

# ОСОБЕННОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН НА ПРИРОДНЫЕ БИТУМЫ

Петров С.И.,

Казанский федеральный университет, г.Казань

## CHARACTERISTICS OF THE WELL LOGGING METHODS FOR NATURAL BITUMEN INVESTIGATION

Petrov S.I.,

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

### Аннотация

Показана возможность повышения эффективности геофизических исследований скважин путём применения межскважинной томографии и вертикального сейсмопрофилирования. Делается вывод, что эффективность освоения и разработки залежей углеводородов определяется оптимальным комплексированием этих методов, что дополнительно к общим исследованиям позволит точнее определять негативные факторы, такие, как зоны повышенной глинизации, трещиноватости и источники возможного обводнения.

### Abstract

The possibility of well logging efficiency increasing by the use of cross-well tomography and vertical seismic profiling is shown in the paper. It is concluded that the efficiency of exploration and development of hydrocarbon deposits is determined by the optimal combination of these methods, which, in addition to routine well studies will increase accuracy of identification of negative factors, such as shaly zones, fracture zones and possible places of water breakthrough.

На территории Республики Татарстан можно выделить три направления повышения информативности геофизических исследований скважин на природные битумы (сверхвязкие нефти):

- разработка рационального комплекса ГИС для получения важной информации в иных горно-технологических условиях (транзитные скважины глубокого бурения);
- внедрение «новых» методов ГИС, опробованных на небольшом числе эталонных объектах и успешно применяющихся при изучении традиционных нефтей (гамма-спектрометрия, С/О-каротаж, ВИКИЗ, ВДК и др.) [1-4];
- апробирование и широкое внедрение современной технологии межскважинной томографии, позволяющей повысить эффективность освоения месторождений природных битумов.

Первые два направления с той или иной успешностью в последние годы реализуются, и уже имеются положительные предварительные результаты. Последнее же внедряется слабо. Следует подчеркнуть, что работы в этом направлении помогут решить ряд сложнейших проблем. Например, значительные трудности [2, 5-7] возникают при прогнозировании вероятных причин обводнения продукции битумных скважин, которые для отложений уфимского яруса связываются с наличием водоносных прослоев и линз, залегающих в пределах битумонасыщенной части залежи. Имеющиеся геолого-промысловые данные указывают на совместное залегание битума и свободной воды в объеме коллектора.

А.И. Томашевская выделяет в качестве негативных причин, наряду с вышеуказанными, также поступление воды по нарушениям в цементном камне или по зазору между цементным кольцом и породой из-за отсутствия надежного сцепления цемента с битумонасыщенными песчаниками. Такие случаи имеют место при испытании битумонасыщенных коллекторов в обсаженных скважинах, когда бурением вскрыты и нижележащие битумосодержащие и водоносные песчаники.

Поэтому для повышения эффективности работ при освоении битумных залежей, получения достоверных сведений об особенностях геологического строения и, вследствие этого, для оптимального выбора объектов для испытаний и эксплуатации пластов и предлагается использовать данные межскважинной томографии. Метод основан на изучении упругих параметров горных пород в пространстве между скважинами и связи их с физическими характеристиками среды путем сейсмического просвечивания межскважинного пространства.

Положительный опыт применения метода межскважинной сейсмотомографии (А.Г. Болгаров, А.П. Поляков, 2000; А.Г. Болгаров, 2002) для решения таких задач в области инженерной геологии, результаты опробования в условиях нефтегазовых месторождений Башкортостана и за рубежом являются предпосылкой эффективного использования метода для изучения строения месторождений сверхвязких нефтей Татарстана и контроля их разработки. Целесообразность применения межскважинной томографии существенно возрастает при использовании эксплуатацией залежей сверхвязких нефтей по технологии SAGD системой горизонтальных скважин.

Перспективны совместное изучение кинематических и динамических параметров продольных и поперечных волн, распространяющихся в межскважинной среде, и расчет упруго-деформационных характеристик, позволяющих оценить коллекторские свойства битумосодержащих песчаников, тектонические и структурные особенности месторождений природных битумов, определить битумо-, водо- и газонасыщенность. Большими возможностями обладает межскважинное просвечивание при контроле за фронтом выработки продуктивного пласта горизонтальными скважинами.

В работах [5-7] предложена программа по оценке возможностей применения межскважинной томографии для выявления «тонких» особенностей геологического строения битумных залежей (сверхвязких нефтей). Цель работы - детализация геологического строения месторождения природных битумов методом межскважинной томографии, а основные задачи:

- определение водоносных прослоев и линз воды и др.;
- оценка выработанности пласта тепловыми способами с помощью горизонтальных скважин;
- построение геолого-геофизической модели полигонного участка;
- выделение прослоев и линзы воды в теле битумной залежи;
- определение положения выработанной зоны.

