пластов березовской свиты

*А. В. Федосова<sup>1</sup>\*, Д. А. Митрофанов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ООО «Тюменский нефтяной научный центр», г. Тюмень,  
Российская Федерация

\* e-mail: avfedosova2@tnnc.rosneft.ru

**Аннотация.** В настоящее время все больше внимания уделяется трудноизвлекаемым запасам, характеризующихся малыми дебитами. И одним из проблемных вопросов в процессе их изучения является корректное определение профиля притока путем проведения промысловых геофизических исследований (ПГИ). В связи с этим, возникает необходимость усиления информативности проведения ПГИ в условиях газовых пластов с малым дебитом, где березовская свита выступает актуальным полигоном исследований. В данной работе предложена новая схема проведения ПГИ, сложенная на основе фактической схемы проведения ПГИ, которая позволит с большей достоверностью определять работающие интервалы в условиях малодебитных газонасыщенных пластов-коллекторов.

**Ключевые слова:** промыслово-геофизические исследования, березовская свита, исследования низкодебитных газовых скважин, ПГИ в газовых интервалах

## Optimization of the PLT complex for the problems of the inflow profile estimate in low-rate gas wells on the example of the Berezovskaya suite

*A. V. Fedosova<sup>1</sup>\*, D. A. Mitrofanov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Tyumen Oil Research Center LLC, Tyumen, Russian Federation

\* e-mail: avfedosova2@tnnc.rosneft.ru

**Abstract.** Currently, more and more attention is being paid to hard-to-recover reserves characterized by low flow rates. And one of the problematic issues in the process of studying them is the correct determination of the inflow profile by conducting production logging tool (PLT). In this regard, there is a need to increase the information content of the PLT in the conditions of gas reservoirs with a low flow rate, where the Berezovskaya suite is an actual research area. In this paper, a new PLT scheme is proposed, based on the actual PLT scheme, which will allow more reliable determination of operating intervals in low-rate gas-saturated reservoirs.

**Keywords:** production logging tool, Berezovskaya suite, studies of low-rate gas wells, PLT in gas intervals

### *Введение*

Проблема устойчивого падения добычи сеноманского газа ряда старейших месторождений севера Западной Сибири в последние годы послужила стимулом к изучению залежей трудноизвлекаемого газа [1]. Всестороннее изучение сложных коллекторов, в том числе методами ПГИ, является одним из актуальных направлений деятельности ведущих нефтегазовых компаний.

Промыслово-геофизические исследования (ПГИ) – это комплекс геофизических исследований, предназначенный для получения данных о продуктивности, фильтрационных свойствах и гидродинамических связях пластов, включающий измерения давления, температуры, скорости потока, состава и свойств флюидов в стволе скважины.

Информативность ПГИ неразрывно связана с множеством факторов. В первую очередь, при низком дебите уменьшение возможностей ПГИ связано с уменьшением чувствительности методов. Важным фактором снижения эффективности является сепарация потока газа в наклонных и горизонтальных скважинах. Слабый поток газа поднимается вверх вдоль сводовой части скважины, минуя большинство датчиков, и формирует вихревые потоки. Вращение турбинок механического дебитомера может не отражать скорость потока газа, так как под воздействием разнонаправленных вихревых потоков турбинка может совсем не вращаться или вращаться в противоположном направлении относительно потока газа.

Также свои особенности имеет и сам комплекс методов, предназначенный для оценки профиля притока в газовых скважинах.

Проблематика состоит в необходимости усиления достоверности получаемой при проведении ПГИ информации. Полигоном исследований были выбраны пласты-коллектора березовской свиты.

### *Методы и материалы*

Достоверность и полнота решения практических задач, решаемых ПГИ определяется: качеством подготовки скважин к исследованиям, используемым комплексом геофизических методов, методикой и технологией исследования скважин и методикой обработки результатов исследований.

Алгоритм проведения исследований и требования по подготовке скважин к исследованиям отражает технологическая карта ПГИ. Не всегда фактическая схема работ соответствует общерекомендованной, условия проведения ПГИС определяются геологическими особенностями залежи, назначением и технологией эксплуатации скважины, ее конструкцией, техническим состоянием, физическими свойствами флюидов в скважине, состоянием и поведением пластов, вскрытых скважиной.

