**Перспективные технологии бурения скважин**

За последние 20 лет средние российские запасы новых нефтяных и газовых месторождений уменьшились в 4 раза, доля крупных месторождений среди вновь открытых снизилась с 15 до 10%, значительно ухудшились коллекторские свойства продуктивных горизонтов и качественный состав насыщающих их флюидов.  
В большинстве регионов ресурсы нефти и газа до глубины 2500-3000 метров уже разведаны и многие из них давно эксплуатируются. Высокая выработанность запасов является неизбежным следствием обводненности углеводородной продукции и снижением дебитов скважин. Именно поэтому применение традиционных для нас технологий не только снижает конкурентоспособность отечественной экономики, но и лишает будущие поколения воспользоваться запасами этого ценнейшего сырья.  
Не только слепо копировать новейшие мировые достижения в технике и технологии бурения, но и создавать собственные высокоэффективные технические и технологические решения - вот ключ к преодолению проблем российской нефтедобычи.  
Проблема наращивания дебита скважин в условиях падающей добычи остро стоит для большинства нефтедобывающих стран мира. Именно поэтому арсенал применяемых техники и технологий повышения нефтеотдачи пластов и ввода в эксплуатацию остаточных запасов нефти постоянно совершенствуется.  
  
 **Что эффективнее?**  
  
Для выявления всех возможных продуктивных пластов лучшими технологиями признаны бурение в условиях гидродинамического равновесия на забое скважины и бурение при депрессии на пласт. Самым эффективным считается метод закачки газа в глинистый раствор от близлежащей работающей скважины. Однако это удается далеко не всегда. Еще одним методом является спуск дополнительной колонны на глубину 400-600 метров и закачка в нее газа, который попадает в колонну кондуктора через перфорированную нижнюю трубу. Существует несколько способов и конструкций, которые дают возможность использовать для этих целей низконапорные компрессоры.  
  
Практически все ведущие фирмы мира подготовлены к такому бурению, но наибольшее распространение бурение на депрессии получило в Северной Америке, где в некоторых районах оно превратилось в доминирующую систему.  
  
Необходимыми элементами такой технологии являются вращающийся превентор, газораспределительная штуцерная батарея, система импульсного слежения за возможностью газового выброса и верхний привод буровой установки. Все скважины оснащены телеметрическими системами измерений. Для реализации технологии бурения на депрессии используются непрерывные насосно-компрессорные трубы (НКТ), как наиболее безопасные и экономичные. Хотя данная технология может



|  |  |
| --- | --- |
| применяться и при использовании обычных бурильных труб. Принимая во внимание, что в настоящее время существуют эффективные методы контроля величины гидростатического давления на забое скважины, значение технологии использования непрерывных НКТ, как фактора, снижающего риск бурения на равновесии, может быть не так велико, как предполагалось ранее. В случаях, когда не требуется глушения скважин, технология бурения с использованием обычных бурильных труб является вполне конкурентоспособной.  Разработка пласта с применением бурения на депрессии ряда боковых ответвлений, присоединенных к основной скважине, является одной из возможных комбинаций в будущем. Технология использования непрерывных НКТ будет играть главную роль как в фазе бурения, так и, что более важно, в стадии заканчивания и ремонта скважин. Широкое признание реальных выгод, получаемых в результате бурения на депрессии, открывает новый рынок для бурения с применением непрерывной НКТ.  В качестве привода долота в технологии бурения с использованием непрерывных труб применяется винтовой забойный двигатель. Перспективным является разработанный в нашей стране электробур, который почти идеально подходит к такой технологии и сопрягается со всеми ее элементами благодаря тому, что его энергетическая характеристика не зависит от типа и качества промывочной жидкости. Кроме того, электробур позволяет регулировать частоту вращения вала с поверхности.   **Горизонтальные скважины**  Подтвержденные извлекаемые запасы нефти в России для их эффективного освоения горизонтальными скважинами составляют около 7 млрд тонн, в том числе по Западной Сибири - около 5 млрд тонн, а освоение шельфовых зон без применения технологий, основанных на методе горизонтального бурения, проблематично. По прогнозам, на ближайшие 10-20 лет они приобретут статус технологий, обеспечивающих экономическую безопасность нашего государства. Лидируя в 1950-1960-х годах в области строительства такого рода скважин, отрасль в последствии сосредоточилась исключительно на таких методах и технологиях повышения продуктивности скважин, как площадное заводнение, химическое воздействие на пласт, освоение только высокопродуктивных залежей и пр. В результате этого наша страна уступила первенство ряду зарубежных стран, которые интенсивно осваивали эту технологию ХХI века во всех точках земного шара и достигли эффекта, качественно превосходящего все известные методы воздействия на продуктивный пласт. Так, дебиты скважин, имеющих горизонтальные окончания большой протяженности, значительно возросли. В результате разрядились сетки эксплуатационных скважин, снизились депрессии на пласт, значительно увеличилось время "безводной" эксплуатации, изменились категории запасов, считавшиеся ранее неизвлекаемыми, которые в настоящее время могут эффективно извлекаться в промышленных масштабах, повысилась эффективность многих устаревших методов воздействия на пласт при их реализации с помощью горизонтальных скважин.  Только в США сегодня ежегодно строят до 1000-1500 таких скважин в год и в ближайшее время могут вообще отказаться от строительства вертикальных скважин в эксплуатационном бурении. Новые технологии, основанные на методе горизонтального бурения, произвели настоящую революцию в практике и теории мировой нефтедобычи, но, к большому сожалению, этот метод у нас пока не нашел должного развития.  Научным работникам, специалистам-практикам для кардинального решения проблемы качественного и эффективного бурения горизонтальных (ГС) и разветвленно-горизонтальных скважин (РГС) прежде всего необходимо обратить внимание на такие направления, как исследование гидродинамики пласта нефтяных и газовых залежей различных типов с целью создания оптимальных систем разработки нефтяных и газовых месторождений; исследование напряженного состояния горных пород, вскрываемых этими скважинами, и механики формирования ствола породоразрушающими инструментами различных типов; разработка системы оптимального управления траекторией глубоких ГС и РГС для различных геологических условий и способов бурения; разработка эффективной технологии бурения, вскрытия пластов и крепления ГС и РГС; разработка специальных буровых и тампонажных растворов с учетом гидродинамических особенностей их работы в этих условиях; создание эффективных технических средств (отклоняющие, стабилизирующие, ориентирующие и измерительные) для бурения ГС и РГС. В настоящее время предложено и опробовано много разработок, основанных на существующей технике, разработана отечественная технология строительства таких скважин, но проблемы, тем не менее, остаются.  Основной тенденцией при бурении горизонтальных скважин в настоящее время является комбинирование профилей с большим и средним радиусом участка искривления в целях наилучшего дренажа коллектора, особенно при морском бурении в Северном море. Бурение скважин малым или средним радиусом с высоким темпом набора кривизны (40-50 на 30 метров) применяется преимущественно при бурении скважин на суше в США, Канаде и в регионе Дальнего Востока. Опыт применения технологии бурения по среднему радиусу на суше в Великобритании также показал ее привлекательность с экономической точки зрения.  Внедрение в практику бурения систем с бескабельным каналом связи явилось мощным стимулом в наращивании объемов бурения скважин с очень большой протяженностью горизонтального интервала. Рядовые скважины имеют протяженность ствола в продуктивном пласте в диапазоне 500-2000 метров. В настоящее время реальностью стал факт бурения скважин, когда на 1 км их вертикальной глубины набирается свыше 6 км горизонтального участка.  Достижения технологии горизонтального бурения сделали возможным разбуривание шельфовых месторождений нефти и газа с берега, без строительства дорогостоящих морских оснований и платформ. Вместе с тем, необходимыми техническими и технологическими элементами такого бурения являются верхний привод, относительно высокие расходы бурового раствора, алюминиевые бурильные трубы, системы измерений в процессе бурения, алмазные и поликристаллические долота, гидравлические забойные двигатели объемного типа с долговечностью 150-300 часов и турбобуры. На участках стабилизации направления скважины бурильная колонна постоянно вращается ротором с частотой 10-20 об/мин, поэтому непременной принадлежностью такого бурения почти всегда являются специальные стабилизаторы и гидравлические толкатели.   **Многоствольное бурение**  Последние достижения в горизонтальном бурении, используемые отдельно или вместе в различных комбинациях, способны совершить революционные преобразования в технологии разработки коллектора многоствольными скважинами.  Под многоствольным бурением понимается бурение ряда ответвлений от горизонтальной или наклонной скважины в целях увеличения зоны дренажа.  