В случае внедрения этой методики в комплексном решении вышеперечисленных задач, можно получить большой экономический эффект от целенаправленных работ, исключающих обводнение продукции, заранее, до начала эксплуатации, выяснив возможные причины поступления воды в битумные участки залежи.

Наряду с вышеуказанными [8], может быть рекомендовано ещё одно направление повышения эффективности геофизических исследований скважин на природные битумы [9], связанное с исследованиями упругих характеристик разреза, известными под названием промысловая сейсмика [10].

Для оценки фильтрационных свойств пластов в процессе их разработки широко применяются геолого-промысловые исследования. Информативность этих исследований ограничена по следующим причинам:

- результаты измерений в отдельных скважинах (в первую очередь гидродинамические) характеризуют свойства пластов на небольшом удалении от ствола скважины и поэтому недостаточны для суждения об их изменении по площади;
- применение более глубинных методов (метод фильтрационных волн давления (МФВД), индикаторные методы, заводнение пластов и др.) позволяют определять направления с различной интенсивностью фильтрации пластового флюида. Однако они не позволяют выявить причину этого различия, а при отсутствии гидродинамической связи между скважинами установить положение неоднородности вызвавшей это.

Информативность (разрешающая способность) наблюдений существенно возрастает при регистрации сейсмических сигналов в скважинах. Вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) и особенно его поляризационная модификация (ПМ ВСП) позволяют повысить разрешённость сейсмических записей по сравнению с наземной сейсморазведкой в 3-5 раз и обеспечивают более детальное изучение особенностей строения продуктивных интервалов.

На рисунке 1 приведены результаты исследований на одном из участков Ново-Елховского нефтяного месторождения, где наблюдениями ПМ ВСП в глубоких скважинах, расположенными на небольшом расстоянии друг от друга, выявлено различие в направлениях субвертикальной трещиноватости в пермских отложениях (рис. 1,А). Наблюдениями по субширотному профилю установлена неоднократная смена поляризации поперечной волны. На рисунке 1,Б приведены следящие сейсмограммы, соответствующие зонам с различной поляризацией S волны. Видно, что направления смещений в волнах S1 и S2 в разных зонах меняются. Различаются и временные сдвиги между ними, определяющие коэффициент анизотропии среды.

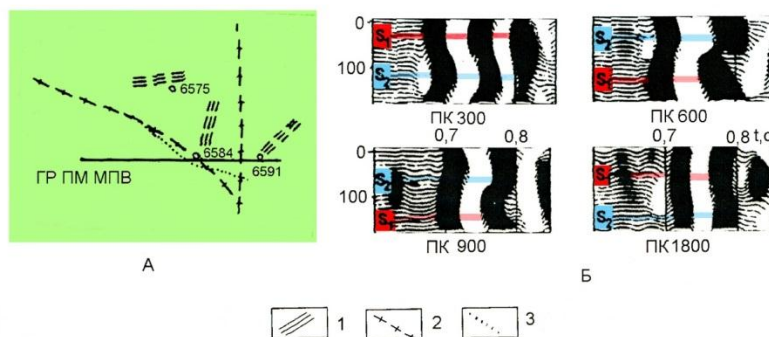


Рис.1. К исследованиям на участке Ново-Елховского нефтяного месторождения:  
 А – результаты наблюдений ПМ ВСП и положение тектонических нарушений;  
 Б – следящие сейсмограммы на разных пикетах ПМ МПВ.

1 – направление доминирующей субвертикальной трещиноватости в пермских отложениях, 2 и 3 – тектонические нарушения в фундаменте и отложениях девона (данные гравиразведки и сейсморазведки).

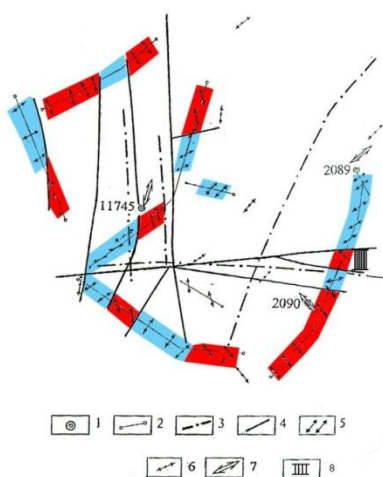


Рис. 2. Результаты исследований поляризационным методом сейсмических наблюдений, Кузайкинское нефтяное месторождение (западный склон ЮТС):

1 – скважины в которых выполнены наблюдения ПМ МПВ и НВСП; 2 – профили ПМ МПВ; 3 – тектонические нарушения по данным НВСП; 4 – межблоковые границы в перми по данным ПМ МПВ; 5 и 6 – направления смещений в волне S<sub>1</sub> (данные ПМ МПВ и ПМ ВСП в мелких скважинах); 7 – направление доминирующей трещиноватости в отложениях среднего карбона (данные ПМ ВСП); 8 – положение зоны повышенной трещиноватости, выделенной по данным НВСП

Исследованиями, выполненными на одном из участков Кузайкинское нефтяного месторождения в отложениях пермского возраста выявлено большое количество блоков с отличающимися направлениями доминирующей трещиноватости (рис. 2). Границам между этими блоками с некоторым смещением в плане соответствуют тектонические нарушения в карбоновых отложениях.

