

Метрологическое обеспечение геофизических исследований: состояние, проблемы, решения

А.М. Блюменцев, В.П. Цирульников (ФГУП ГНЦ РФ ВНИИгеосистем),
В.С. Симанов, С.А. Федотов (ФГУП ВНИИгеофизика), Н.Г. Козыряцкий
(ОАО «Нефтегазгеофизика»), О.В. Горбатюк (ОАО «Газпромгеофизика»), Москва

Геофизические исследования относятся к числу наиболее эффективных информационно-измерительных технологий, сопровождающих все стадии геологоразведочных работ (ГРР) и предназначенных для изучения глубинного строения Земли, поиска, разведки, освоения и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, мониторинга геологической среды, решения инженерно-геологических, геоэкологических, технологических и технических задач.

По результатам геофизических исследований изучаются условия залегания геологических объектов, физические свойства и состав пород, их слагающих, разнообразные естественные и техногенные процессы, протекающие в недрах. Информация, получаемая в ходе геофизических исследований, широко используется при подсчете начальных и текущих запасов полезных ископаемых, проектировании и контроле разработки месторождений полезных ископаемых.

В последнее время в разведку и освоение вовлекаются месторождения сложного строения, залегающие на больших глубинах, вновь осваиваются месторождения, считавшиеся выработанными или неперспективными.

Указанное обстоятельство предъявляет повышенные требования к точности и достоверности геофизической информации, побуждает развивать новые методы и модификации геофизических исследований, разрабатывать и совершенствовать сложные технические средства для их реализации и, что особенно актуально в настоящее время, создавать и внедрять новые прогрессивные технологии геофизических исследований. При этом совершенно очевидно, что ценность геофизической информации находится в прямой зависимости от ее качества, и в первую очередь от ее достоверности и показателей точности.

В целом геофизические исследования можно определить, как технологический процесс получения количественной информации о геологических объектах в условиях их естественного залегания, реализуемый путем совместного использования технических средств измерений (геофизической аппаратуры), а также методического, алгоритмического и метрологического обеспечения.

Предметом исследования при геофизических исследованиях является геологический объект, характеризующийся определенными физическими свойствами, вещественным составом и пространственными координатами и описываемый конкретной геологической и петрофизической моделью. Конечной целью геофизических измерений является получение количественных оценок параметров этих моделей (физических, вещественных, геометрических), однозначно определяющих место изучаемого геологического объекта в принятой системе классификации объектов недропользования. Подобные измерения, в отличие от традиционных измерений отдельных физических величин, принято называть системными [1, 2]. Технологическим средством, реализующим системные измерения, является специальный вид средств измерений – информационно-измерительные системы (ИИС).

Информационно-измерительные системы – это совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных и других вспомогательных технических средств для получения измерительной информации, ее преобразования, передачи, хранения и обработки

с целью представления потребителю (в том числе ввода в АСУ) в требуемом виде, либо автоматического осуществления логических функций, контроля, диагностики, идентификации [3, 4].

Применительно к задачам и технологиям геофизических исследований ИИС ГИ в самом общем виде должна включать в себя [3] средства сбора информации (первичные измерительные преобразователи скважинная геофизическая аппаратура), средства передачи информации (телеметрическую систему), средства преобразования и обработки измерительной информации (аналоговые и аналогово-цифровые преобразователи, вычислительные модули, алгоритмическое и программное обеспечение), средства сбора и хранения информации, вспомогательные методические и технические средства, обеспечивающие функционирование ИИС (средства метрологического, математического и информационного обеспечения).

Качество геофизической информации, получаемой в процессе реализации геофизических исследований, определяется в первую очередь свойствами и состоянием основных функциональных элементов геофизических ИИС, которые должны контролироваться системой метрологического обеспечения геофизических исследований (МО ГИ).

Система МО ГИ представляет собой комплекс технических, методических, нормативных и организационных средств, обеспечивающих единство, достоверность и требуемую точность результатов измерений и охватывающих все модули ИИС ГИ и все стадии их функционирования.

