



К вопросу о качестве геофизических технологий

Блюменцев А.М., Мельчук Б.Ю., ГНЦ РФ ВНИИгеосистем, г. Москва

Целью геологоразведочных работ является получение достоверной и качественной информации о недрах [1], которая является, по существу, основным результатом геологоразведочных работ. Одним из источников информации о недрах являются геофизические технологии различного назначения: аэрокосмические, полевые, скважинные, петрофизические, применяемые на всех этапах и стадиях геологоразведочных работ.

Проблема качества геофизических технологий

Проблема обеспечения качества геофизических исследований относится к числу актуальных проблем и ранее была рассмотрена [2-11] для отдельных компонентов геофизических технологий. В перечисленных публикациях описаны подходы к решению этой проблемы, в том числе, путем совершенствования метрологического обеспечения (МО) процессов измерения геофизических параметров, методик обработки и интерпретации их результатов [2], а также совершенствования системы методико-технологического контроля [11]. В области ГИС проблема МО, в том числе обеспечения стандартизации геофизических СИ, наиболее полно рассмотрена в работах [2-9] и нормативном документе [13]. Применительно к сейсморазведке проблема обеспечения качества выполняемых исследований, обработки и интерпретации сейсмической информации рассмотрена в Своде правил [14].

Средствами обеспечения и контроля качества геофизических технологий являются система метрологического обеспечения и сертификации всех элементов геофизических технологий и система методико-технологического сопровождения геофизических работ на всех этапах их применения при геологоразведочных работах.

Объектом обеспечения и контроля качества является не только информация, получаемая в результате геофизических исследований, но и сами геофизические технологии – процессы, связанные с получением, обработкой и интерпретацией геофизической информации, а также основные компоненты геофизических техноло-

гий. В [2] отмечено, что «особенностью геофизического использования геофизической технологии с целью получения данных о значениях геофизических параметров является то, что их точность и достоверность определяются не только качеством первичных результатов исследований, но и методикой обработки и интерпретации результатов измерений, включая и качество петрофизических моделей, используемых для выбора алгоритмов геологической интерпретации. Указанное обстоятельство обуславливает необходимость регламентировать требования к качеству всех этапов получения, преобразования, обработки и интерпретации геофизической информации».

Особенности геофизических технологий

Геофизическая технология – это процесс, использующий совокупность взаимосвязанных средств и методов геофизических измерений, сбора, накопления, обработки данных для их интерпретации с целью получения информации о геологическом объекте.

Отличительным признаком геофизических технологий являются исследования, основанные на **использовании естественных и искусственно созданных физических полей** – гравитационного, электрического, магнитного, электромагнитного, теплового, ионизирующих излучений, а также полей упругих деформаций (акустических, сейсмических). В ряде случаев геофизические технологии основаны на линейно-угловых измерениях.

Другим отличительным признаком геофизических технологий является **сложность объектов геофизических исследований**: элементы геосреды или геосреда в целом: площади, зоны, разрезы скважин, пласты, рудные тела, залежи углеводородов, геологические формации, массивы горных пород, земная кора, геологические структуры, поверхность и приповерхностный слой земли, растительный, водный, снежный и ледяной покровы. Объектом аналитических и петрофизических исследований являются образцы пород, руд, флюидов (жидко-