Вся необходимая для бурения таких скважин техническая база у ведущих мировых фирм уже имеется. Сервисными компаниями разработан целый ряд систем по бурению ответвлений и присоединения их обсадных колонн к главной скважине.  Такие системы изготавливаются из стандартных труб. В колонне вырезается окно, в котором устанавливается подвижная заслонка. Секция обсадной трубы с окном заворачивается в композитный материал, обеспечивающий герметичность обсадной колонны. Композитный материал легко разбуривается, позволяя без затруднений входить в породу, исключая проблемы, связанные с фрезерованием обсадной колонны. Может быть установлено любое количество окон, что позволяет обеспечить полный контроль системы отбора пластовой жидкости. Система позволяет производить установку и ориентирование отклонителя и доступ в боковые стволы или в участок главной скважины, расположенный ниже. Ориентирование окон относительно друг друга осуществляется с помощью спрямляющего переводника при установке главной обсадной колонны. Для определения взаимного ориентирования окон перед началом установки системы проводится каротаж. Каждый боковой ствол может быть закончен с применением хвостовика или оставлен открытым.  Восстановимое отклоняющее приспособление может быть установлено в любой секции обсадных труб, имеющей окно, давая возможность бурить боковые ответвления в любой последовательности, с последующим использованием в течение времени эксплуатации скважины. После спуска обсадной колонны и установки отклоняющего приспособления в выбранной секции, имеющей окно, используется компоновка направленного бурения для разбуривания композитного материала и зарезки бокового ствола. Хвостовик, спускаемый в боковой ствол (обычно диаметром 88,9 мм), механически присоединяется к основной обсадной колонне. Это присоединение обеспечивает доступ в боковой ствол, при этом внутренний диаметр обсадной колонны основного ствола не изменяется.  Механизм подвижной заслонки используется для жесткого присоединения подвесной муфты хвостовика к главной обсадной колонне. Существующая в настоящее время конструкция системы использует отклоняющее приспособление, обеспечивающее доступ в боковые ответвления в течение всей жизни скважины. Однако в ближайшем будущем предусматривается обеспечить доступ в ответвления путем использования специального переводника в составе компоновки для ремонта скважин, возможно и для случая непрерывной НКТ.  К сожалению, технология многоствольного бурения, которая была разработана ВНИИБТ еще в 1950-х годах, не востребована российскими нефтегазодобывающими предприятиями из-за отсутствия необходимых для реализации такой технологии технических средств. Только сегодня разрабатываются телеметрические системы контроля бурения, винтовые забойные двигатели, долота с высокой стойкостью, системы селективного крепления ствола, эффективные системы буровых растворов.  Сегодня на лицо все предпосылки для широкого распространения технологии многозабойного бурения имеются. И можно с полной уверенностью утверждать, что в наступившем веке эта технология станет основным способом добычи нефти и газа.   **Роторное бурение**  Недостатки управляемых систем бурения с гидравлическими забойными двигателями могут быть значительно сокращены при применении управляемых систем роторного бурения, в которых долото движется по заданной траектории при непрерывном вращении бурильной колонны.  Системы компаний Camco и Baker Hughes INTED используют механизмы автоматической ориентации и управляют траекторией скважины путем приложения бокового усилия к долоту. В системе BHI расширяющийся, не вращающийся стабилизатор обеспечивает статическое боковое усилие, приложенное к стенке скважины, что вызывает противодействующее усилие, приложенное к стабилизатору и долоту. Интенсивность искривления скважины определяется соотношением объемов бокового резания и бурения в прямом направлении. В обеих системах на уровне долота ось вращения долота всегда расположена под углом по отношению к оси скважины. Величина этого угла определяется геометрией инструмента и радиусом кривизны скважины.  Полностью автоматизированные системы были впервые применены на очень дорогостоящих скважинах с большим отклонением забоя от устья, на которых они обеспечили возможность решения задач, недоступных для существующих систем с забойными двигателями. Рекордной является скважина, пробуренная компанией British Petroleum с южного берега Великобритании. При вертикальной глубине скважины около 1500 метров смещение ее забоя составило 10100 метров. Скважина бурилась с использованием систем управляемого роторного бурения компании Camco и непрерывного контроля величины гидростатического давления в скважине.  