Системный подход к метрологическому обеспечению ГИ должен включать следующие этапы:

- выбор параметров исследуемой геологической модели, измеряемых при геофизических исследованиях;
- выбор оптимальных единиц измерений и разработку исходных эталонов измеряемых величин;
- выбор и обоснование нормируемых метрологических характеристик геофизической аппаратуры и обрабатывающих геофизических программ;
- разработку поверочных схем, определяющих систему передачи размера единиц от исходных эталонов к вторичным и рабочим эталонам и далее к рабочим измерительным приборам и комплексам;
- разработку методик аттестаций, градуирования и калибровки эталонов и рабочих СИ;
- разработку методик аттестаций методик выполнения измерений геофизических и геологических параметров, включающих оценку режимов проведения измерений, методик учета влияющих факторов и способы оценки качества конечных результатов измерений.

Спецификой измерительного процесса при геофизических исследованиях как объекта метрологического обеспечения является следующие обстоятельства:

- основными видами измерений являются косвенные измерения (особенно это относится к геофизическим исследованиям скважин – ГИС), когда искомые параметры геологических объектов определяются в рамках решения обратных задач по результатам прямых наблюдений параметров геофизических полей;



ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТРОЛОГИЯ В ГЕОФИЗИКЕ



- измерения обычно выполняются не отдельными средствами измерений, а комплексами геофизическими информационно-измерительными системами, обычно пространственно распределенными, работающими в сложных условиях взаимодействия с изучаемым геологическим объектом и при существенном влиянии разнообразных дестабилизирующих факторов;

- результатом измерений являются одновременно несколько параметров (несколько физических величин) геофизических полей, характеризующих свойства объекта исследований;

- по своей сути измерения чаще всего являются динамическими, при существенном изменении измеряемого параметра в широком диапазоне его значений;

- измерительный процесс при геофизических исследованиях это не только собственно измерения физических параметров при полевых, скважинных, лабораторных и других видах исследований, но и последующие этапы преобразования результатов измерений от получения промежуточных результатов, например параметров физических полей или геофизических параметров, вплоть до получения конечных результатов, например геологических параметров; названные этапы суть индивидуальная (геофизическая) и комплексная (геологическая) интерпретация результатов геофизических измерений; для полноценной реализации технологического процесса получения геофизической или геологической информации на количественном уровне необходимо использование развитого методического, программно-алгоритмического, петрофизического и метрологического обеспечения;

- в большинстве случаев в качестве отраслевой эталонной базы для геофизических измерений выступают либо аттестованные естественные полигоны для аэро- и наземных полевых геофизических методов или образцы горных пород для петрофизических исследований, либо искусственные модели пластов горных пород для геофизических исследований скважин, свойства которых в максимальной мере приближены к свойствам реальных геологических объектов и которые, чаще всего, воспроизводят несколько геофизических и/или геологических параметров.

Сказанное выше подчеркивает всю сложность создания, поддержания и развития эффективно действующей системы метрологического обеспечения геофизических исследований (МО ГИ).

В геофизической отрасли бывшего СССР в рамках деятельности Министерства нефтяной промышленности СССР, Министерства газовой промышленности СССР и Министерства геологии СССР к концу 80-ых годов прошлого века созданы и функционировали основные элементы системы метрологического обеспечения геофизических исследований.

Система была построена по иерархическому принципу и реализовывала передачу размеров единиц измерений физических величин от исходных государственных эталонов, находящихся в ведении Госстандарта СССР, рабочим средствам измерений (СИ) для геофизических исследований, эксплуатирующихся в производственных геофизических предприятиях, и находящихся в сфере метрологического контроля ведомств.

В организационном плане система МО ГИ включала в себя:

Метрологические центры (МЦ), организованные при ведущих научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях Миннефтепрома СССР и Мингео СССР и имеющие в своем составе государственные и (или) отраслевые стандартные образцы и поверочные установки высших разрядов, метрологические характеристики которых установлены в соответствии с поверочными схемами относительно государственных эталонов;

Метрологические службы геофизических предприятий, оснащенные базовыми поверочными установками, аттестованными метрологическими

службами базовых или головных организаций по метрологии, и полевыми калибровочными устройствами, привязанными в плане передачи единиц физических величин к базовым поверочным установкам.

Действующая ранее система МО ГИ функционировала в соответствии с нормативными документами и приказами соответствующих министерств. Передача размера единиц физических величин от исходных образцовых средств измерений рабочим регламентировалась ведомственными поверочными схемами и методиками поверки, согласованными с метрологическими институтами Госстандарта, и учитывала все иерархические уровни.