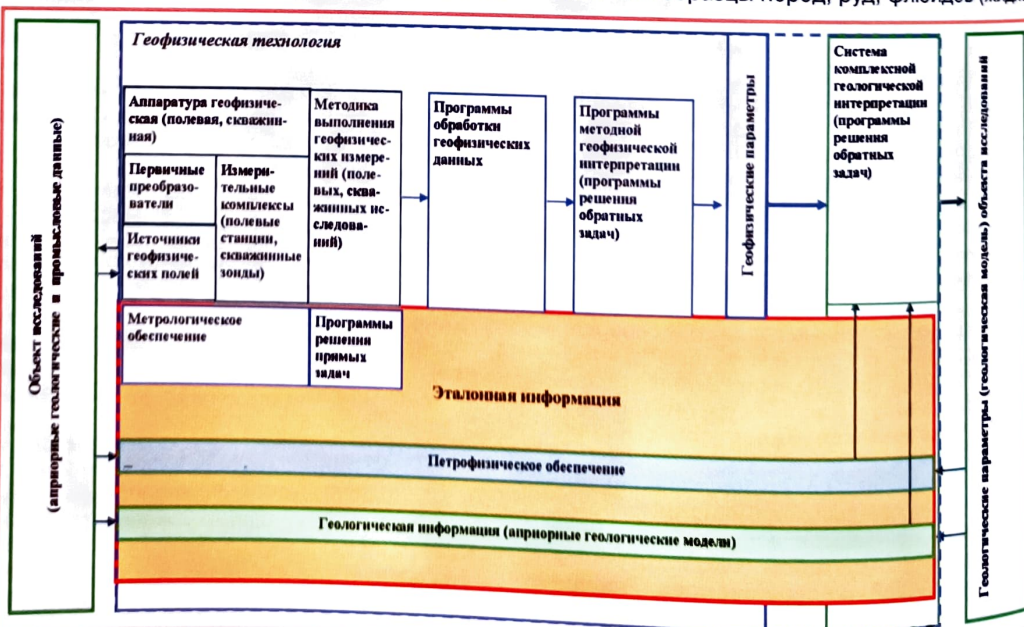


Рис. 1. Обобщенная структурно-функциональная схема геофизических технологий



стей и газов).

Геофизические технологии применяются для решения геологических, технических и технологических задач при поисках, разведке и оценке запасов полезных ископаемых, а также при мониторинге разработки месторождений. Задачи, решаемые геофизическими технологиями, подразделяются на два типа:

- задачи количественного определения геологических характеристик: состава и свойств объектов исследований;
- классификационные задачи – отнесение объекта исследований к определенному классу (категории).

Тип решаемых задач предопределяет выбор основных показателей качества. Для классификационных задач показателем качества их результата является показатель достоверности, т.е. вероятность отнесения объекта исследования к тому или иному классу (категории). Для задач количественного определения показателем качества результата является показатель точности, например, предел допускаемого значения погрешности результата при определенной доверительной вероятности.

Структурно-функциональная схема геофизических технологий

Несмотря на кажущиеся различия и особенности таких видов геофизических исследований как аэрокосмические, полевые и скважинные, предлагается использовать обобщенную структурно-функциональную схему геофизических технологий (рис.1). Такой подход позволяет выделить типовые компоненты геофизических технологий и определить для них общие показатели качества. Схема отражает систему преобразования измерительной информации в значения геофизических параметров и далее в оценки геологических параметров, характеризующих объект исследований. Суть проблемы заключается в выборе такого необходимого и достаточного набора показателей качества и требований к точности и достоверности первичной, промежуточной и конечной информации, чтобы обеспечить решение конечной геологической задачи. В структурно-функциональной схеме можно выделить четыре этапа преобразования информации:

1-й этап характеризуется процессом измерений с использованием первичных преобразователей в составе геофизической аппаратуры и аппаратурно-методических комплексов. На данном этапе измерительная информация представляется в виде характеристик физических полей, связанных с объектом исследования.

2-й этап характеризуется преобразованием результатов измерений в значения геофизических функционалов путем обработки измеренных характеристик физических полей.

3-й этап характеризуется переходом к значениям геофизических параметров объекта исследования в результате методной геофизической интерпретации. При этом на выходе получают значения геофизических (физических) параметров геологических объектов.

4-й этап включает комплексную геологическую интерпретацию и позволяет на основе петрофизической модели и значений геофизических параметров получить оценку геологических параметров объекта исследования. При этом происходит преобразование геофизической информации в геологическую на основе модельных (петрофизических и геологических) представлений об объекте исследований.

