

10. Кузнецов В.А. Исследования в области механической прививки полимеров на поверхности твердых минеральных тел при их разрушении: Дис. ... канд. хим. наук. – М., 1977. – 112 с.
11. Адамчевский И. Электрическая проводимость жидких диэлектриков / Под ред. Г.С. Кучинского. – Л.: Энергия, 1972. – 295 с.
12. Китайгородский И.И., Копытов Л.Н. Влияние среды на возникновение и развитие поверхностных микрощелей деформируемого стекла // Доклады АН СССР. – 1963. – Т.149, N 3. – С.580–582.
13. Асланова М.С. Современные воззрения на прочность стеклянного волокна. – М.: ВИНТИ. – 1965. – 32 с.
14. Урусовская А.А. Электрические эффекты, связанные с пластической деформацией ионных кристаллов // УФН. – 1968. – Т.96. – С.39–60.
15. Marsh D. Plastic flow and fracture of glass / Proc. Roy. Soc. (London), ser. A. - 1964. – Vol. 282, N 1388. – P. 33-49.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА ИДЕАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ**

**А.В. Епихин**

*Национальный исследовательский Томский политехнический  
университет, г. Томск, Россия*

### *Тенденции и проблемы развития строительства скважин*

Согласно данным «BP Statistical Review of World Energy 2013» в динамике добычи нефти, газа, угля и других полезных имеет место устойчивый восходящий тренд [1]. Не смотря на интерес мирового сообщества к альтернативным источникам энергии, можно утверждать, что традиционные энергоресурсы будут актуальны и востребованы ближайшие несколько десятилетий. Периодические экономические катаклизмы не оказывают существенного влияния на общемировые тенденции. Например, среднегодовые темпы прироста добычи нефти за период с 1970 по 2012 гг. составили 1,7% [1].

По предположениям Геологической службы США (USGS) можно прогнозировать, что в ближайшее время совокупные объемы добычи традиционных энергоресурсов будут оставаться на высоком уровне [2-3].

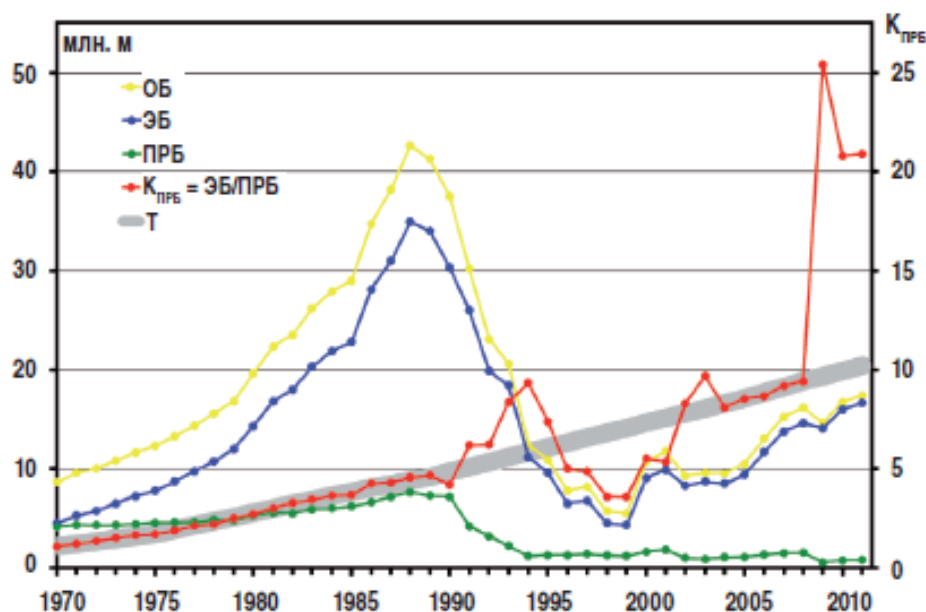
В Российской Федерации тенденции в добыче полезных ископаемых аналогичны мировым за исключением периода застоя 90-х годов [1]. Начиная с 2000-х годов, объемы добычи полезных ископаемых неуклонно растут, увеличиваются и объемы бурения. Для отечественного добывающего сектора традиционным является низкий коэффициент извлечения полезных ископаемых, который требует постоянного освоения и ввода в эксплуатацию новых месторождений. Это приводит к стабильному росту фонда скважин.