Не отрицая важность и полезность, а также успехи в области технологии управляемого бурения, следует отметить, что в настоящее время и в обозримом будущем при строительстве подавляющего числа наклонных и горизонтальных скважин в нашей стране будет использоваться традиционная технология направленного бурения.   **Компоновка низа бурильной колонны**  Недостатки обычной технологии направленного бурения определяются низкой надежностью существующих компоновок низа бурильной колонны (КНБК) при выполнении проектных решений.  С начала применения технологии направленного бурения проводятся интенсивные теоретические и экспериментальные исследования, направленные на повышение точности и надежности работы КНБК. Однако показатели качества строительства наклонных скважин со временем не улучшаются. Например, на нефтяных месторождениях Западной Сибири в 1998 году 10% скважин пробурено с отклонением от проектного профиля, из них 8% не попало в круг допуска вообще. При бурении 30% скважин производились работы по корректированию направления ствола с помощью двигателя-отклонителя.  Отсутствие эффективных решений в теории создания компоновок низа бурильной колонны привело к необходимости проектирования профиля ствола скважины по фактическим траекториям, обеспечиваемым техническими средствами, имеющимися в распоряжении буровиков. Это явилось фундаментальной ошибкой, не позволившей добиться существенного повышения качества строительства скважин. При таком подходе параметры проектного профиля ставились в подчиненную зависимость от комплекса факторов, определяющих траекторию скважины, а не от требований эксплуатации и максимальной нефтеотдачи скважины.  Для повышения эффективности традиционной технологии направленного бурения должна применяться система проектирования компоновок низа бурильной колонны, включающая методическое, математическое и интегрированное программное обеспечение. Проектировать искривляющие компоновки с высокой устойчивостью обеспечения проектной траектории позволяют специальные алгоритмы и пакеты программ для ЭВМ.   **Автоматизированный буровой комплекс**  В соответствии с существующей технологией проводку горизонтального интервала ствола скважины непосредственно в продуктивном пласте производят жестко по профилю, рассчитанному до начала бурения. Причем планирование горизонтального ствола осуществляют на основе геологических и геофизических материалов, которые были ранее получены при бурении вертикальных или наклонных скважин. Разработанные на основе такой информации геологические разрезы и структурные карты не соответствуют в части точности глубин и углов падения пластов требованиям технологии горизонтального бурения. Поэтому в проект на бурение горизонтальной скважины вносятся параметры продуктивного пласта, не соответствующие его состоянию на момент бурения.  Существенное повышение эффективности строительства горизонтальных боковых стволов может быть достигнуто за счет оперативного планирования траектории в процессе бурения на основании фактического геологического разреза.  Для реализации такой технологии необходим буровой комплекс, способный автономно или при минимальном вмешательстве оператора осуществлять бурение горизонтального ствола в продуктивном пласте, обходя при этом зоны обводненности и зоны, не содержащие нефть или газ области пласта.  Разрабатываемые управляемые системы роторного бурения могут в автономном режиме осуществлять только целенаправленное изменение зенитного и азимутального углов или производить их стабилизацию при бурении по команде с поверхности. Такие системы управления не позволяют осуществлять автономное бурение из-за отсутствия такого параметра, как "глубина скважины по стволу", параметров проектного профиля и алгоритма сопоставления и корректирования профиля.  В основе проекта по созданию автоматизированного бурового комплекса лежит идея управления двигателем-отклонителем в автоматическом режиме на базе результатов каротажа продуктивного пласта в процессе бурения. Для реализации такой технологии необходим специальный управляемый отклонитель на базе винтового забойного двигателя, способный на забое изменять направление и величину изгиба шпинделя в зависимости от рассчитанной траектории бурения.  