

## Итоги 6-ой научно-практической конференции

«Современные технические средства управления траекторией скважин; каротаж в процессе бурения. Развитие ГТИ с внедрением цифровых технологий; комплексирование ГТИ и LWD».



Конференция, организованная МОО ЕАГО, при содействии и финансовой помощи компании «Башвзрывтехнологии», прошла 28 февраля 2024г. в конференц-зале гостиницы «ASTRUS» г. Москва.

В работе конференции приняли участие более 60 специалистов из ведущих российских компаний, занимающихся разработкой, оказанием сервисных услуг и обработкой данных систем LWD и ГТИ.

Особое внимание на конференции уделено анализу и обработке информационных данных – результатов исследований.

С интересом был заслушан доклад Заглядина Ярослава Александровича «Геомеханическое сопровождение горизонтальных скважин для снижения рисков нестабильности во время бурения» (ООО «Литосфера», г. Москва). Результатом работы, освещенной в докладе Заглядина Я.В., явились выводы об эффективности построения геомеханической модели:

- На основе анализа ширины вывалов скорректирована плотность бурового раствора в глинистых породах покрышки;
- Спрогнозировано давление поглощения и ГРП, которое не рекомендуется превышать во избежание потенциальных прорывов и поглощений;
- Скорректированы место посадки башмаков колонн;
- Уточнены траектории проектных скважин с точки зрения стабильности.

На основе выполненного 3D/4D - геомеханического моделирования успешно пробурены несколько проектных горизонтальных скважин. Результаты модели совпали с реальными геологическими условиями и во время бурения не были отмечены какие-либо серьезные осложнения.

На новых пробуренных скважинах отмечено существенное снижение стоимости бурения за счет оптимизации веса бурового раствора.



В докладе Марии Андреевны Сребродольской (*кафедра ГИС РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, г. Москва*) «Оценка анизотропии проницаемости по азимутальным данным плотности в горизонтальных скважинах» особо выделено, что дебит горизонтальной скважины зависит от проницаемости коллекторов углеводородов и пространственного положения пласта. Поэтому актуальным является исследование анизотропии проницаемости при вскрытии слоистых пород с определённым углом падения слоёв по данным геофизических исследований в процессе бурения горизонтальной скважины. Целью проделанной работы являлась разработка алгоритма азимутальной оценки коэффициентов проницаемости в анизотропных коллекторах с учётом взаимного пространственного расположения горизонтальной скважины и вскрываемого ею пласта.



В докладе Артема Юрьевича (АО «Ммотора», *Платформа ЭКО, г. Москва*) «Повышение эффективности бурения и обеспечение контроля качества данных с использованием цифрового двойника в режиме реального времени», рассмотрена петрофизическая основа модели однородной пористой слоистой среды, анизотропной по проницаемости, в декартовой системе координат  $x, y, z$ . В работе представлено решение проблемы качественного определения фактических нагрузок на забое и определения оптимальных технологических режимов бурения с помощью динамического цифрового двойника. Раскрыта проблема качества данных, агрегируемых с контрольно-измерительных приборов, представлены решения и достигнутые результаты. Показано, что применение цифровой платформы и функционала цифрового двойника позволило улучшить дисциплину соблюдения технологических режимов, обеспечить безопасность проведения технологических операций, ускорить принятия решений и сроки сдачи скважин в добычу. Цифровая экосистема позволяет оперативно контролировать технологические режимы, увеличивая механическую скорость проходки и минимизируя риски.