Для каждого этапа преобразования инфор-

мации и отдельных компонентов геофизической технологии наряду с общими основными показателями качества, такими как показатели назначения (диапазоны и показатели точности значений определяемых величин), характерны дополнительные показатели качества, которые влияют на значения показателей назначения. Такими показателями могут быть, например, спектральная характеристика детектора в блоке первичных преобразователей; неоднородность материала стандартных образцов; точность петрофизической модели и т.п. На каждом этапе преобразования геофизической информации суммарная ее погрешность определяется погрешностью входных данных (результатов предыдущего этапа) и методической погрешностью преобразования информации на данном этапе.

Объекты контроля и управления качеством геофизических технологий

В соответствии с обобщенной структурно-функциональной схемой геофизических технологий основными объектами контроля и управления качеством при геофизических исследованиях являются:

- геофизическая аппаратура и аппаратурно-методические комплексы;
- методики выполнения геофизических измерений (полевых, скважинных);
- геофизическая информация;
- геологическая информация;
- эталонная информация;
- система метрологического обеспечения;
- система петрофизического обеспечения;
- программные средства обработки геофизических данных;
- программные средства интерпретации геофизических данных;
- программы комплексной геологической интерпретации геофизических данных;

Для перечисленных объектов управления качеством можно выделить общие основные показатели качества и ряд дополнительных показателей, специфичных для отдельных геофизических методов, существенно определяющих их информативность и влияющих на показатели назначения. В общем случае номенклатура показателей качества продукции представляет собой перечень характеристик свойств продукции, выражающих ее качественную определенность как продукта производства, удовлетворяющих потребности пользователя информации и обеспечивающих возможность оценки уровня качества конечной продукции [ГОСТ Р ИСО 9000-2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь].

Основными показателями качества геофизических технологий являются показатели точности и достоверности выходной геофизической и геологической информации. Общим требованием к качеству геофизических технологий является сертифицированность их компонентов (аппаратуры, программных средств, методик выполнения измерений) на соответствие требованиям, установленным в нормативно-технической документации (НТД) [12].

Показатели качества геофизической информации

Геофизическая информация – часть геологической информации о недрах, получаемая при изучении естественных и искусственных геофизических полей с использованием геофизических методов исследования [ГОСТ Р 53794-2010 «Информация о недрах геологическая. Термины и определения»]. Первичная геофизическая



информация - исходная информация, полученная в результате геофизических наблюдений при исследовании геологических объектов в их естественном залегании. Производная геофизическая информация - информация, полученная в результате преобразования (обработки, интерпретации) первичной геофизической и дополнительной информации.

Контроль качества геофизической информации должен быть обеспечен на всех этапах геофизических работ:

- при выполнении полевых и скважинных геофизических исследований;
- при обработке геофизических данных;
- при интерпретации геофизических данных;
- при комплексной геологической интерпретации геофизических данных.

Основные требования к качеству геофизических работ и основные показатели качества геофизической информации, такие как показатели назначения: диапазон измерений, пределы основной и дополнительных погрешностей измерений; предел погрешности воспроизводимости и другие, установлены для геофизических технологий ГИС и полевых методов разведки в ряде инструкций, таких как [13, 14] и других.

Комплекс показателей качества, используемых в указанных документах, достаточно разнообразен, не унифицирован и зачастую ограничивается требованиями к аппаратуре. Набор показателей качества геофизической информации должен выбираться, исходя из решаемой задачи и этапа работ.

Первостепенной задачей при выполнении геофизических работ является обеспечение качества выполнения полевых и скважинных геофизических исследований и качества первичных геофизических данных. Это связано с тем, что многие геофизические исследования зачастую невозможно повторить. Они имеют высокую стоимость и информационную ценность. Для оперативного решения задачи обеспечения качества используется так называемый методико-технологический контроль (сопровождение) полевых геофизических работ и геофизических исследований скважин [15].