Несомненная актуальность и нарастающая потребность в бурении боковых стволов на нефтяных и газовых месторождениях России привела к созданию принципиально новой техники. Так, для ориентирования двигателя-отклонителя в обсадной колонне был разработан гироскопический датчик азимута. Созданы винтовые забойные двигатели типа "ДГ" диаметром 95 мм и 108 мм с технологической оснасткой, включающей искривленные переводники, центраторы, децентраторы, переливной клапан и корпусные шарниры. Для контроля положения отклонителя была создана малогабаритная телеметрическая система "ЭТО" с проводным каналом связи и извлекаемым забойным модулем диаметром 36 мм. Еще в 1992 году впервые в Западной Сибири на Уренгойском газоконденсатном месторождении из эксплуатационной колонны диаметром 168 мм был пробурен горизонтальный ствол, длина которого в продуктивном пласте составляла 127 метров. В последующем с использованием усовершенствованного многофункционального технологического комплекса осуществлено строительство первых боковых стволов скважин на шельфовых месторождениях Белый Тигр (Вьетнам) и Штормовое (Черное море - Украина).   **Приоритетные направления ГС и РГС**  Приоритетными направлениями научно-технического прогресса в области разработки нефтегазовых месторождений горизонтальными и разветвленно-горизонтальными скважинами являются:   * проходка стволов горизонтальных и разветвленно-горизонтальных скважин с целью резкого повышения нефтеотдачи пластов углеводородных месторождений; * бурение новых стволов (наклонных или горизонтальных) из бездействующих скважин с целью ввода в эксплуатацию с новым, повышенным дебитом, по сравнению с первоначальным, простаивающих нефтедобывающих объектов; * ввод в эксплуатацию остаточных запасов нефти (свыше 60% от добытых) с целью реанимации месторождений, находящихся в поздней стадии добычи углеводородов при высокой обводненности добываемой нефти; * разобщение пластов при креплении горизонтальных, разветвленно-горизонтальных и наклонных скважин с целью улучшения нефтеотдачи пластов.   **Ближайшие перспективы**  В настоящее время в России на многие технологические вопросы ответы уже есть. Предложено много реальных разработок, реализация которых поможет:   * спроектировать комплекс автоматизированных управляемых КНБК для проводки горизонтальных скважин (ГС) и разветвленно-горизонтальных (РГС) роторным способом; * приступить к разработке надежных гироскопических инклинометрических комплексов в двух вариантах: для измерения при бурении ГС и РГС и при восстановлении бездействующих скважин с помощью направленного бурения; * создать модели различных систем передачи информации с забоя на поверхность, а также банки данных для компьютеров по следующим направлениям: компьютерное обслуживание направленного бурения, геофизическое обслуживание, обработка и интерпретация информации; * для обеспечения целостности ствола скважины предусмотреть реализацию гидравлической программы, включающей в себя определение расхода и реологических свойств бурового раствора, обеспечивающих вынос разбуриваемой породы, соблюдение структурного режима течения в кольцевом пространстве, строго определенного дифференциального давления, а также обеспечить такой технологический режим, при котором отсутствовало бы нежелательное "дюнообразование" на нижней стенке скважины; * обосновать расчетную схему деформации приствольной области ГС, учитывающей условия залегания продуктивного пласта, физико-механические свойства пород, слагающих стенки скважины, зенитные углы и азимутальные отклонения стволов скважин, протяженность горизонтальной части ствола, а также создание приемлемой для практики методики определения величины напряжений вокруг ствола скважины; * разработать и создать бурильную колонну с пониженным сопротивлением продвижению ее элементов в искривленных скважинах, и особенно в горизонтальной части; * разработать нетрадиционный безлюдный способ бурения ГС с помощью погружных роботизированных аппаратов (буророботов). | |
| |  | | --- | | **ЧТО ТАКОЕ ВЕРХНИЙ ПРИВОД** |   Система верхнего привода (СВП) предназначена для быстрой и безаварийной проводки вертикальных, наклонно направленных и горизонтальных скважин при бурении.  Верхний привод совмещает функции вертлюга и ротора и оснащается комплексом устройств для работы с бурильными трубами при выполнении спуско-подъемных операций.  Наличие устройств для работы с трубами отличает верхний привод от силовых вертлюгов, которые применяются при капитальном ремонте.  Основные преимущества применения СВП:   * экономия времени в процессе наращивания труб при бурении; * уменьшение вероятности прихватов бурового инструмента; * расширение (проработка) ствола скважины при спуске и подъеме инструмента; * повышение точности проводки скважин при направленном бурении; * повышение безопасности буровой бригады; * снижение вероятности выброса флюида из скважины через бурильную колонну; * облегчение спуска обсадных труб в зонах осложнений за счет вращения и промывки; * повышение качества керна.   СВП является принципиально новым типом бурового оборудования, обеспечивающим выполнение целого ряда технологических операций и позволяющим осуществлять процесс бурения на качественно новом уровне. |  | |

