

## ПРИВЯЗКА ДАННЫХ ПО КЕРНУ К МАТЕРИАЛАМ ГИС – ВАЖНЫЙ ЭТАП ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

М.Н. Большаков<sup>1</sup>, Н.А. Скибицкая<sup>1</sup>, О.О. Марутян<sup>1</sup>,  
А.Ф. Халиуллина<sup>1</sup>, Б.А. Никулин<sup>2</sup>

1 – ИПНГ РАН; 2 – МГУ им. М.В. Ломоносова  
e-mail: skibitchka@mail.ru

В последние годы более совершенные технологии отбора керна при бурении скважин позволяют приблизить вынос керна к 100%-ной отметке. Однако слабоконсолидированные и глинистые породы зачастую портят этот показатель. Старый фонд керна, имеющийся в кернохранилищах, чаще всего характеризуется гораздо меньшим значением выноса керна. Как правило, при заключении договоров на НИР или НИОКР для проведения комплекса исследований на керне Заказчик выделяет Исполнителю только часть от имеющейся в распоряжении Заказчика коллекции керна. Это, в свою очередь, снижает возможность надежной привязки отобранного керна к материалам ГИС и, как результат, снижает корректность получаемых связей «керн–ГИС». Помимо этого, керн может быть неправильно уложен или перепутан в ящиках, возможна ошибка определения глубины интервала отбора керна из-за неправильного промера бурильных труб и удлинения кабеля при ГИС [1, 2], границы продуктивных пластов могут трудно выделяться (керн месторождений легких углеводородов) [3]. Глубины отбора рассчитываются по количеству бурильных труб, что нередко приводит к ошибкам. Кроме того, сами трубы могут отличаться по длине, поэтому глубины, указанные при отборе керна, как правило, не совпадают с глубинами по ГИС [4].

Надежная привязка образцов керна к материалам ГИС и привязка к местоположению в керне выпиленных из керна образцов для проведения на них комплекса петрофизических, физико-химических, литологических, геохимических исследований обеспечивает достоверность связей «керн–ГИС», а в итоге – достоверность геологической модели месторождения и распределения параметров свойств пород в ее границах. Увязка по глубине фильтрационно-емкостных свойств, определенных на керне, с параметрами, измеренными геофизическими методами, зависит как от квалификации исполнителя, так и от технологий извлечения и транспортировки керна, проведения комплекса ГИС. Типичные проблемы и ошибки, связанные с отбором и транспортировкой керна, в последующем могут привести либо к неверно выбранным условиям вскрытия и

режимам эксплуатации скважин, либо к ошибкам в точках заложения скважин и в заключениях о запасах и ресурсах углеводородного сырья [3].

Первым важным этапом процедуры привязки является качественное фотографирование полной коллекции керна в дневном свете и измерение его линейных размеров. Визуальный контроль сначала по целому керну, а затем по фотографиям (после распиловки, возможного разрушения) может помочь проверить корректность укладки керна. Форма торцов керна, цветовые характеристики помогают определить «верх» и «низ» кусков (рис. 1). При фотографировании необходимо рядом с керном размещать линейку. Значения длины кусков керна будут необходимы в дальнейшем при процедуре привязки.