Дизайн проведения ПГИ в низкодебитных коллекторах березовской свиты не предполагал значительного отклонения от стандартной схемы. Как правило, стандартный план проведения ПГИ включает:

- фоновые записи по стволу на спуске и подъеме с регистрацией методов ТМ, МН, РИС, РГД, ВГД, ГК, ЛМ в остановленной скважине (в интервале устье-забой и в интервале детальных исследований);
- записи на точке метода МН, ТМ, РГД;
- записи в работающей скважине в режиме фонтанирования на спуске и подъеме с регистрацией методов ТМ, МН, РИС, РГД, ВГД, ГК, ЛМ (в интервале устье-забой и в интервале детальных исследований).

При этом, имеются и другие примеры используемых дизайнов ПГИ, в частности, включающие метод скважинной акустической шумометрии.

## Результаты

Результаты проведения ПГИ в коллекторах березовской свиты по стандартному дизайну можно продемонстрировать на примере одной из скважин. Согласно проведенным исследованиям, наличие заколонного перетока сверху однозначно оценить затруднительно (низкая подвеска НКТ – в кровле перфорации). Некоторое изменение термоградиента связано с местоположением шламоуловителя. Термоаномалии, характерные для негерметичности эксплуатационной колонны, по стволу скважин не выявлены.

Работающие интервалы выделены по термометрии и СТИ, при этом, некоторые пропластки выделены неуверенно, что может быть объяснено низкой чувствительностью методов при малых дебитах, а показания замеров расходомерами глубинными дистанционными (РГД) оказались неинформативны, что объясняется влиянием малых скоростей потока (рис. 1).

Наиболее часто предполагаемая причина малой информативности данных РГД – высокий порог «страгивания» турбинки механического расходомера, влияние сложного потока или загрязнение [2].

