

carbonate platforms (slope debris) and potential carbonate buildups are interesting to further investigate. While the western and northern anticlinal structures bordering the STP are excellent targets for Oligo-Miocene biogenic gas charging systems.

The STP is an excellent example of the eastern margin of the Levant Basin offshore Lebanon, with a broad diversity of potential plays for hydrocarbon exploration; by integrating geodynamics, tectono-stratigraphic interpretations and petroleum systems analyses, such plays are better constrained and exploration risk lowered.

#### References

1. Beydoun Z. R. (1977) Petroleum prospects of Lebanon: Reevaluation, AAPG Bull. 61. – P. 43–64.
2. Beydoun Z. R. (1999) Evolution and development of the Levant (Dead Sea Rift) Transform System: A historical-chronological review of a structural controversy, in: Mac Niocaill C., Ryan P.D. (eds), Continental Tectonics, Geological Society Special Publications, London. – P. 239–255.
3. Bou Daher S., Nader F.H., Strauss H., Littke R. (2014) Depositional environment and source-rock characterisation of organic-matter rich Upper Turonian-Upper Campanian carbonates, Northern Lebanon, J. Petrol. Geol. 37. – P. 1–20.
4. Bou Daher S., Nader F. H., Müller C., Littke R. (2015) Geochemical and petrographic characterization of Campanian-Lower Maastrichtian calcareous petroleum source rocks of Hasbayya, South Lebanon, Mar. Pet. Geol. 64. – P. 304–323.
5. Mode of access: <https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/1-630-4231?transitionType=Default&context-Data=Default&firstPage=true>.

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ

В. Э. Санько

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель И. С. Шепелева

Геофизические исследования скважин (ГИС) в процессе бурения это наиболее перспективная технология, включающая в себя одновременно бурение и исследование скважины геофизическими методами. В первую очередь она очень экономична с точки зрения времени, средств, оборудования и прочих затрат. Данную технологию использовали в Беларуси в 2020 г. на месторождениях в ведомстве РУП ПО «Белоруснефть».

На сегодняшний день все передовые компании активно используют технологии каротажа в процессе бурения как для разведки новых, так и для оптимальной разработки уже эксплуатируемых месторождений.

Каротаж в процессе бурения позволяет:

- контролировать пространственное положение скважины относительно геологических объектов;
- определять качественные и количественные характеристики пласта с целью бурения по наиболее эффективной части коллектора (пласта);
- получить наиболее объективные данные для оценки свойств пласта за счет минимизации времени от вскрытия пласта до ГИС вследствие того, что фильтрат не успевает насытить прискважинную зону;
- отказаться от проведения окончательного каротажа на кабеле или на буровом инструменте, что существенно снижает затраты недропользователей за счет уменьшения срока строительства скважины.

Цель работы – проверить влияние увеличения скорости записи ГИС на качество каротажных кривых и возможности дальнейшего внедрения технологии на месторождениях Припятского прогиба.

**Исследовательская часть.** Перспективными направлениями ГИС в процессе бурения являются бурение с применением технологий РУС и КОМПАС.

Роторные управляемые системы (РУС) – это современное поколение забойного бурового оборудования, обеспечивающее снижение рисков возникновения осложнений и аварий, а также позволяющее осуществлять управление траекторией скважины.

В комплексе с различными MWD/LWD инструментами РУС открывают новые возможности при наклонно направленном бурении и решении сложных геологических задач [4].

Зонды инклинометрические систем забойных телеметрических «Compass» (далее – инклинометры) предназначены для измерений зенитного угла и азимута скважины, а также угла установки отклонителя с передачей данных из скважины на поверхность по гидравлическому каналу связи на положительных импульсах. Питание инклинометра обеспечивается специальными батареями.

Инклинометр помещается в защитный немагнитный корпус и коммутируется с остальными приборами измерительного блока системы забойной телеметрической «Compass» [5].

**Нормирование времени записи каротажных кривых.** В результате проведенного анализа полученных данных было выявлено, что наибольшее влияние скорость записи оказывает на показания радиоактивных методов.

С увеличением скорости каротажа показания данных методов искажаются и показывают более осредненные значения, уменьшается вертикальная разрешающая способность, что негативно сказывается на результатах интерпретации, особенно в тонких (< 1 м) пластах. Показания в таких пластах могут быть осреднены с показаниями во вмещающих породах, что ухудшит результат определения их фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) и может послужить причиной пропуска потенциальных коллекторов.

По экспериментальным данным сделаны развернутые выводы о возможности выполнения геофизических исследований на повышенных скоростях. По результатам оценки была увеличена скорость записи приборов относительно паспортных данных при выполнении следующих методов: БК (скорость записи увеличена с 800 м/ч до 1000 м/ч), МК + БМК (скорость записи увеличена с 740 до 1000 м/ч), резистивиметрия (скорость записи увеличена с 800 до 1100 м/ч), профилометрия (скорость записи увеличена с 1600 до 2000 м/ч).

Ухудшение качества каротажных данных наблюдалось на фазокорреляционных диаграммах акустического метода, что приводило к уменьшению точности трассировки волн и последующему уменьшению точности в определении ФЕС из-за гидравлического канала связи.

В свою очередь, показания электрометрии и кавернометрии, проведенные на разных скоростях, показали хорошую сходимость между собой, что дает нам достоверные данные о характере насыщения, так как насыщение в прискважинной зоне не успевает заместиться буровым раствором и оттеснить флюид из зоны исследования.