Известные экономические трудности конца 80-х начала 90-х годов прошлого века, изменение формы собственности геофизических организаций и предприятий, структурная перестройка геологической отрасли и, в значительной мере, реформирование государственной системы управления сферой недропользования все это привело к тому, что существующая ранее единая для всех российских геофизических предприятий система метрологического обеспечения сегодня отсутствует.

Так, нормативная база, как немаловажный элемент системы метрологического обеспечения геофизических исследований, в значительной степени устарела, ибо её основу составляют методики поверки (калибровки) и поверочные (калибровочные) схемы, разработанные, в основном, в начале или середине 80-х годов. Для новых методов и модификаций геофизических исследований такие документы в ранге общеотраслевых отсутствуют вообще.

Состояние ныне действующей технической базы системы МО ГИ таково, что большинство эксплуатирующихся поверочных (калибровочных) установок морально устарели, физическое состояние некоторых из них вряд ли может обеспечивать воспроизведение измеряемых физических величин с заданной точностью в течение времени эксплуатации; для многих установок отсутствуют элементы автоматизации и компьютеризации.

Вызывает тревогу тот факт, что в стремлении восстановить метрологическую службу, отдельные геофизические предприятия, создавая свою эталонную базу, претендуют на статус отраслевых метрологических центров в отсутствие какой-либо узаконенной иерархической организационной структуры метрологической службы отрасли. Так например, на сегодняшний день известны, по крайней мере, четыре (!) организации-обладателя государственных стандартных образцов нейтронных свойств горных пород, статус которых в системе передачи единиц физических величин до сих пор не определен, сличение их характеристик между собой не проведено.

Отсутствие планового централизованного финансирования для поддержания отраслевой системы МО ГИ на требуемом уровне и нормативной документации, регламентирующей правила и порядок осуществления метрологических процедур, привело к существенному нарушению сроков метрологической аттестации исходных образцовых средств измерений государственного и отраслевого уровня, поверочных и калибровочных установок, к частичной потере кадрового потенциала, моральному старению и физическому износу технических средств МО ГИ, недопустимому разрыву в научном и техническом уровне между технологиями ГИС и их метрологическим обеспечением (не в пользу последнего).

В то же время, в связи с возрастающими требованиями к качеству геофизической информации, реально существующей конкуренцией с западными фирмами, пришедшими на российский рынок геофизических услуг, и рядом других обстоятельств требования к эффективности функционирования системы МО ГИ неизмеримо возросли, что делает означенную проблему предельно актуальной.

Для успешного решения этой проблемы необходима реконструкция и развитие на новом уровне системы МО ГИ с учетом современных требований к качеству и эффективности геологического изучения недр.

Реализация мероприятий по реконструкции единой системы МО ГИ должна включать в себя в первую очередь создание Единой общероссийской отраслевой метрологической службы геофизических исследований (ЕМС ГИ). Эта служба должна быть построена по иерархическому принципу и включать в себя:

Головную организацию метрологической службы геофизических исследований (МС ГИ) на базе одного из ведущих научных центров РФ в области геологического изучения недр.

Метрологические центры (МЦ) по направлениям деятельности или по видам измерений в сфере геофизических исследований, предпочтительно на базе организаций-держателей исходных эталонов.

Метрологические службы (МС) геофизических предприятий (ГП).

Основополагающим положением функционирования ЕМС ГИ должно быть требование о том, что создаваемая система МО ГИ должна быть в полном смысле этого слова единой для всех организаций-исполнителей геофизических работ независимо от их административной или ведомственной подчиненности и форм собственности, в том числе для совместных предприятий и зарубежных компаний, работающих в РФ.

Поскольку важнейшим элементом системы МО ГИ является ее нормативная база, в числе первоочередных задач следует назвать необходимость приведения действующих нормативных документов (наряду с разработкой и новых) в соответствие с новыми законодательными актами РФ и Положением о МПР РФ и Роснедра как Федеральными исполнительными органами, призванными содействовать нормативному обеспечению работ по стандартизации, сертификации, метрологическому контролю и надзору в области геологического изучения недр.