Согласно статистическим данным (рис. 1), в России после кризиса буровой отрасли в 90-х годах начался планомерный рост объемов эксплуатационного бурения, среднегодовой показатель которого приближается к 20 млн. метров. Не менее активно развиваются горизонтальное и горизонтально-направленное бурение, зарезка боковых стволов и других способов повышения эффективности добычи и восстановления бездействующих скважин [3].

Поисково-разведочное и геологоразведочное бурение пока находится в состоянии затяжного кризиса. Это обосновано тем, что до последнего времени добывающая промышленность пользовалась базисом месторождений, разведанных еще в советское время, когда объемы поисково-разведочного бурения приближались к отметке в 10 млн. м в год [4].

Для современного бурения скважин закономерными являются:

- увеличение объемов бурения скважин с горизонтальными участками ствола [3];
- увеличение средней глубины скважин: за последние 15 лет средняя глубина скважин возросла на 100–500 м в зависимости от области применения [5];
- рост средней протяженности скважин по стволу [5].



**Рис. 1. Характеристика роста объемов бурения в России: ОБ – общий объем бурения; ЭБ – объем эксплуатационного бурения; ПРБ – объем поисково-разведочного бурения;  $K_{ПРБ}$  – коэффициент соотношения объемов эксплуатационного и поисково-разведочного бурения; Т – линия тренда [3]**

Анализ тенденций развития буровой отрасли по представленным статистическим данным [1-5], позволяет сделать предположение об исключительной важности развития техники и технологии бурения, которые позволят обеспечить качественную проводку спроектированного ствола в кратчайшие сроки. Для решения задачи проводки наклонно-направленной скважины большой протяженности в сложных горно-геологических условиях особенно актуальным становится развитие систем интеллектуального контроля и управления процессом бурения. Большинство подобных систем основано на совместной работе станций контроля управления бурением и забойных телеметрических систем.

Несмотря на серьезные достижения в данной области известных научно-исследовательских и промышленных компаний (Baker Hughes,

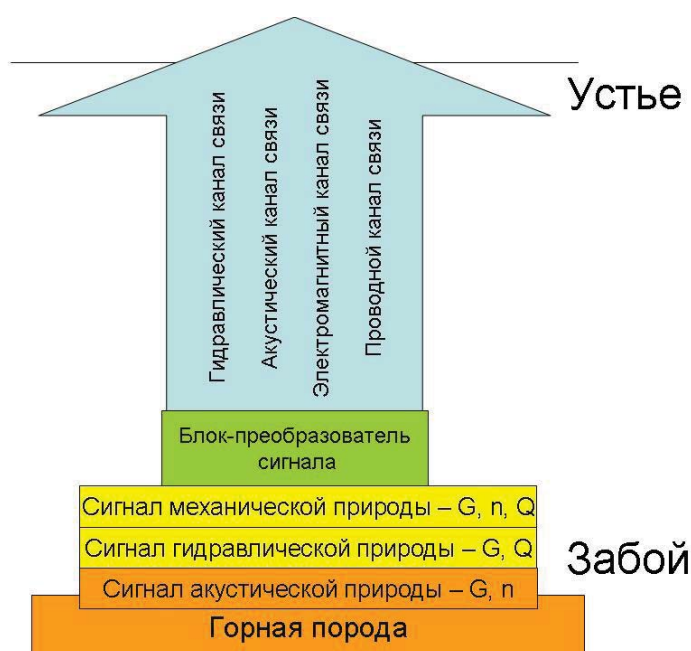
Hallyburton, Schlumberger, ООО «Геофит», ООО «Битас» и др.), остается актуальным и востребованным проведение инновационных исследований в области поиска новых забойных источников информации и альтернативных существующим каналам передачи данных на поверхность. Научные достижения в этом направлении повысят конкуренцию на рынке телеметрического сопровождения скважин и позволят достичь нового уровня качества получаемой информации.