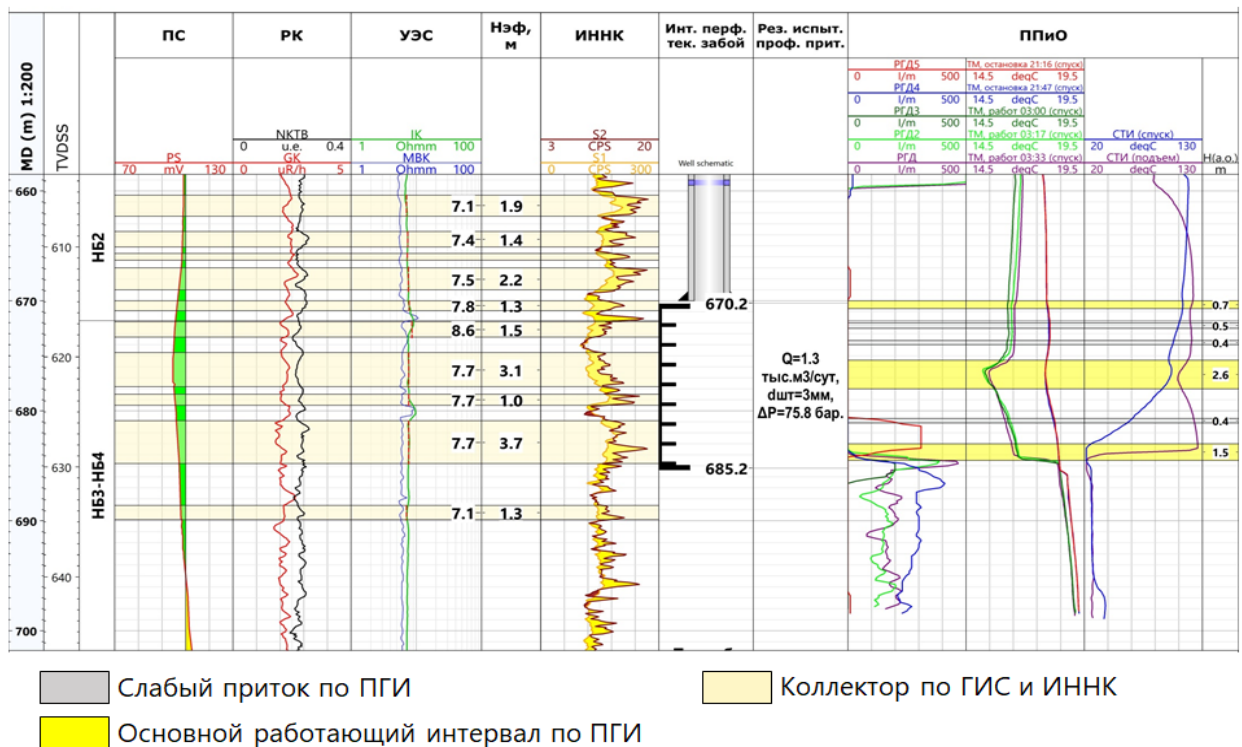


Рис. 1. Планшет с результатами проведенных исследований

Вместе с тем, в интервале березовской свиты имеется положительный опыт применения акустической шумометрии. С помощью прибора МЕГА-ПЛТ-92, в составе которого был датчик шумометрии, были проведены исследования в скважине, а затем, используя комплекс «EMERAUDE» удалось интерпретировать полученные данные. Метод обеспечил уверенное выделение интервалов притока,

определение общего дебита, процентный вклад в общий дебит скважины каждого работающего пропластка и состав поступающего флюида (рис. 2). При расчете в «EMERAUDE» использовалась корреляционная зависимость «Vertical Flow of Gas and Liquid Mixtures in Wells»; Duns H., and Ross N.