Очевидным стало и то, что и сама структура нормативной базы системы МО ГИ требует коренного пересмотра. Кроме «традиционных» методик поверки (калибровки) и поверочных (калибровочных) схем, она должна включать в себя, как минимум, нормативные документы следующих видов:

Общесистемные документы, регламентирующие функционирование отраслевой системы МО ГИ в целом, т. е. документы, законодательно устанавливающие общие положения системы МО ГИ, ее организационную структуру и пр. В эту группу документов должны также войти документы, регламентирующие требования к системе передачи размера единиц измеряемых параметров от эталонов (в том числе, входящих в общегосударственные поверочные схемы) рабочим средствам измерений для геофизических исследований, а также требования к методикам калибровки рабочих средств измерений. К числу общесистемных документов МО ГИ следует отнести также документы, устанавливающие терминологию, понятийный аппарат в области МО ГИ, единицы измеряемых величин, правила аккредитации метрологических служб геофизических предприятий, требования к метрологическим службам и ряд других.

В условиях сложившихся рыночных отношений и особенно в свете предстоящего вступления России в ВТО немаловажным элементом функционирования геофизического предприятия является действующая на этом предприятии система качества выполняемых исследований и работ. По этой причине к числу общесистемных документов МО ГИ следует отнести также комплект нормативных документов вида «Система менеджмента качества», регламентирующий требования к системе качества предприятия и ее элементам.

Помимо общесистемных документов должны разрабатываться также документы, распространяющиеся на отдельные методы (модификации) геофизических исследований и регламентирующие требования к метрологическим характеристикам конкретных геофизических средств измерений, методам и средствам их метрологической аттестации и калибровки, требования к эталонам. Важный блок нормативной базы этого уровня должны составить документы вида «Методики выполнения измерений» (МВИ), методики их метрологической аттестации, а также аттестации алгоритмов и программ обработки и интерпретации результатов измерений при геофизических исследованиях.

Понятно, что приведенный перечень документов не претендует на полноту, а упомянут как комплекс первоочередных документов, подлежащих разработке.

Подчеркивая тот факт, что техническая база системы МО ГИ также требует значительной модернизации, в качестве первоочередных шагов в этом направлении можно было бы назвать следующие:

- создание нового поколения калибровочных установок (комплексов), построенных на принципах автоматизации и компьютеризации, допускающих возможность включения их в автоматизированные рабочие места метрологов, подобных комплексу "АРМ-Метролог" разработки НПП "Геометр" [3] и позволяющих контролировать более широкую номенклатуру метрологических характеристик геофизических средств измерений, в том числе и динамические погрешности для отдельных видов измерений;

- проведение переаттестации исходных эталонов, расширение их номенклатуры и, по возможности, сличение их характеристик с зарубежными эталонами.

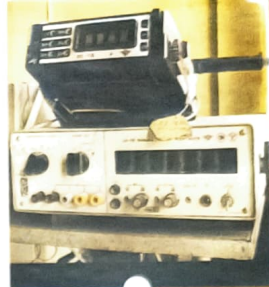
При реализации этих мероприятий следует иметь в виду, что вновь создаваемая система МО ГИ должна быть обязательной для всех геофизических предприятий, поставляющих информацию в государственные банки данных, независимо от формы собственности и национальной принадлежности сервисных геофизических организаций.

Финансирование работ по созданию общероссийской системы МО ГИ должно осуществляться основными потребителями геофизической информации государством, в лице федерального исполнительного органа, призванного обеспечивать эффективность изучения и исследование ресурсов недр, и добывающими компаниями, ведущими разведку и разработку месторождений полезных ископаемых. Одной из возможных форм такого финансирования, кстати широко апробированного за рубежом, могло бы быть создание специализированной научно-производственной организации в рамках возможной Ассоциации пользователей геофизической информацией?

Нельзя не упомянуть еще и о целом круге задач, на первый взгляд кажущихся второстепенными, но без решения которых система МО ГИ не может считаться полноценной. Среди этих задач реконструкция и обновление учебной базы для подготовки ведомственных поверителей, подготовка и издание целого комплекса научной, методической и справочной литературы в области МО ГИ, и включение метрологических служб производственных геофизических предприятий в Российскую систему калибровки и много многое другое.

Литература

1. Измерение параметров пространственных полей. Я.Е. Беленький. Научная думка. Киев, 1985г.
2. Метрологическое обеспечение геофизических исследований скважины. А.М. Блюменцев и др. М., Недра, 1991г.
3. Скважинные геофизические информационно-измерительные системы. Широков В.Н. и др. М., Недра, 1996г.
4. Системы информационно-измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения. ГОСТ 8.437-81.



ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТРОЛОГИЯ В ГЕОФИЗИКЕ