### ***Концептуальная схема современной телеметрической системы***

Оценка перспектив развития телеметрических систем в бурении логичнее определять не сравнением существующих разработок, а представлением ее в виде концептуальной технической системы. Под термином «технической системы» понимается материальный объект искусственного происхождения, состоящий из элементов, объединенных связями и вступающих в определенные отношения с внешней средой, чтобы осуществить определенный процесс и выполнить рабочие функции [6].

Для удобства представления и описания на первом этапе проектирования разработана графическая интерпретация современной телеметрической системы, которая представлена на рис. 2. Современная телеметрическая система выполняет следующие функции: регистрирует информацию о процессе бурения (геологическую, технологическую, техническую) на забое, а затем ее передает на поверхность. Обычно сюда еще включают обработку и дешифрование на поверхности информации и осуществление обратной связи. В рамках представленной схемы рассматривается исключительно «подземная» часть системы, поскольку она определяет процесс регистрации и передачи информации.

Первой частью системы является физическая среда или процесс, с помощью которого производится регистрация забойных параметров и характеристик. Для регистрации параметров режима бурения в забойных условиях чаще всего используют сигналы различной природы: механическая, акустическая, гидравлическая. Из них только акустическая передает информацию в виде обратной связи с границы раздела «долото – горная порода» (в виде отклика горной породы на внешнее воздействие).



**Рис. 2. Концептуальная схема телеметрической системы:  $G$  – осевая нагрузка,  $n$  – частота вращения инструмента,  $Q$  – интенсивности промывки; цветами обозначены переходы связанные со сменой природы сигнала**

Второй частью телеметрической системы в виде технической системы является блок преобразования сигнала. Зарегистрированный первичными датчиками сигнал преобразуется в данном блоке в кодовый полезный сигнал, передаваемый по каналу связи «забой-устье» и распознаваемый на поверхности. Состав и особенности эксплуатации преобразующего блока зависят от совокупности факторов: количество и

тип измеряемых параметров, среда, в которой проходит регистрация (акустическая, гидравлическая, механическая), способ передачи информации на поверхность.

Третьей частью технической системы является канал связи «забой-устье». Это самая крупная часть системы, выполняющая одну из ключевых задач, обеспечивая достаточное качество сигнала, получаемого на поверхности. Способы передачи информации на устье можно выбрать через классификационный признак «среда передачи данных»:

- инородное тело, что чаще всего характерно для проводных каналов, основанных на использовании кабеля;
- поток промывочной жидкости;
- колонна бурильных труб;
- горная порода (стенки скважины).

#### ***Концептуальная схема «идеальной» телеметрической системы***

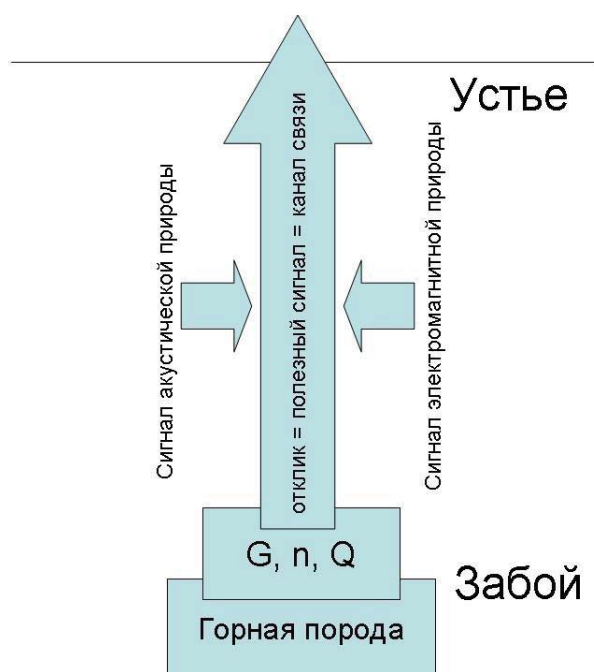
Задачей исследования является оценка возможных путей развития телеметрии в бурении как технической системы. Выход на новый технический уровень обеспечит совершенствование качества получаемой информации, снижение затрат и частичную автоматизацию процесса бурения. Для решения поставленной задачи предложено использовать подход, основанный на выборе метода устранения технических противоречий. Для этого необходимо сформулировать технические противоречия, определяющие проблему, которая не позволяет развиваться технической системе [7-8].