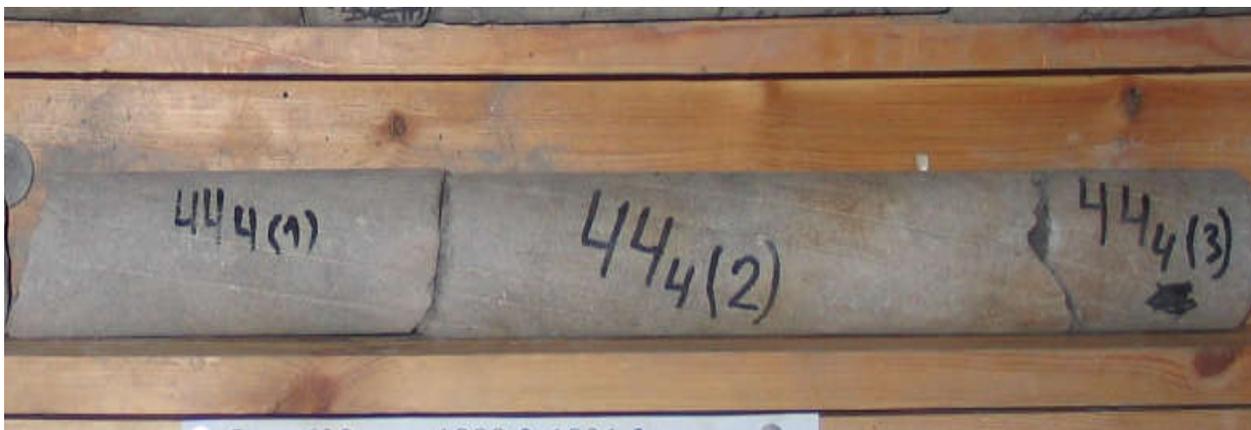


Рис. 1. Фотография керна в ящике, визуальный контроль корректности укладки

Вторым этапом привязки является измерение естественной интегральной гамма-активности на полноразмерных образцах керна. При этом измерения предпочтительно проводить два раза: сначала для полной коллекции керна, имеющейся в распоряжении Заказчика, до отбора коллекции керна, и затем уже на отобранных образцах в лаборатории. Это позволит осуществить контроль качества измерений при различных фоновых значениях в кернохранилище Заказчика и лаборатории Исполнителя.

Определение естественной радиоактивности неразрушенных кернов ставит дополнительные требования к технике и методике измерений. В первую очередь это связано с геометрией исследуемых образцов и технологией их подачи в анализатор.

Для экспрессного измерения радиоактивности кернов в зависимости от их длины используется специальная установка, состоящая из лотка для керна, системы свинцовой защиты, сцинтилляционного гамма-детектора и радиометра (рис. 2). Для повышения

качества измерений рекомендуется использовать три сцинтилляционных детектора, установленных в отверстия свинцовой защиты перпендикулярно оси керна, при этом дополнительно в схему регистрации должен быть введен сумматор импульсов от трех детекторов для регистрации их в общем канале блока. Такая конструкция позволяет наиболее экономно организовать защиту детекторов от внешнего излучения. Объем используемых кристаллов достаточно эффективен как для режима интегральных измерений, так и в спектрометрическом режиме при регистрации излучения пород в диапазоне 0,1–3 МэВ.



Рис. 2. Установка для экспрессного определения естественной радиоактивности неразрушенных кернов

Одним из важных факторов, определяющих возможности подобной аппаратуры, является разрешающая способность по длине керна. Общая длина керна, оцененная на уровне 95%-ного вклада интегральной радиоактивности, составила 10 см. Эта длина может быть принята как оптимальная при анализе кернов. В случае кусков меньшей длины или обломков и шлама, заключенных в кассеты, необходимо пользоваться

поправочным коэффициентом  $K$ , приводящим показания к нормированной оптимальной длине и объему пород при заданном диаметре зерна.

Рассматривая аппаратные погрешности, можно выделить два основных фактора: статистические флуктуации и дрейф счетной характеристики, – обусловленные температурной и временной нестабильностью сцинтилляционного детектора (кристалл, фотоумножитель) и порога интегрального дискриминатора. Параметром оценки нестабильности счетной характеристики является среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  относительно среднего значения  $N$ . Если для статистических флуктуаций  $\sigma = \sqrt{N}$ , то суммарная погрешность оценивается по  $N_i$  серии из  $n$  измерений:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - N)^2}{n - 1}}$$

Очень важно, чтобы погрешность за счет дрейфа имела, по возможности, малую долю по сравнению со статистической. С этой целью обычно применяют автоматическую стабилизацию энергетической шкалы или используют периодическую подстройку по гамма-реперу.

