

УДК 550.832

Н. Г. Козыряцкий
ООО "Нефтегазгеофизика"

СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ ДЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОСТИ КЕРНА

Рассмотрены результаты внедрения и эксплуатации стандартных образцов открытой пористости, изготовленных на основе спеченного порошка корунда, для метрологического обеспечения петрофизических исследований емкостных свойств пород-коллекторов, намечены пути дальнейших работ в этой области.

Ключевые слова: стандартные образцы, петрофизические свойства, метрологическое обеспечение.

При подсчете запасов, проектировании и контроле разработки месторождений углеводородного сырья (УВС) и в особенности при интерпретации результатов геофизических исследований скважин (ГИС) широко используются различные петрофизические зависимости, в том числе между петрофизическими и геофизическими параметрами. Петрофизические исследования (ПФИ) являются неотъемлемой частью всей технологии геологоразведочных работ, и от их качества напрямую зависят точность и достоверность получаемой геологической информации. При этом результаты анализов керна, как правило, используют в качестве эталонных (петрофизической основы), с кото-

рыми сравнивают результаты более дешевых и массовых определений по ГИС [1, 2]. Керновые данные являются результатом лабораторных исследований, которые обязательно должны сопровождаться оценкой погрешности. Если подобная оценка не проведена или выполнена не на соответствующем уровне, прямая информация по данным керна непригодна для определения конечных результатов ГИС.

Возможный экономический ущерб от неточного определения подсчетных параметров и необходимость повышения достоверности зависимостей “кern–каротаж”, в особенности для сложно построенных коллекторов, предопределяют необходимость повышения качества лабораторных работ на кернах и в первую очередь путем совершенствования метрологического обеспечения петрофизических исследований (ПФИ), в том числе определения фильтрационно-емкостных характеристик пород-коллекторов и, в частности, пористости образцов горных пород.

Современное состояние метрологического обеспечения (МО) петрофизических исследований керна в целом и фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) в частности не всегда соответствует требуемой точности при подсчете запасов углеводородного сырья ввиду отсутствия или недостаточного развития элементов системы метрологического обеспечения ПФИИ, в первую очередь эталонной базы.

Одним из традиционных инструментов оценки качества проведения исследований в петрофизических лабораториях является использование коллекции образцов керна, специально подготовленной для этих целей и используемой в качестве “эталона” по отношению к рабочим средствам измерений пористости. Существенными недостатками такой методики являются непреодолимая трудность обеспечения высокой стабильности во времени основных характеристик образцов керна из коллекции, неприемлемые значения погрешностей определения их параметров. Кроме того, технология определения характеристик образцов керна часто связана с экстремальными воздействиями на образцы керна, в частности, температуры, превышающей 100 °С, при многократных операциях насыщения их флюидом и последующей сушки, что не самым лучшим образом сказывается на стабильности свойств керна, приводит к постепенному их разрушению (требование максимально полного удаления насыщающего флюида из образца керна выполнимо при как можно более высоких значениях температуры сушки).

Самый большой недостаток использования коллекций керна в качестве метрологического средства – это недопустимо низкая достоверность определения характеристик образцов керна из коллекции, так как эти определения зачастую осуществляются с помощью рабочих средств измерений с низкими точностными показателями.

Для отдельных типов аппаратуры и оборудования для определения характеристик керна разработаны индивидуальные средства метрологического контроля, но их широкое использование невозможно в силу двух причин: ориентация только на конкретный тип аппаратуры и оборудования и ограниченный объем выпуска.

Решение описанной проблемы может быть обеспечено разработкой, выпуском и внедрением в массовом порядке в практику петрофизических исследований стандартных образцов основных физических свойств коллекторов, универсальных для всей номенклатуры используемого петрофизического оборудования и обеспечивающих передачу единиц измеряемых величин с минимальными погрешностями.

Следует отметить, что в системе метрологического обеспечения петрофизических исследований (МО ПФИ) стандартные образцы состава и свойств веществ (СО) могут занять особое место в силу того, что с их помощью возможно воспроизводить широкий спектр геологических и геофизических параметров в заданных диапазонах измерений, а оценка и контроль воспроизводимых ими параметров достаточно просто и с высокой точностью осуществляются общетехническими средствами измерений (меры веса, объема, расхода, давления и т. д.).

Кроме этого, относительно несложной задачей является создание комплексных стандартных образцов, воспроизводящих несколько параметров: открытую пористость, абсолютную газопроницаемость, объемную и минеральную плотность. Насыщение этих стандартных образцов электролитом позволяет применять их также в качестве стандартных образцов удельного электрического сопротивления (проводимости). Использование в качестве присадок порошков естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ) позволяет создать эффективные средства метрологического контроля для петрофизических исследований естественной гамма-активности горных пород как в интегральном, так и в спектрометрическом вариантах.