Анализ схемы, представленной на рис. 2, позволяет выделить следующие противоречия [7-8]:

- разрушается горная порода, но не налажено получение от нее обратной связи (за исключением акустического канала связи);

- необходимо получить сигнал максимального качества, но в составе системы имеются как минимум две переходные ступени, на которых возможно его искажение (переходы «физическая среда – блок преобразования», «блок преобразования – канал связи «забой-устье»).

Для выбора метода устранения данных противоречий сформулировано идеальное техническое решение: информация о параметрах режима бурения должна сама поступать на поверхность. Из методов устранения технических противоречий были выбраны: принцип объединения и принцип универсальности.



**Рис. 3. Концептуальная схема идеальной телеметрической системы:**  
 **$G$  – осевая нагрузка,  $n$  – частота вращения инструмента,  $Q$  – интенсивность промывки**

Таким образом, идеализированная телеметрическая система должна быть представлена концептуально схемой, приведенной на рис.3., согласно которой взаимодействие долота и горной породы является генератором полезного сигнала, а канал передачи «забой-устье» обладает сходной природой. Учитывая, что идеализированная

схема в реальных условиях бурения не исполнима, предполагается возможность установки в составе бурильной колонны одного или нескольких усиливающих блоков, но характер усиления сохраняет природу и тип сигнала.

Согласно представленной на рис. 3 схеме на настоящий момент имеют место два варианта сигналов, которые можно зарегистрировать как отклик горной породы на воздействие долота и затем передать на поверхность: акустический и электромагнитный. На основе анализа научно-технических работ в области функционирования телеметрических систем сделан вывод о возможности применения акустической среды как источника сигнала о процессе бурения, а также как канала передачи «устье-забой» [9-13]. При наличии сигналов электромагнитной природы – в бурении практически подтверждена возможность использования их как информационного канала связи [14-15].

Приведенный выше анализ позволяет сделать следующие выводы:

- увеличение объемов бурения требует вовлечения в разработку месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, а, следовательно, применения более совершенных и качественных технологий;
- рост средней глубины скважин, усложнение их трасс, увеличение объемов горизонтального бурения требуют высококачественного телеметрического сопровождения процесса бурения и зачастую выявляют несовершенства функционирования телеметрических систем в осложненных условиях бурения;
- перспективным направлением развития буровой науки является – исследование новых возможностей телеметрического



сопровождения процесса бурения, отвечающих современным требованиям промышленности;

- основной проблемой современных телеметрических систем при регистрации параметров режима бурения является их системная раздробленность (техническая система представлена в виде трех блоков), основанная на том, что полезный сигнал передается к поверхности не в «базовом» виде, а кратно преобразованный;

- будущее телеметрическое сопровождение процесса бурения должно быть за телеметрическими системами, работающими по принципу: «отклик горной породы на разрушение – сигнал акустической/электромагнитной природы = канал связи «забой-устье».

