

УДК 550.847

А.М. Бойко

Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва

РАЗРАБОТКА ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРИБОРА НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА С АППАРАТУРОЙ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ОСТАНОВКИ РЕАКЦИИ СИНТЕЗА

В данной статье рассматривается разработка NeoTron, которая направлена на модернизацию источника реакции для геофизических исследований скважин. Идея разработки заключается в наличии в приборе аппаратуры, которая будет способна инициировать и останавливать синтез нейтронов.

Ключевые слова: бурение; каротаж; экология; нейтронный источник.

A.M. Boiko

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting (MGRI),
Moscow

DEVELOPMENT OF A GEOPHYSICAL NEUTRON LOGGING DEVICE WITH EQUIPMENT FOR EXCITATION AND STOPPING OF THE SYNTHESIS REACTION

This article discusses the development of Neutron, which is aimed at upgrading the source of the reaction during the well logging. The main idea is to include in an equipment in the device that will be able to initiate and stop the synthesis of neutrons.

Key words: drilling; logging; ecology; neutron source.

Цель: усовершенствование производственной технологии – источника нейтронов модуля, который определяет степень пористости пласта, контролирующего то радиоактивное излучение, необходимое для измерения пористости пласта горной породы, являющейся коллектором флюидов нефти.

Данная разработка позволит избежать опасных ситуаций при использовании источника, его транспортировке и при его утрате в скважине.

Назначение научно-технического продукта состоит в том, что источник в данной конструкции исследует и передает информацию об уровне пористости пласта, после процесса бурения гидравлическими забойными двигателями и передачи информации материнской телесистеме, с применением контролируемого радиоактивного излучения.

При исследовании скважин существует множество самых разнообразных проблем: смятие, разрывы, обрывы или поломки вследствие скручивания труб, буровые долота могут разбиваться, замковые соединения могут отвинчиваться от колонны труб и сами трубы могут часто застревать в скважине. Последнее – самый распространенный вид аварии во время ГИС.

Наличие радиоактивных химических источников случае аварии создает опаснейшую ситуацию – радиоактивное захоронение. Также необходимо использование защитного корпуса в любое время при загрузке и разгрузке источника. Создается угроза для здоровья работников, находящихся в непосредственной близости к источнику излучения [7].

Буровые компании на постоянной основе несут огромные убытки по причине прихвата бурильного инструмента:

- Трата времени на его ликвидацию;
- Потеря части бурильной колонны;
- Необходимость бурения бокового в обход, оставленного в скважине;
- Потеря скважины.

В нейтронном каротаже есть три процесса, представляющие интерес: эмиссия нейтронов, рассеяние нейтронов и поглощение нейтронов. Нейтронный инструмент испускает нейтроны высокой энергии (4,5 МэВ) из радиоактивного источника. Они движутся очень быстро, и их энергия связана с их скоростью. Они называются быстрыми нейтронами. Источники нейтронов, используемые в каротаже, представляют собой смесь двух элементов (i) источника альфа-излучения, такого как радий, плутоний или америций, и (ii) бериллия-9. Альфа-частицы из радия, плутония или америция взаимодействуют с бериллием-9 в атомной реакции, которая производит углерод-12, быстрый нейтрон и гамма-лучи. Быстрые нейтроны взаимодействуют с ядрами атомов внутри образования. Взаимодействие представляет собой форму упругого рассеяния с участием нейтрально заряженного нейтрона и неподвижного положительно заряженного ядра. При каждом взаимодействии (столкновении) нейтрон теряет некоторую энергию и замедляется, а ядро атома в формирующемся материале приобретает энергию. Такие столкновения происходят с ядрами ВСЕХ элементов. Однако процесс передачи энергии (то есть потери энергии от нейтрона) наиболее эффективен, когда массы нейтрона и ядра одинаковы и становятся гораздо менее эффективными, когда ядра формирующего материала более массивны, чем нейтрон. Нейтрон имеет примерно ту же массу, что и ядра водорода (самый легкий элемент). Следовательно, нейтроны теряют энергию за счет упругого рассеяния наиболее эффективно при взаимодействии с ядрами водорода и гораздо менее эффективно при взаимодействии с более массивными ядрами, такими как кремний или кислород.

Первоначально быстрые нейтроны ($>0,5$ МэВ) быстро теряют свою энергию и становятся медленнее, проходя через стадии, называемые промежуточными нейтронами (102 – 105 эВ), эпитепральные нейтроны (от 0,1 до 100 эВ) и, наконец, тепловые нейтроны ($<0,1$ эВ). В твердых материалах, содержащих умеренное количество элементов с низкой атомной массой, этот процесс может происходить очень быстро для данного нейтрона (порядка микросекунд). Однако время, необходимое для замедления до заданной энергии, будет варьироваться от нейтрона к нейтрону в зависимости от случайных столкновений с ядрами. Тепловые нейтроны называются так потому, что они имеют энергии, являющиеся теми, которые частица имеет в

результате ее существования при комнатной температуре. Другими словами, они имеют только малые энергии, связанные со случайным кинетическим движением, связанным с комнатной температурой. Когда нейтроны достигают эпитептермальной или тепловой энергии, столкновения происходят гораздо реже, потому что нейтроны движутся от ядра к ядру гораздо медленнее. В течение нескольких микросекунд после воздействия источника быстрых нейтронов образование замедляет поступление нейтронов до эпитептермального и теплового уровней, и облако этих тепловых нейтронов существует в образовании, окружающем источник. Столкновения продолжаются, что приводит к незначительным дальнейшим потерям энергии и медленной диффузии тепловых нейтронов из зоны вокруг детектора. Во время этого процесса нейтроны поглощаются ядрами образования. Тепловые (и в некоторой степени эпитептермальные) нейтроны могут поглощаться ядрами образующихся атомов. Эффективность поглощения нейтронов варьируется от элемента к элементу. Единственными элементами, которые проявляют значительное поглощение нейтронов и существуют в разумных количествах в горных породах, являются водород и хлор. В нейтронном каротаже детекторы измеряют эпитептермальные нейтроны, некоторые тепловые нейтроны и некоторые гамма-лучи, испускаемые при поглощении нейтрона.