Конструктивное исполнение стандартных образцов для ПФИ как нельзя более удачно для включения их в общую технологию исследо-

ваний керна, так как они могут быть изготовлены точно с теми же геометрическими параметрами, что и образцы керна стандартных размеров, подготовленные для исследований, – цилиндры, в том числе больших диаметров, кубики, диски, пластины. Благодаря этому удается избежать некоторых неизбежных методических ошибок, проявляющихся при передаче единиц физических величин.

Использование для изготовления стандартных образцов специальных материалов, например, спеченного корунда (Al_2O_3), наделяет их целым рядом положительных свойств:

- долговечность, нормативный срок службы составляет 20–25 лет;
- инертность к насыщающему флюиду (вода, керосин, возможно насыщение ртутью для контроля точности ртутных порозиметров);
- высокие прочностные показатели, что делает возможным при необходимости их сушку при высоких температурах (до 250 °С), чем обеспечивается более полное удаление жидкости из самых малых пор, а следовательно, и снижение до приемлемого уровня методических погрешностей;
- использование в качестве исходного материала многофракционного порошка корунда позволяет создать стандартные образцы с явно выраженными анизотропными свойствами, и наоборот, использование однородного по размерам порошка позволяет добиться высокой изотропности свойств стандартного образца.

В качестве примера можно привести разработанные в свое время ВНИГИК совместно с УкрНИИО (Украинским научно-исследовательским институтом огнеупоров, г. Харьков) стандартные образцы на основе порошка корунда, воспроизводящие открытую пористость, объемную и минеральную плотность.

Опыт разработки и внедрения этих стандартных образцов для контроля точности лабораторных исследований керна продемонстрировал их высокую эффективность использования в качестве эталонной базы для исследования открытой пористости керна, что обеспечивается их высокими метрологическими характеристиками – широкий диапазон воспроизводимой пористости (от 1,1 до 34,0%) при погрешностях, не превышающих 0,1% относительных. Эксплуатация образцов СО ОП в течение 15–17 лет показала также высокую временную стабильность свойств, возможность их использования как в стационарных, так и в полевых условиях при экспрессных определениях (табл. 1).

Таблица 1

**Оценка временной стабильности стандартных образцов
открытой пористости**

Номер стандартного образца	Измеренные значения пористости, %			Изменение пористости со временем, %
	УкрНИИО (1989 г.)	ВНИГИК (1992 г.)	ВНИГНИ (2006 г.)	
041-06	27,94	—	27,93	−0,01
041-13	29,53	—	28,45	−1,08
301-02	3,68	—	3,72	+0,04
301-14	3,39	—	3,43	+0,04
301-17	3,78	3,78	—	0,00
301-28	3,37	—	3,30	+0,07
301-30	2,54	2,61	—	+0,07
301-33	4,14	4,16	—	+0,02
301-45	4,70	—	4,95	+0,25
301-60	2,88	—	2,92	+0,04
301-73	4,10	—	3,89	−0,21
301-79	4,75	—	4,99	+0,24
301-87	4,03	—	3,64	−0,39
401-08	18,64	—	18,57	−0,07
401-09	19,78	19,77	—	−0,01
401-14	18,48	18,42	—	−0,06
401-25	17,86	17,85	—	−0,01
401-63	19,28	—	19,28	0,00
401-73	19,10	—	19,07	−0,03
501-15	30,34	30,34	—	0,00
501-27	34,22	—	34,22	0,00
501-29	34,51	34,49	—	−0,02
501-30	29,76	29,87	—	+0,11
501-47	33,75	—	33,72	−0,03
501-52	34,33	—	34,31	−0,02
501-61	34,60	—	34,74	+0,14
501-80	32,44	—	32,45	+0,01
501-86	32,50	—	32,46	−0,04
501-89	31,73	—	31,69	−0,04