В сложных скважинных условиях увеличение скорости проведения каротажа может привести к искажениям показаний из-за увеличения риска затяжек и локальных остановок прибора, например, при выходе прибора из-под башмака колонны.

Для электрических методов (БК, МК, МБК, резистивиметрия) и каверномет-

рии/профилеметрии возможно увеличение скорости, однако это возможно только в условиях, когда нет затяжек или иных обстоятельств, которые могут привести к аварийной ситуации и обрыву прибора.

**Преимущества и недостатки ГИС в процессе бурения.** Одно из основных преимуществ сокращения количества спуско-подъемных операций, что влечет за собой сокращение цикла строительства скважины на этапе геофизических исследований, возможно за счет уменьшения проведения привязочных каротажей с помощью выполнения непрерывной записи каротажных кривых ГИС в процессе бурения.

Основными преимуществами LWD являются: возможность геонавигации в реальном времени; измерение свойств пород перед значительными изменениями. Например, измерения сопротивления до образования зоны проникновения фильтрата бурового раствора в пласт; решения задач по геомеханике, в частности прогноз дифприхватов.

К основным недостаткам LWD можно отнести мертвую зону приборов и контроль глубины привязки к разрезу [3].

Мертвая зона возникает из-за расположения модулей друг над другом. Чем дальше прибор от долота, тем больше непромер. В зависимости от применения РУ-Сов и модулей, минимальное возможное расстояние непромера до первого модуля при применении РУС с наддолотными модулями составляет 2 м. При использовании КОМПАСа непромер составляет 13–14 м.

В зависимости от поставленных задач могут применяться следующие модули: ГК + НГК/ННКт:

- стратиграфическая привязка к разрезу.

ГК + НГК / ННКт + БК:

- стратиграфическая привязка к разрезу;

- выделение коллекторов в разрезе и их насыщения для определения необходимости испытания;

- оценочное определение ФЕС.

ГК + НГК / ННКт + БК + АК:

- предварительная оценка литологии;

- стратиграфическая привязка к разрезу с учетом литологии;

- выделение коллекторов в разрезе и их насыщения для определения необходимости испытания;

- оценка ФЕС с учетом литологии.

Поскольку замена полного детального комплекса геофизических методов наддолотными модулями невозможна по ряду причин (качество данных, привязка к глубине, расположение модулей на большом расстоянии от забоя и т. д.), которые будут рассмотрены далее, то основная идея – это сократить количество привязочных каротажей для стратиграфической привязки под испытание, для отбора керна и под спуск колонны при отсутствии продуктивных отложений. Поэтому оптимальным комплексом ГИС для решения этих задач является следующий: ГК + НГК / ННКт + БК.

Внедрение или покупка комплекса модулей для проведения каротажа в процессе бурения определенного производителя будет проводиться только после опытно-промышленных работ и сравнения с детальным комплексом, для подтверждения качества и полноты получаемых данных [2].

Результаты опытно-промышленных работ, проведенных на трех скважинах, представлены в таблице.

### Результаты сравнения

Номер скважины, месторождение	Время согласно норм 2009 г., ч	Время согласно норм 2020 г., ч	Отклонение +/- (действующие нормы/новые)
15 Карташовская	24,02	19,64	4,38/18
503 Кореневская	4,15	3,15	1/24
117g Мармовичская	19,34	14,84	4,5/23

Вышеперечисленные мероприятия позволят значительно сократить (до 20 %) длительность проведения комплекса ГИС на скважине. С учетом, что нормируемый объем, затраченный на проведение спуско-подъемных операций при выполненных ГИС в 2020 г. для СУБР составил ориентировочно 340 суток [1], то при применении в 2021 г. разработанных норм предполагаемая экономия при выполнении такого же объема работ составит около 60–65 суток по году.

Данные работы требуют изучения цен и рынка услуг, проведения маркетинговых исследований по закупке аренды LWD (с или без наддолотного модуля).

Применение данных технологий позволяет получить наиболее достоверные данные, увеличить скорость проведения комплекса ГИС и сократить время бурения.

#### Литература

1. Протокол технико-экономического совета РУП ПО «Белоруснефть», 28.12.20.
2. Постановление № 6 совета РУП ПО «Белоруснефть», 2020.
3. BakerHughes. – Режим доступа: <https://www.bakerhughes.com/integrated-well-services/integrated-well-construction/evaluation/loggingwhiledrilling-services>. – Дата доступа: 11.03.21.
4. Говзич, А. Роторные возможности управляемого бурения / А. Говзич // Сиб. нефть. – 2012. – № 96. – С. 38–42.
5. Башнефтегеофизика. – Режим доступа: <https://www.bngf.ru/services/187/>. – Дата доступа: 12.03.21.

## АДАПТАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ДЛЯ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

А. Г. Стельмашонок

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель О. К. Абрамович

Современный этап развития техники и технологии добычи углеводородов характеризуется существенным увеличением объемов производственной информации о происходящих изменениях в условиях разработки нефтяных месторождений и их текущем состоянии. Однако при этом на нефтепромыслах зачастую отсутствует технология контроля и управления разработкой, объективно учитывающая все основные структурные особенности месторождения и его эксплуатации (включая кустовые площадки и отдельные скважины). Все это приводит к необходимости более широкого распространения и применения разнообразных систем автоматизации, телемеханики и компьютерных сетей, где главным фактором является наличие встроенного интеллекта. В ближайшем будущем повсеместно появятся «интеллектуальные» нефтепромыслы, которые будут контролировать себя сами и дистанционно управ-