В докладе «Опыт динамического анализа отражений для оценки присвдосовой трещиноватости вдоль глубинных тектонических разломов» Сергей Николаевич Птецов (*доктор технических наук, член правления ЕАГО, г. Москва*) показал, что при бурении горизонтальных скважин в зонах тектонических разломов могут присутствовать существенные геологические риски. Такие риски особенно велики в зонах присвдосовой трещиноватости и флюидо-динамической деформации осадочных толщ, а также связанных с ними областей аномально высоких и низких пластовых давлений. При проектировании горизонтального бурения специалисты выделяют несколько важных факторов, которые влияют на геологические риски. Сейсмикам и промысловикам по большей части эти факторы известны, в настоящее время выявлены наиболее информативные подходы к их изучению. Крайне важно, чтобы такие факторы, как затяжки и прихваты бурового инструмента, затруднение циркуляции бурового раствора, могли своевременно выявляться методами ГИС и сейсморазведки в пространстве между скважинами с целью их прогнозирования и учета. Как правило, эти факторы связаны с образованием сквозных трещинных систем, распространяющихся по глубинным разломам и присвдосовой трещиноватости от фундамента и до покрышек залежей. Автор сообщил, что в России практически готовы, и в ряде геофизических компаний уже внедрены в производство, технологии описания нефтегазовых резервуаров в виде специальных систем цифровой обработки и интерпретации геолого-геофизических данных ГИС и керна, в сочетании с глубинной 3Д сейсморазведкой. Накоплен опыт, позволяющий развивать работы по созданию геологических моделей резервуаров нефти и газа с учетом трещиноватости резервуаров. Такие модели минимизируют геологические риски бурения поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин, что особенно важно для арктической зоны Полярного Предуралья, в Западной Сибири, на Ямале, в Восточной Сибири и Якутии. Современная тектоническая интерпретация данных 3Д сейсморазведки на основе применения алгоритмов искусственного интеллекта (система Геоплат компании

«ГридПойнт Дайнамикс»), уже сейчас позволяет отказаться от устоявшихся стереотипов упрощенного линейного описания разломов и перейти к объемному прогнозированию трещиноватости коллекторов.

Масюков Владимир Вадимович (ООО «ИНТВОЛ+», г. Тверь) посвятил свой доклад «Специальным технологиям детального изображения трещинной геологической среды на основе сейсмических данных для повышения эффективности эксплуатационного бурения». В докладе подробно изложены авторские алгоритмы построения куба CFC «потенциально открытой трещиноватости» на основе предварительного вычисления кубов энергии, анизотропии и главного направления рассеяния дифрагированных волн. Приводятся результаты предсказания плотности открытых трещин (по данным микроимиджеров трещиноватости) на основе использования куба CFC. Обсуждаются также возможности использования алгоритмов фрактального анализа и естественного роста фрактальных структур (NFSE) для супердетального изображения трещинной среды. Особое внимание уделяется использованию алгоритмов выделения и разномасштабного анализа особенностей геологической среды. Подчеркнуто, что для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений при широком использовании горизонтального бурения, важным и актуальным является прогнозирование параметров трещинной среды (плотности трещин, их поровой емкости, их направлений, открытости и пр.). Для этого необходимо широкое использование скважинной аппаратуры, позволяющей получать такие оценки трещинной среды вдоль горизонтальных участков стволов скважин, а затем использовать эти данные во множественном регрессионном анализе с сейсмическими атрибутами.

Практический интерес вызвала коммерческая презентация Веры Сергеевны Коротаевой (АО «ГЕОТРОН», г. Пермь) «Адаптация отечественных транспортно-упаковочных комплексов (УКТ) и разработка дополнительного оборудования для работы с ЗРИ при каротаже в процессе бурения».

Особой популярностью пользовался доклад Виктора Павловича Маслянинова (ООО «НТ-Геофизика», г. Москва) «Особенности проведения судебных экспертиз в процессе строительства скважин» и Краснова Григория Владимировича (ООО «ЭЙП Технолоджи» г. Москва) «Методы цифрового представления разреза скважины в системах прогнозного моделирования строительства скважин».