#### Литература

1. Добыча нефти [Электронный ресурс]// Все о нефти. Информационный сайт. Режим доступа: <http://vseonefti.ru/upstream/>.
2. Нигматулин Р.И., Нигматулин Б.И. Нефть, газ, энергия, мир, Россия: состояние и перспективы [Электронный ресурс]//ProАтом. Информационный сайт. – 2006. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/>.
3. Горизонтальное бурение RPI [Электронный ресурс]//Rogtec. Russianoil&gastechologies. Информационный сайт. – 2014. Режим доступа: <http://www.rogtecmagazine.com>.
4. Богоявленский В.И. Достижения и проблемы геологоразведки и ТЭК России // *Бурение и нефть*. – 2013. - №3. – С. 3-7.
5. Коржубаев, А.Г. Технологическое развитие нефтегазового комплекса России: проблемы, условия, перспективы / А.Г.Коржубаев // *Бурение и нефть*. – 2011. – №3. – С. 13-17.
6. Альтшуллер, Г.С. О законах развития технических систем/ Г.С. Альтшуллер. Баку. – 1977. – 15 с.; Альтшуллер, Г.С. Типовые приемы устранения технических противоречий [Электронный ресурс]// Альтшуллер Генрих Саулович. Информационный сайт. – 1973. Режим доступа: <http://www.altshuller.ru/triz/technique1.asp>.
7. Альтшуллер, Г.С. Типовые приемы устранения технических противоречий [Электронный ресурс]// Альтшуллер Генрих Саулович. Информационный сайт. – 1973. Режим доступа: <http://www.altshuller.ru/triz/technique1.asp>.
8. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач//Г.С. Альтшуллер.- 3-е изд., доп. - Петрозаводск: Скандинавия. – 2003. - 240 с.
9. Дозоров, Т.А., Кутузов, Б.Н. Исследование спектров колебаний, возникающих в процессе шарошечного бурения/ Т.А. Дроздов, Б.Н. Кутузов//Автоматизация и телемеханизация в нефтяной промышленности. – 1975. – №7. – С.19-23.

10. Шатров, Б.Б., Авдеев, С.А., Андреев, О.С., Рудакова, Н.П., Стрыгин, Д.М. Исследование геологического разреза по акустическим частотным спектрам горных пород в процессе бурения/Б.Б. Шатров, С.А. Авдеев, О.С. Андреев, Н.П. Рудакова, Д.М. Стрыгин//Разработка и совершенствование методов и средств оптимизации алмазного бурения. Л., ВИТР – 1998. – С.72-79.
11. Рукавицын, В.Н., Кузнецов, О.Л., Васильев, Ю.С. Геоакустический метод исследования скважин в процессе бурения/В.Н. Рукавицын, О.Л. Кузнецов, Ю.С. Васильев//Труды ВНИИЯГГ. – Вып. 21. – 1975. С.82-97.
12. Первые результаты определения координат забоя скважин геоакустическим методом// В.Н. Рукавицын, О.Л. Кузнецов, Я.А. Гельфатат и др. – Известия вузов. Сер. Геология и разведка. – 1975. – №6. – С.129-134.
13. Кузнецов, О.Л., Мигунов, Н.И. К определению местоположения забоя скважины по данным наземных геоакустических наблюдений./О.Л. Кузнецов, Н.И. Мигунов// В кн.: Геоакустические исследования в скважинах. М., ОНТИ ВНИИЯГГ. –1974.
14. Кривошеев, В.В., Нейштетер, И.А., Ларин, А.А. Исследование процесса разрушения анизотропных пород при алмазном бурении с использованием метода регистрации электромагнитной эмиссии / В.В.Кривошеев, И.А.Нейштетер, А.А.Ларин //Т.304. – Вып.1. – 2001. – 2001. – С.289-306.
15. Петухов М.В. Импульсные токи с забоя скважины – источник информации о разрушаемых горных породах / М.В.Петухов // Проблемы геологии и освоения недр: труды X Межд. симпоз. им. акад. М.А.Усова студент. и молод. учёных, Томск, 2007, т.2.- С.137-142.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ЗАБУРИВАНИЯ БОКОВЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТВОЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЙЛИСУ IV-ВОСТОЧНЫЙ ИЗБАСКЕНТ**

**Н.А. Калдыбаев, Н.А. Талиев**

*Ошский технологический университет, АО «Кыргызнефтегаз», г.  
Ош, Кыргызстан*

Анализ показателей разработки месторождения, выработки запасов и состояния фонда скважин, эксплуатируемых АО «Кыргызнефтегаз» указывает на необходимость использования современных технологий разработки системой горизонтальных скважин, что позволит существенно улучшить технологические показатели. Наиболее перспективным следует считать зарезку боковых горизонтальных стволов из нерентабельного и простаивающего по разным причинам фонда скважин. Эти мероприятия позволят