Исследованиями, проведенными на нескольких нефтяных месторождениях Татарстана, установлена сильная латеральная изменчивость параметров трещиноватости в пермских породах и совпадение межблоковых границ в них с положением тектонических нарушений в продуктивных карбоновых отложениях. Наблюдается также согласие направлений доминирующей трещиноватости в перми и среднем карбоне и их несовпадение с ориентировкой трещин в отложениях турне.

Так как эффективность освоения и разработки залежей углеводородов определяется степенью адекватности применяемых систем разработки реальному строению продуктивных отложений, то очевидно, что применение таких исследований или исследований межскважинной томографией, а так же оптимальное комплексирование этих методов позволит определить факторы, существенно осложняющие разработку залежей - их блоковое строение и развитие в продуктивных интервалах разрезов таких субвертикальных неоднородностей, как зоны повышенной глинизации и трещиноватости, источники возможного обводнения.

### Литература

1. Алчина А.Б. Методика интерпретации ГИС для выделения коллекторов, оценки их пористости и нефтенасыщенности в пермских отложениях республики Татарстан // Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов. Проблемы их освоения: Междунар. науч. конфер. – Казань: Изд-во КГУ, 2005. – С. 13-16.
2. Хисамов Р.С., Боровский М.Я., Гатиятуллин Н.С. Геофизические методы поисков и разведки месторождений природных битумов в республике Татарстан. – Казань: Изд-во «ФЭН» АН РТ, 2007. – 247 с.
3. Петров С.И. Современное состояние и перспективы изучения пермских битумов Татарстана геофизическими исследованиями скважин // Трудноизвлекаемые и нетрадиционные запасы углеводородов: опыт и прогнозы: междунар. науч.-практ. конференция. – Казань: Изд-во «ФЭН» АН РТ, 2014. – С. 313–316.
4. Абдуллин Р.Н., Рахматуллина А.Р. Новая технология определения емкостных свойств и коэффициента битумонасыщенности терригенных отложения уфимского яруса // Высоковязкие нефти и природные битумы: проблемы и повышение эффективности разведки и разработки месторождений: междунар. науч.-практ. конфер. – Казань: «Фэн» АН РТ, 2012. – С. 35–37.
5. Хисамов Р.С., Файзуллин И.Н. Геолого-геофизическое доизучение нефтяных месторождений на поздней стадии разработки. – Казань: Изд-во «ФЭН» АН РТ, 2011. - 228 с.
6. Боровский М.Я., Болгаров А.Г., Файзуллин И.Н. и др. Детализация геологического строения битумных залежей // Актуальные проблемы нефтегазовой геологии: междунар. науч.-практ. конференция. – СПб: ВНИГРИ, 2007. – С. 301–304.
7. Боровский М.Я., Ефимов А.А., Файзуллин И.Н. и др. О возможности использования сейсмотомографии для выявления особенностей геологического строения битумных залежей // Техника и технология разработки нефтяных месторождений: Сб. докл. науч.-технич. конфер., посвящ. 60-летию разработки Ромашкинского нефтяного месторождения. – М.: ЗАО «Изд-во «Нефтяное хозяйство», 2008. – С. 91–93.
8. Петров С.И., Боровский М.Я., Борисов А.С. и др. Повышение эффективности геофизических исследований скважин на природные битумы // Особенности разведки и разработки месторождений нетрадиционных углеводородов: материалы Междунар. научно-практ. конференции. - Казань: «Ихлас», 2015. - С. 245-248.
9. Яковлев Г.Е., Амиров А.Н., Петров С.И. Повышение эффективности геофизических исследований при изучении строения резервуаров углеводородов // Инновации и технологии в разведке, добыче и переработке нефти и газа: междунар. науч.-практ. конференция. – Казань: Изд-во «ФЭН» АН РТ, 2010. – С. 461–465.
10. Амиров А.Н., Гальперин Е.И., Гурвич И.И. и др. Промысловая сейсмика - сейсмические исследования на этапе разведки и эксплуатации месторождений // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. - 1980. - №7. - С.78-83.