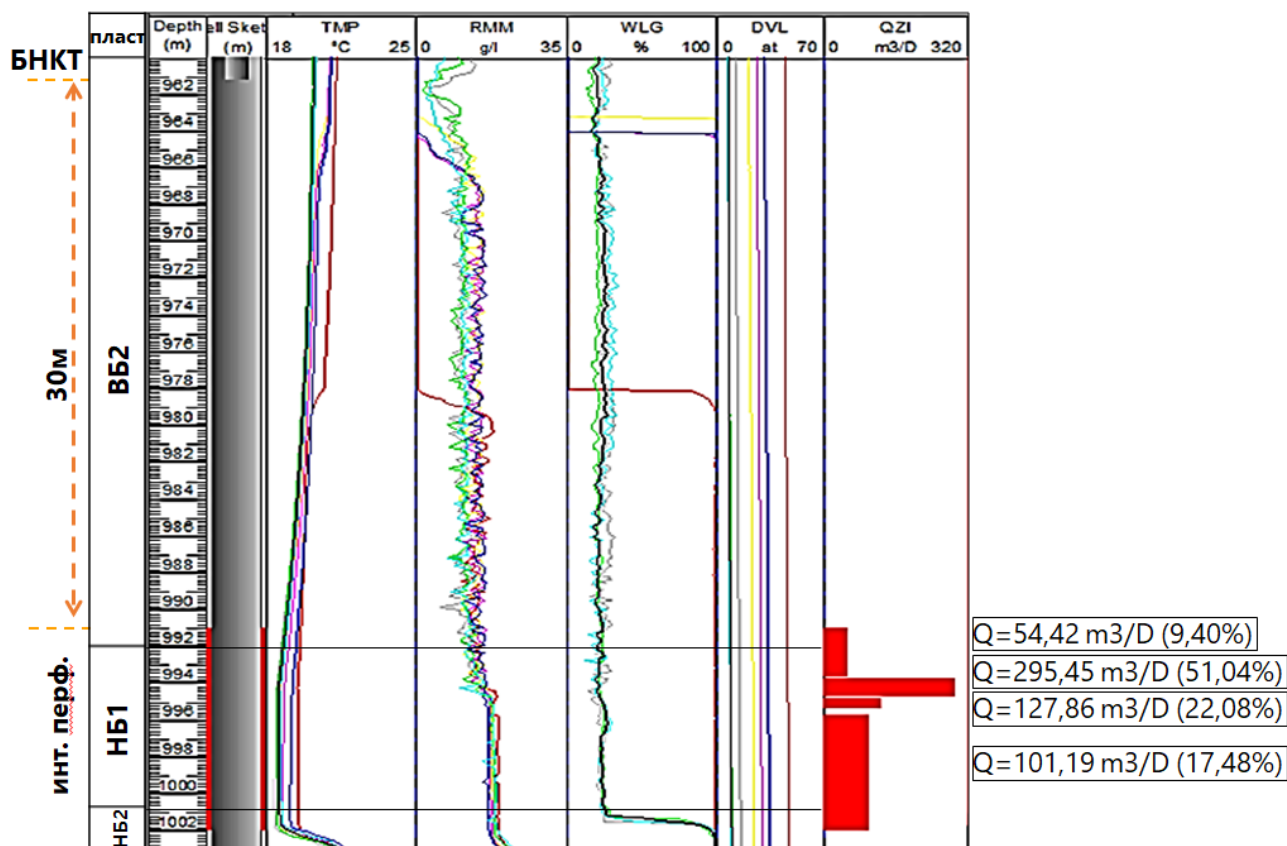


Рис. 2. Планшет с результатами проведенных исследований

Таким образом, необходимо рассмотреть возможность дополнения стандартного комплекса ПГИ для низкодебитных газовых скважин методом акустической шумометрии, желательно, ее спектральной модификацией, на постоянной основе. В заданных условиях это окажет улучшение информативности данных с точки зрения разделения интервалов притока.

### Обсуждение

В условиях малых дебитов газа хорошо себя зарекомендовала акустическая шумометрия в ее спектральной модификации. Это современная версия акустической шумометрии, позволяющая проследить широкий спектр шумов в скважине и с большой достоверностью оценить источник шума. Движение жидкости и газа генерирует шум за счет вибрации минерального скелета пород, а также элементов конструкции скважины. С увеличением линейной скорости потока флюида растет интенсивность шума, при этом, спектральный состав шума зависит только от типа среды, по которой происходит движение, а не от скорости или типа по-

тока [3]. Частота шума определяется размером и материалом консоли (упругость/плотность – что также может характеризоваться скоростью звука сквозь заданный материал).

Анализ акустического шума, зарегистрированного в широком диапазоне частот, позволяет определить, например, зоны активной работы коллектора, места негерметичности обсадной колонны и НКТ, работающие зоны перфорации, заколонные перетоки по цементному камню, а также потоки в породе и по трещинам (рис. 3).