Ахмадеев Айгиз Ахматович (ООО НПФ «АМК ГОРИЗОНТ», г. Октябрьский) в докладе «Результаты промышленных исследований аппаратурой АМК Горизонт в процессе проработки» представил существующий на сегодняшний день комплекс геофизических методов, позволяющий проводить исследования горизонтальных и наклонных скважин в процессе проработки перед спуском хвостовика и ЭК. Описал преимущества данного вида исследований перед исследованием скважин автономной аппаратурой на трубах. Привел результаты опытно-промышленных исследований при различных геологических условиях на месторождениях крупнейших недропользователей страны. Показаны примеры сопоставления данных при ОПИ с данными, полученными различной автономной аппаратурой и аппаратурой на кабеле.

Вехи «Развития комплекса каротажа в процессе бурения ЛУЧ-М» продемонстрировал Никита Константинович Каюров (ООО НППГА «Луч», г. Новосибирск). Он проинформировал, что компания НППГА «Луч» с 2012 года занимается серийным производством систем каротажа в процессе бурения ЛУЧ-М. География работ охватывает практически всю территорию Западно-Сибирской нефтегазоносной области, а также в пределах Прикаспийской нефтегазовой провинции. Были пройдены успешные испытания на объектах таких Компаний как «Сургутнефтегаз», «НК «Роснефть», «Газпром», «Новатэк» и др. В ходе «цикла жизни» системы ЛУЧ-М, проходит постоянное расширение линейки модулей, гибко интегрированных в общий комплекс. В первую очередь, это внедрение азимутальных измерений модулей радиоактивного каротажа – гамма-каротаж (4 сектора) и гамма-гамма плотностной каротаж (16 секторов),



позволяющие проводить как корректировку траектории в процессе бурения, так и структурную интерпретацию и применять методики трехмерной петрофизической интерпретации. Дополняются эти методы уникальным модулем бокового сканирующего каротажа (БКС), позволяющим получать имидж УЭС околоскважинного пространства высокого разрешения (вертикальное разрешение – 30 мм) в диапазоне от 0.5 до 10000 Ом. В комплексе с современными методиками и системами геолого-технологического контроля и газового каротажа, а также моделирования технологических и геомеханических параметров, система каротажа в процессе бурения ЛУЧ-М становится уникальным по своей функциональности инструментом для повышения качества и скорости бурения скважин.

«Метрологическое обеспечение контроля качества аппаратуры радиоактивного каротажа, на примере приборов LWD172-2ННК-ГГКЛП-ЗГК и LWD121-2ННК-ГГКЛП» осветил в своем докладе Андреев Илья Викторович (ООО «НПП ЭНЕРГИЯ» г. Тверь). Было приведено описание метрологического оборудования, используемого для калибровки измеряемых параметров и контроля их градуировочных зависимостей, описана используемая методика калибровки и контроля измеряемых параметров, представлены результаты последних лет. Показаны высокие метрологические характеристики аппаратуры LWD172-2ННК-ГГКЛП-ЗГК и LWD121-2ННК-ГГКЛП радиоактивного каротажа в процессе бурения, обеспечиваемые технологическим уровнем производства и принятой метрологической процедурой калибровки и контроля измеряемых параметров. За пятилетний срок выпуска приборов LWD на базе «НПП ЭНЕРГИЯ» создана метрологическая площадка, позволяющая выполнять диапазон измерений, достаточный для многоступенчатого контроля метрологических характеристик аппаратуры LWD.



Елисеева Елена Михайловна (ООО НПЦ «Геостра», г. Уфа) привела примеры «Анализа эффективности метода газовых флюидных коэффициентов при интерпретации газового каротажа на месторождении республики Башкортостан». В работе были представлены результаты апробации методики газовых флюидных коэффициентов при интерпретации газового каротажа на одном из месторождений Республики Башкортостан. Описан процесс определения наиболее информативных зависимостей при установлении граничных значений коэффициентов для разных типов УВ систем, в частности, «нефть» и «вода», предложен способ сбора статистических данных по результатам геолого-технологических исследований, представлены графики