Показатели качества геологической информации

Формально, требования к качеству геологической информации как основному продукту ГРР должны были бы быть указаны в ГОСТ Р 53579-2009 «Отчет о геологическом изучении недр. Общие требования к содержанию и оформлению». Однако данный документ устанавливает лишь общие требования к первичной и производной геологической информации,

включаемой в виде текстовых приложений к отчету применительно к этапу сдачи отчета по ГРР в фонды.

В ГОСТ Р 53797-2010 «Геологическая информация о недрах. Требования» установлены следующие основные показатели качества геологической информации, получаемой путем измерений:

полнота информации: Состав и объем геологической информации о недрах, достаточные для решения поставленной геологической задачи.

необходимая информация: Качество информации, характеризующее ее полнотой и достоверностью. Достоверность информации измеряется вероятностью необходимой точности, т.е. вероятностью того, что отображаемое информационное значение параметра отличается от истинного значения параметра в пределах необходимой точности.

совместимость информации: Качество информации, характеризующее возможность совмещения геологических данных, полученных на смежных территориях, как по содержанию, так и по представлению результатов измерений в одинаковых формах.

сопоставимость информации: Качество информации, позволяющее сравнивать с необходимой достоверностью данные, получаемые в разное время разными исполнителями и измерительной аппаратурой.

Геологическая информация является конечным продуктом применения геофизических технологий. Она формируется в результате комплексной геологической интерпретации геофизических данных на основе априорных геологической и петрофизической моделей объекта исследования. Типовыми показателями качества комплексной геологической интерпретации данных ГИС, полевых и геофизических, петрофизических и других данных являются показатели точности и достоверности решения геологических задач (задач прогноза, оценки запасов, задач мониторинга и др.) [13,14,16]:

- достоверность литологического и стратиграфического расчленения разреза;
- точность структурных построений;
- достоверность выделения перспективных на нефть и газ объектов - интервалов, пластов, зон и ловушек углеводородов;
- точность оценки их фильтрационно-емкостных параметров (пористости, проницаемости, нефте- и газонасыщенности);
- точность определения положения по глубине и в плане флюидных контактов (ВНК, ГНК);
- точность и достоверность определения подсчетных параметров и эффективных нефте- и газонасыщенных толщин;
- точность и достоверность оценки ресурсов углеводородов.

Уровни контроля качества

В системе контроля качества геофизической



ских технологий (в частности ГИС и сейсморазведки) сформировалась иерархическая структура показателей качества, состоящая из четырех уровней контроля качества (рис. 2): технический, технологический, геофизический и геологический контроль. Некоторые показатели качества, в частности, относящиеся к области технического и технологического контроля, являются элементами управления качеством на стадии проектирования, производства и эксплуатации геофизической аппаратуры и выбора методик выполнения измерений (МВИ). Другие показатели качества, относящиеся к области геофизического (и технологического) контроля, являются инструментом оперативного управления качеством и могут корректироваться по результатам геофизического и геологического контроля. Поэтому целесообразно ввести номенклатуру показателей качества, в рамках которой указать применимость показателей.

Заключение

1. В области контроля качества геофизических технологий наблюдается несколько тенденций:

- использование методов контроля качества на всех этапах геофизических работ;
- увеличение мощности программных средств, применяемых для контроля качества в полевых условиях, переход к контролю качества непосредственно в процессе измерений;
- переход к более детальному контролю качества первичного материала, определение характера и причин некондиционности данных (по квантам измерений или по трассам). Например, в области сейсморазведки – это оценка качества отдельных трасс, исследование пространственного распределения показателей качества сейсмического волнового поля.
- наряду с выполнением технического и геофизического контроля, переход к использованию элементов геологического контроля, более глубокого по степени обработки данных и содержащего элементы оперативной геологической интерпретации.

Цель перечисленных изменений - введение более объективного контроля качества геофизической информации с применением программных средств; повышение оперативности контроля качества; оценка пригодности полученной геофизической информации с точки зрения возможностей решения целевой геологической задачи.