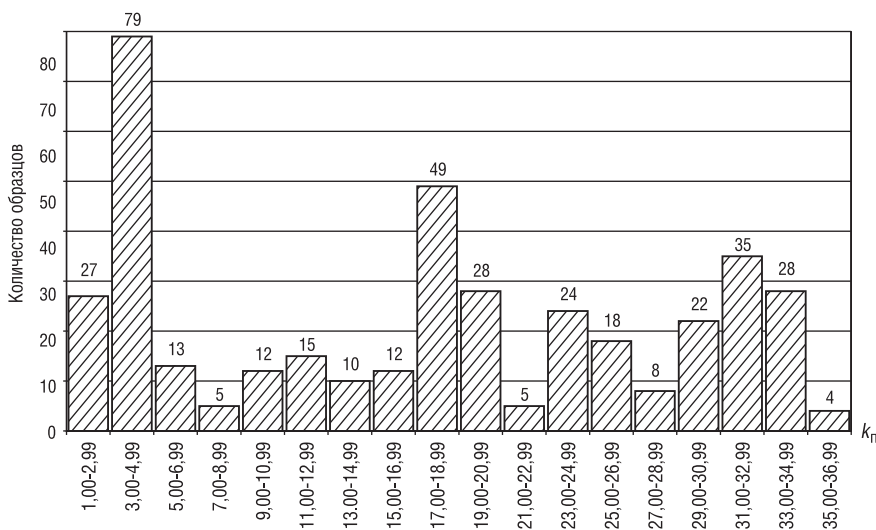


Рис. 1. Распределение образцов по значениям пористости

Положительным моментом является тот факт, что выбранная технология изготовления стандартных образцов позволяет получить комплекты из трех образцов, воспроизводящих значения пористости (k_n), равномерно распределенных в традиционных диапазонах исследования пористостей пород-коллекторов (рис. 1). В то же время технологически осуществимо изготовление образцов с любым, заранее заданным значением открытой пористости.

На сегодняшний день изготовлены, внедрены и успешно эксплуатируются около 400 экземпляров стандартных образцов открытой пористости в 53 организациях (производственные, научно-исследовательские организации и вузы).

Однако, как показывают результаты мониторинга петрофизических лабораторий, реальная потребность в стандартных образцах находится на уровне 1500–2000 экз. без учета того, что эксплуатируемые образцы в ближайшие годы исчерпают свой ресурс, так как их внедрение в большинстве случаев приурочено к началу 90-х годов.

Методики первичной метрологической аттестации и периодической поверки стандартных образцов открытой пористости очень удач-

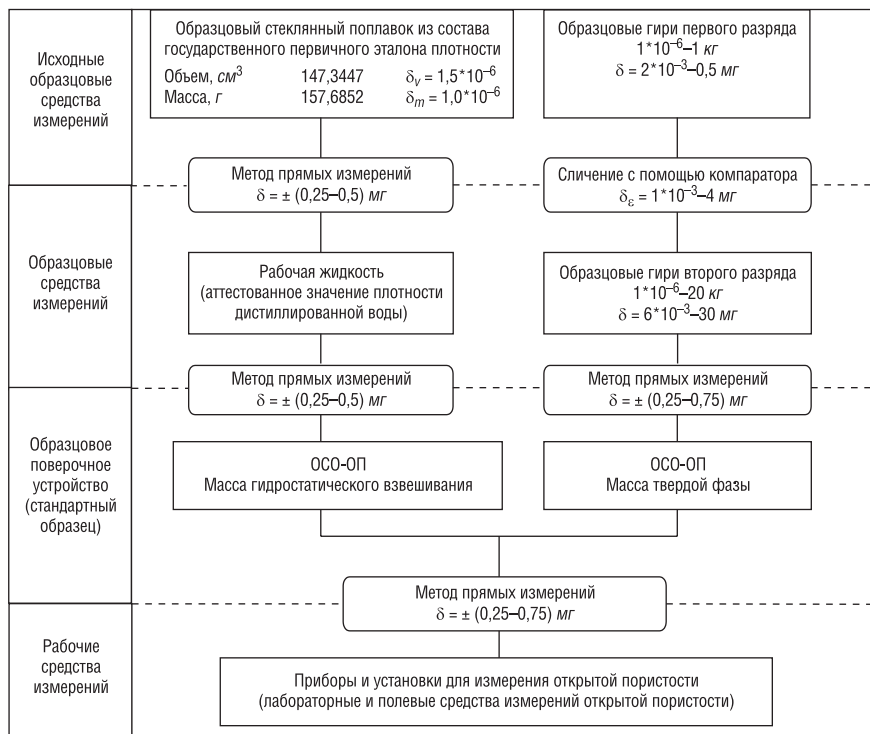


Рис. 2. Поверочная схема для СО-ОП (проект)

ны с точки зрения минимальных погрешностей при передаче единицы измеряемой величины и вписываются в общегосударственную поверочную схему, проект которой приведен на рис. 2.

Следует сказать, что эффективное использование стандартных образцов открытой пористости предполагает создание системы нормативных документов, как минимум, ведомственного уровня, которые бы регламентировали все аспекты изготовления, аттестации и применения стандартных образцов.

Опыт аккредитации петрофизических лабораторий на право проведения исследований в рамках добровольной Системы сертификации геофизической продукции показывает эффективность использования стандартных образцов открытой пористости для оценки обще-

го уровня качества исследований, выполняемых в лабораториях, и может быть использован для расширения числа лабораторий, прошедших такую аккредитацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по определению подсчетных параметров залежей нефти и газа по материалам ГИС с привлечением результатов анализа керна, опробований и испытаний продуктивных пластов; Под ред. Б. Ю. Вендельштейна, В. Ф. Козяра, Г. Г. Яценко. Калинин: НПО “Союзпромгеофизика”, 1990. С. 261.
2. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом; Под ред. В. И. Петерсилье, В. И. Порокуна, Г. Г. Яценко. Москва–Тверь. 2003.