Чем меньше тепловых нейтронов возвращается в детектор, тем большее количество водорода находится в горной породе. Чем выше водородный индекс, тем выше пористость [1,2,5].

На рисунке 1 представлено схематическое изображение комплекса NeoTron. Цель разработки NeoTron — это постоянный контроль над процессом излучения нейтронов. Вылетевшая из америция альфа-частица попадает в бериллий, и он превращается в радиоактивный углерод, который избавляется от лишнего нейтрона. Таким образом на каждый миллион альфа-частиц, вылетевших из америция, получается всего 30 нейтронов. Свободные нейтроны не возникают естественным путем. Они образуются при бомбардировке атомов бериллия альфа-частицами из распадающегося америция, что делает источник опасным для человека и окружающей среды.

NeoTron производит в 10 раз больше нейтронов при втрое большей энергии химического источника.

Основные технические характеристики:

- Герметичный корпус высокого давления содержит 55 ГБК трития;
- Под давлением газа SF₆ для предотвращения образования высоковольтной дуги;
- Генерирует ~10⁸ нейтронов при ~ 14 МэВ.

Данное устройство позволяет минимизировать негативное воздействие на экологическую обстановку. Основные преимущества NeoTron – радиационная безопасность, высокое качество материала, отсутствие химического источника нейтронов, наличие импульсного режима работы нейтронного генератора, извлекаемый источник гамма-квантов [3,4,6].

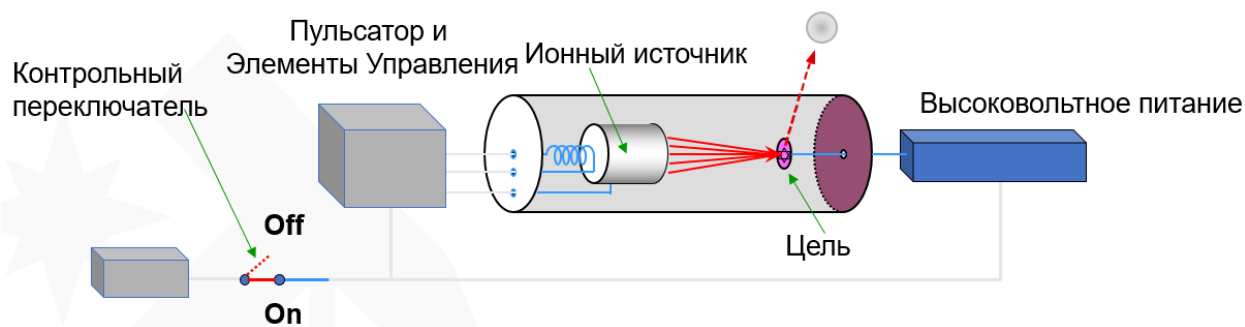


Рисунок 1 Схематичное изображение комплекса NeoTron

На российском рынке не представлено ни одного вида прибора, имеющего функцию отключения питания, ведь при потере радиоактивного элемента конструкции радиоактивное загрязнение будет катастрофическим и отравлять окружающую среду на протяжении 500-600 лет. Данная доработка прибора избавит буровые компании от штрафов и административной ответственности. К тому же, с финансовой точки зрения, механизм не является сложным и, соответственно, дорогостоящим, но значительно облегчит эксплуатацию. Необходимость использования прибора доказана многочисленными исследованиями.

Список литературы

1. Арцыбашев В. А., Ядерно-геофизическая разведка, М., 1972;
2. Косков В. Н. Определение пористости карбонатных коллекторов по данным нейтронного каротажа // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. №4 (25).
3. Машкин К.А., Рыскаль О.Е., Коротченко А.Г., Гайнетдинов Р.Г., Глухов В.Л., Огнев А.Н., Шабиев И.Х. Расширение области применения ядерно-геофизических методов в сложных геолого-технических условиях // Каротажник. 2012. № 4. С. 19-28;
4. Метрологическое обеспечение аппаратуры импульсного нейтронного каротажа при работе с каротажным кабелем длиной до 6 км. - В сб. "Разведочная геофизика", вып.107, 1988, с.134-140.
5. Основы импульсного нейтрон-нейтронного каротажа, М., 1965;
6. Филиппов Е. М., Прикладная ядерная геофизика, М., 1973;
7. Черепанов В.В., Ахмедсафин С.К., Кирсанов С.А., Егурцов С.А., Иванов Ю.В., Лысенков А.И., Меркулов А.В. Применение технологий нейтронного каротажа скважин при разработке нефтегазоконденсатных месторождений. Состояние и перспективы развития // Газовая промышленность. 2019. №S1 (782).

Сведения об авторах

Бойко Анна Максимовна – студент первого курса Гидрогеологического факультета, кафедры Гидрогеологии и инженерной геологии ФГБОУ ВО

"Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе", г. Москва, email: annetaboyko0@gmail.com

About the authors

Boiko Anna Maksimovna – student of the Hydrogeological faculty, Department of Hydrogeology and engineering Geology of the FSEI HPE «Sergo Ordzhonikidze Russian state geological exploration University», Moscow, email: annetaboyko0@gmail.com