2. Результаты анализа системы контроля качества геофизических технологий свидетельствуют о большом разнообразии программных средств, используемых для контроля качества геофизических данных. Целесообразно разработать нормативные документы, в которых необходимо установить «основные показатели качества» геофизических технологий и их компонентов. Это позволит единообразно сертифицировать по ним «программные средства, предназначенные для оценки качества». Применение более сложных показателей качества должно быть предметом экспертной оценки.

3. Необходима разработка стандартов в развитие ГОСТ Р 53579-2009 и ГОСТ Р 53797-2010, которые определили бы терминологию в данной области, номенклатуру показателей качества геофизической и геологической информации и методы их контроля.

Литература:

1. Морозов А.Ф. Геологические информационные ресурсы и технологии: состояние и основные направления развития. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. Спецвыпуск. 2007. СС 10-14.
2. Абросимов М.Г., Блюменцев А.М. Качество геофизических исследований при изучении недр. Геофизический вестник. №10. 2010. сс 4-6.
3. Блюменцев А.М., Калистратов Г.А., Лобанков В.М., Цирульников В.П. Метрологическое обеспечение геофизических исследований скважин. Москва, Недра, 1991.
4. Блюменцев А.М., Симakov В.С., Козыряцкий Н.Г. Проблемы сертификации оборудования приборов и программных продуктов для геофизического исследования недр.
5. Блюменцев А.М., Цирульников В.П. Современные проблемы обеспечения качества геофизических исследований скважин. НТВ Каротажник, №26, 1996.
6. Блюменцев А.М., Клокова В.П., Цирульников В.П. Метрологическое обеспечение цифровой регистрации, обработки и интерпретации данных ГИС. НТВ Каротажник, №35, 1997, с.96-103.
7. Блюменцев А.М., Козыряцкий Н.Г., Цирульников В.П. Метрологическое обеспечение петрофизических исследований состояние и перспективы развития. Приборы и системы разведочной геофизики, 2006, № 4, стр. 5-8.
8. Дембицкий С.И. Оценка и контроль качества геофизических измерений в скважинах. М.: Недра, 1991. - 204 с.
9. Широков В.Н., Лобанков В.М. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебник. - М.: МАКС Пресс, 2008.-498 с.
10. Жуков А.П., Тищенко И.В., Ерхов В.А., Михальцев А.В., Свод правил – как современный инструмент повышения качества и эффективности сейсморазведочных работ. Приборы и системы разведочной геофизики №01 (35), 2011, Саратов, сс.52-54.
11. Хлебников П.А., Аккуратов О.С., Каплан С.А., Бубнов В.П., Навроцкий А.О., Галуев В.И. Супервайзинг геофизических работ на нефть и газ в РОСНЕДРА, Приборы и системы разведочной геофизики №01 (35), 2011, Саратов, сс.9-14.
12. СТО ЕАГО 001-94 Система сертификации геофизической продукции. Положение о системе сертификации. М. 1994.
13. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ на кабеле в нефтяных и газовых скважинах. М. Минэнерго России, 2001.
14. Свод технологических правил производства сейсморазведочных работ, выполняемых за счет средств федерального бюджета.// Отв. ред. П.А.Хлебников. Авторы: Жуков А.П., Аккуратов О.С., Ерхов В.А., Коротков И.П., Кузнецов В.М., Михальцев А.В., Мушин И.А., Тищенко И.В., Каплан С.А., Москва, РОСНЕДРА, 2011.
15. Положение о порядке сопровождения геофизических работ на нефть и газ, выполняемых за счет средств федерального бюджета на территории Российской Федерации и континентального шельфа от 24.04.2009 г. №370 (Утв. приказом Федерального агентства по недропользованию).
16. Методические рекомендации по применению пространственной сейсморазведки 3D на разных этапах геологоразведочных работ на нефть и газ. М., 2000г.