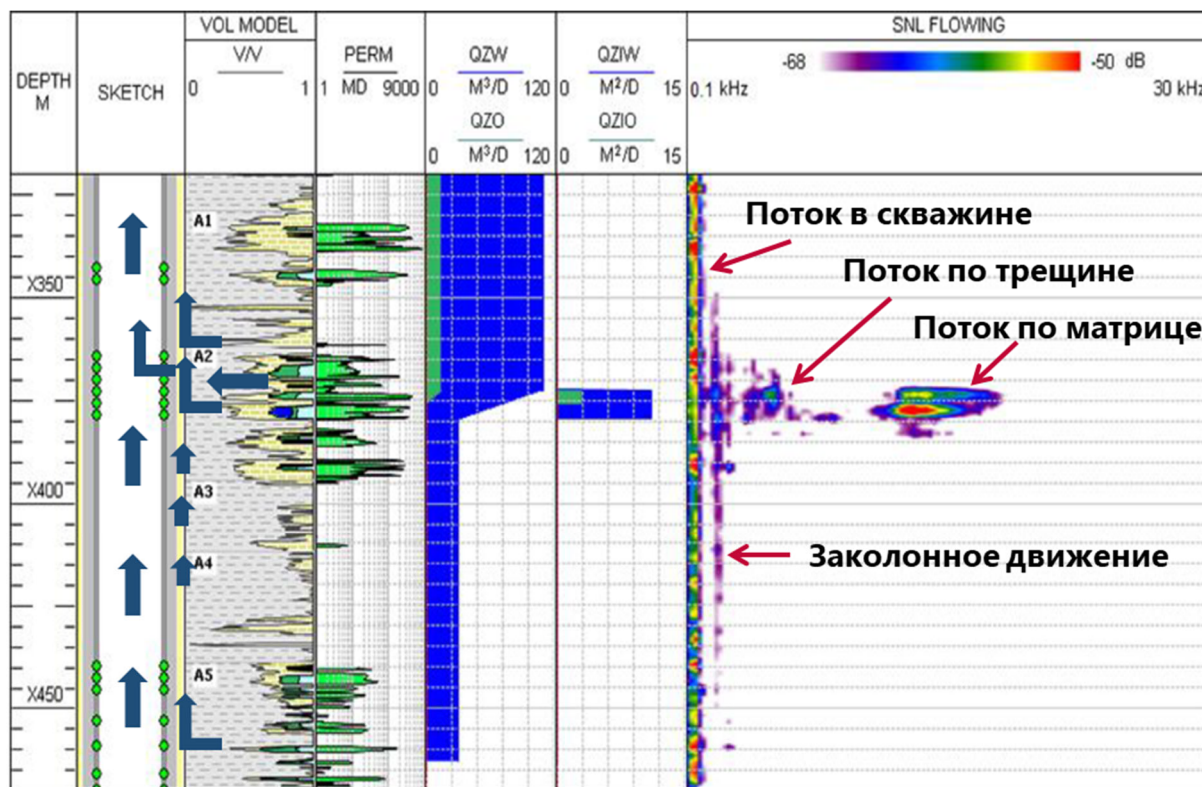


Рис. 3. Пример планшета с результатами шумометрии [3]

Вертикальный поток жидкости в стволе скважины сформирован вибрацией межтрубного пространства при движении потока флюида по стволу скважины, и, как правило, располагается в диапазоне частот от 0,1 до 1 кГц.

Элементы конструкции скважины (скользящая муфта, башмак НКТ, пакер), интервалы перфорации и негерметичности обсадной колонны обычно создают шум в диапазоне от 1 кГц до 3 кГц, который локализован по глубине и выделяется в виде высокоамплитудных отдельных.

Заколонный переток имеет выраженные границы и представлен на спектральной панели в виде узкой отдельно стоящей вертикальной полосы, соединяющей два работающих пропластка. Создаваемый заколонным перетоком шум может меняться по частоте с изменением размера и структуры трещины.

При фильтрации флюида по пласту-коллектору создается шум, генерируемый вибрациями частиц породы, связанными порами и трещинами, верхняя

и нижняя границы явно обозначены по глубине. Поток через обычную матрицу горных пород генерирует шум приблизительно 10 кГц – 15 кГц, но не исключен и уход в более широкий диапазон частот – в случае малопроницаемых пород, где в качестве флюида возможен только газ, частоты могут быть выше 30 кГц.

Таким образом, поток газа из пласта можно уверенно определять по спектральной шумометрии ввиду различия диапазонов шума в сравнении с шумами, вызванными движением жидкости по стволу скважины, заколонными циркуляциями, и элементами конструкции скважины.

Для низкопроницаемых газовых коллекторов предлагается схема исследований (рис. 4), включающая дополнение стандартного комплекса, имеющего в составе такие методы как ТМ, МН, РИС, РГД, ВГД, ГК, ЛМ, методом спектральной акустической шумометрии, что позволит с большей достоверностью определять работающие интервалы и возможные заколонные циркуляции. Помимо того, схема предполагает сохранение режима проводимых исследований, т.е. сначала в остановленной скважине, а затем в работающей, что позволит избежать дополнительного цикла запуска скважины в работу. А также необходимо делать акцент на определении уровня осадка в скважине и последующей промывке оборудования, во избежание засорения датчиков прибора. Контроль глубины спуска башмака НКТ (в соответствии с установленными Компанией правилами - не менее 30м над кровлей верхнего перфорированного интервала) открывает возможность оценить наличие перетоков сверху.