по скважинам, обнаружены положительные стороны методики и недостатки, которые предлагается минимизировать, прорабатывая данную тему на других месторождениях РФ, а также комплексирова данные зависимости с другими методиками ГТИ и ГИС. Исследования проведены с использованием материалов по ГТИ, ГИС, ИПТ и описания керна. По итогам исследований были установлены наиболее эффективные коэффициенты, позволяющие минимизировать погрешности при определении характера насыщения коллектора исследуемого месторождения. Проведена работа по сравнению значений коэффициентов для каменноугольных отложений на трех площадях месторождения, выдвинуты предложения по дальнейшему применению методики.

С интересом был заслушан доклад представителя братской Сербии Грицюка Андрея Сергеевича (Газпромнефть-НИС (Сербия), г. Нови Сад), который представил геологический обзор деятельности Газпромнефть-НИС (Сербия).

Очень познавательной была информация Валерия Михайловича Лобанкова (УГНТУ, г. Уфа) «О точности измерительных каналов станции геолого-технологических исследований». Как известно, показатели точности измерений отражают качество выполненных измерений. Чем точнее результаты измерений в процессе ГТИ, тем эффективнее управление процессом бурения и строительства нефтегазовых скважин. Одним из путей повышения точности измерительных каналов станции ГТИ является уменьшение их систематической погрешности путем введения поправок к показаниям, обусловленных влиянием влияющих величин. Используемая измерительная техника ГТИ может работать эффективно только при наличии калибровочных функций (КФ), построенных с использованием эталонов, воспроизводящих параметры процесса бурения,

параметры керновых образцов, образцов шлама, промывочных жидкостей и образцов газовых смесей. Наличие КФ каналов обязательно, иначе измерения принципиально невозможны. Если условия измерений близки к нормальным условиям калибровки каналов, то определение и введение температурных поправок не требуется. Значительная часть приборов в составе геологического модуля станции ГТИ работает в нормальных температурных условиях и введение температурной поправки не предусмотрено, но возможно влияние других влияющих величин. Однако значительная часть датчиков ГТИ работает в широком диапазоне температуры воздуха или промывочной жидкости (ПЖ), что вызывает существенные температурные погрешности, соизмеримые с допускаемой основной погрешностью датчика. Приведены примеры и сделаны выводы по результатам детального анализа измерительного процесса ГТИ, а также поиска технических решений повышения точности каналов станции ГТИ на основе разработки новых способов коррекции влияния существенно влияющих величин, включая температуру.

«Опытом разработки и применения роторно-управляемой системы РУС-120-ГТ» поделился Мезенцев Денис Юрьевич (ООО «ГЕРС Технолоджи», г. Тверь).

РУС-120-ГТ является первой отечественной роторной управляемой системой (РУС), прошедшей множественные этапы разработки, производства и практического использования. Была разработана и создана в ООО «ГЕРС Технолоджи» в 2019 году, а коммерческое использование началось в 2022 году. На основании 25 опытно-промысловых испытаний, выполненных в период с 18.09.2021г. по 28.12.2023 г., можно уверенно заявлять о качественном импортозамещении этого высокотехнологичного оборудования, которое до недавнего времени было исключительно импортным. Важно отметить способность к автономной работе РУС-120-ГТ, что позволяет ей функционировать в забойной зоне и выполнять многие задачи без вмешательства оператора, раскрывая некоторые способности искусственного интеллекта.