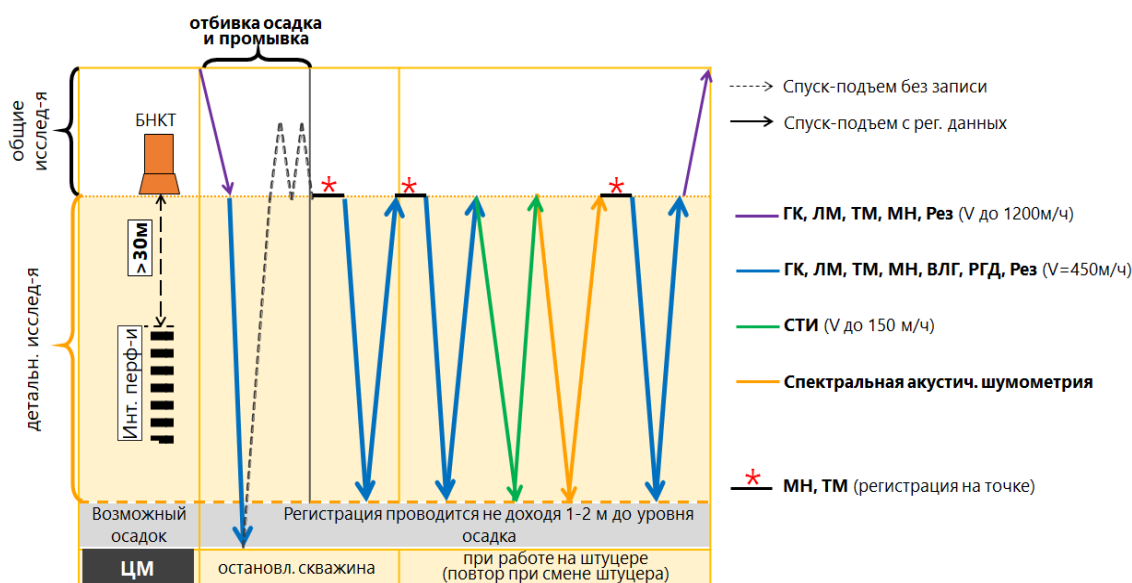


Рис. 4. Предлагаемая схема проведения ПГИ

### Заключение

Проведенный анализ ПГИ показал необходимость доработки схемы для проведения ПГИ в условиях газонасыщенных коллекторов с низкими дебитами. Исходя из этого, была предложена скорректированная схема ПГИ для заданных условий. В частности, предлагаемое дополнение стандартного дизайна ПГИ, ме-



тодом спектральной акустической шумометрии, который в данных условиях проведения исследований позволит с большей достоверностью определять работающие интервалы и возможные заколонные перетоки.

Использование полученной схемы актуально для всех месторождений, где ведется изучение березовской свиты. Помимо этого, предлагаемая схема ПГИ может быть использована и на других газовых пластах с низкими дебитами испытываемых скважин.

Дальнейшее развитие работы предполагает уточнение и разработку схемы ПГИ для горизонтальных стволов в газовых интервалах., т.к. разработка березовской свиты планируется в основном горизонтальными скважинами, в связи с чем определение профиля притока в горизонтальном стволе не менее актуальна.

### ***Благодарности***

Выражаю благодарность М. В. Коровину и А. Н. Крузе за экспертную поддержку.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Родивилов Д.Б. Трудноизвлекаемые запасы газа нижеберезовской подсвиты севера Западной Сибири: опыт определения эффективных толщин и оценки подсчетных параметров коллекторов // Недропользование XXI век. – 2018. – № 6. – С. 112–119.

2. Имамова Е. Ю., Акчурина А. А., Яруллин Р. К. Анализ информативности данных механической расходомерии в нефтяных скважинах с использованием аппаратуры российского производства // Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 3. – С. 86-91.

3. Шишканов Д. А. Геофизические методы контроля за разработкой месторождений. Метод спектральной шумометрии. Прибор SNL-HD / Д. А. Шишканов; науч. рук. О. П. Кочеткова // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири, Томск, 2-7 апреля 2018 г.: в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2018. – Т. 2. – С. 245-246.

© А. В. Федосова, Д. А. Митрофанов, 2022