Никифоров Михаил Витальевич (АО «Институт Геологии и Разработки Горючих Ископаемых» (ИГиРГИ), г. Москва) в докладе «Автоматизация оценки качества данных ГТИ в режиме ON-LINE при сопровождении бурения скважин» проинформировал, что в целях стандартизации требований к технологии выполнения работ по ГТИ в процессе бурения разработан локальный нормативный документ (ЛНД) «Геолого-технологические исследования при сопровождении бурения скважин». Также разработаны алгоритмы определения некачественных и фальсифицированных данных ГТИ. В рамках совместной работы с ООО «РН-БашНИПНефть» удалось реализовать инструменты для оценки качества ГТИ в геомеханическом симуляторе корпоративного программного продукта «РН-Сигма». В результате данной работы произведена и протестирована возможность автоматизации оценки качества данных ГТИ. Также в работе представлены примеры успешной реализации автоматического анализа получаемых данных ГТИ на предмет брака. Таким образом, показана возможность автоматизации процессов интерпретации данных ГТИ, что в свою очередь дает возможность повышения качества и информативности исследований. Дальнейшей целью работы является разработка программного продукта для автоматизации интерпретации данных ГТИ в процессе геонавигации при проводке горизонтальных скважин.

Доклад Теплоухова Артема Владимировича (ООО "ЛУКОЙЛ-Инжиниринг", г. Тюмень) «Оперативная интерпретация данных LWD и ГТИ, повышение достоверности типизации и определения подсчётных параметров в условиях сложнопостроенного продуктивного разреза» был посвящен проблемам интерпретации каротажа в процессе бурения горизонтальных стволов скважин и боковых стволов с горизонтальным окончанием, а именно, применение азимутального гамма-гамма плотностного каротажа для расчётов пористости вдоль ствола скважины и определения характера насыщения проницаемых интервалов. Отмечено, что использование в процессе проводки скважин дополнительных данных, регистрируемых станциями геолого-технологических исследований (ГТИ), позволяет производить своевременную коррекцию траектории и осуществлять более точную интерпретацию разреза. В работе показаны подходы к интерпретации каротажа LWD и ГТИ в процессе бурения горизонтальных и боковых стволов скважин с горизонтальным окончанием, которые позволяют определять подсчётные параметры и производить расчленение разреза с учётом физических свойств терригенных пород Западной Сибири.

Познавательной была работа Филипповой Марии Сергеевны (ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, соавторы Д.В. Фурман, А.З. Карарова, Г.Т. Габдуллина), «Применение каротажа во время бурения в интерпретации ГИС, его особенности и преимущества в современных условиях бурения», в которой рассмотрены основные преимущества использования каротажа во время бурения (LWD) в современных условиях бурения. Представлен анализ качества зарегистрированных геофизических параметров (ГИС) в процессе бурения основных модулей различных производителей в сравнении с традиционными замерами на кабеле. Представлена накопленная статистика качества записи данных ГИС LWD за период 2020-2023 г.г. и сделаны основные выводы целесообразности использования отечественных разработок в рамках импортозамещения. Отмечено, что отечественные разработки систем каротажа во время бурения постепенно заменяют долю импортного оборудования в самом высокотехнологичном сегменте нефтесервисной отрасли. Применение современных приборов LWD позволяют получить качественные записи ГИС в современных условиях бурения, в отличие от традиционных замеров, что способствует получению наиболее достоверных качественных и количественных оценок геофизических и петрофизических свойств пород. Преимуществом LWD при проведении наклонных и горизонтальных скважин является также экономия за счет оптимизации сроков бурения и получение увеличенного дебета за счет захвата большей части коллектора. За последние три года на территории Юганскнефтегаза запись ГИС LWD проведена отечественной аппаратурой более чем в 700 вертикальных скважинах с «хорошим» и «удовлетворительным» качеством, что является показательной положительной статистикой работоспособности российских приборов.



В целом, по результатам работы конференции, можно констатировать, что российский LWD геофизический комплекс может самостоятельно, без привлечения иностранных компаний, решать геолого-геофизические задачи, поставленные нефтедобывающими компаниями.



Организаторы конференции с благодарностью примут отзывы участников об актуальности состоявшейся встречи, пожелания по планированию тематик перспективных совместных мероприятий, во благо развития отечественной геофизики.

*Президент МОО ЕАГО  
М.П. Пасечник*