Результатом измерений естественной гамма-активности зерна является количество импульсов за промежуток времени, обеспечивающий требуемый предел обнаружения.

Фон определяется на образцах с нулевой радиоактивностью (обычно это чистые от битуминозности и глинистости карбонаты).

Для алгоритмической оценки качества осуществления привязки строится и выводится оценка кросс-согласования показаний ГИС и зерна по интервалам долбления в целом, для более точного перевода имп/с в мкр/ч (рис. 3). Для вычисления радиоактивности образцов и сопоставления их значений с данными каротажа необходимо эталонировать количество зарегистрированных импульсов за вычетом фона в мкр/ч. После анализа сопоставлений измерений гамма-активности на зерне в имп/с с данными ГИС (ГК) мкр/ч определяется коэффициент перевода и уравнение пересчета имп/с в мкр/ч.

Помимо измерения интегральной гамма-активности неразрушенного зерна целесообразно провести аналогичные измерения на выпиленном из зерна образце породы, предназначенном для проведения комплекса петрофизических и физико-химических исследований, а также измерение спектральной гамма-активности порошков (U-Th-K, не менее 200 г порошка). Значения спектральной гамма-активности порошков являются

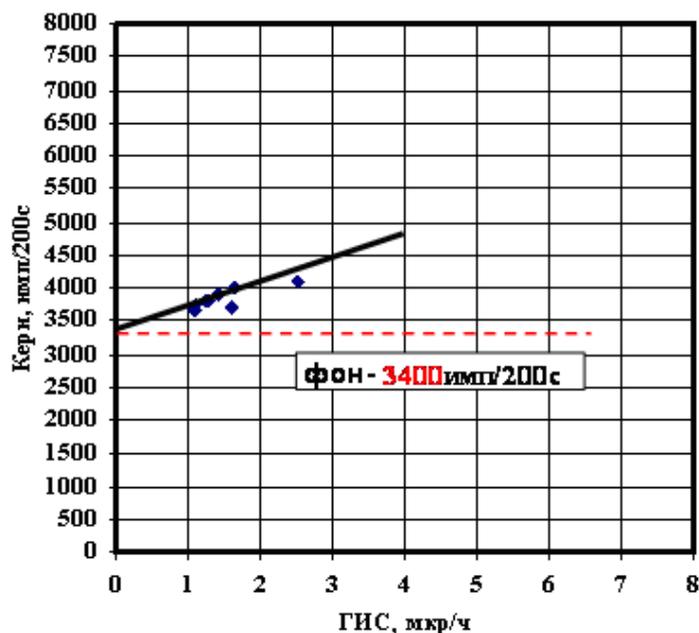


Рис. 3. Сопоставление измерений гамма-активности на керне в имп/200 с с данными ГИС(ГК) мкр/ч

дополнительным критерием при привязке при наличии данных спектральной гаммаметрии.

Третьим этапом является сама привязка керновых данных к данным ГИС по глубине. Данную процедуру необходимо проводить с использованием специализированного программного обеспечения, позволяющего в интерактивном режиме проводить коррекцию глубин и местоположения керновых данных, например программы GeoOilSystem (ИПНГ РАН, рис. 4). К этому моменту специалистами-исследователями должен быть подготовлен комплекс полученных данных по керну, включая длину образцов неразрушенного керна.

При корректировке глубин необходимо помнить следующие моменты:

- образцы допустимо перемещать в пределах долблений;
- как показали Никулин Б.А., Горбачев Ю.И. (1988), при неполном выносе керна наиболее вероятно присутствие в коллекции первого и последнего кусков керна в интервале отбора;
- при наличии реперных значений в разрезе скважины целесообразно начинать привязку с этих точек;
- допустимо исключать из анализа образцы, имеющие экстремальные значения по тому или иному параметру, по сравнению с соседними образцами.

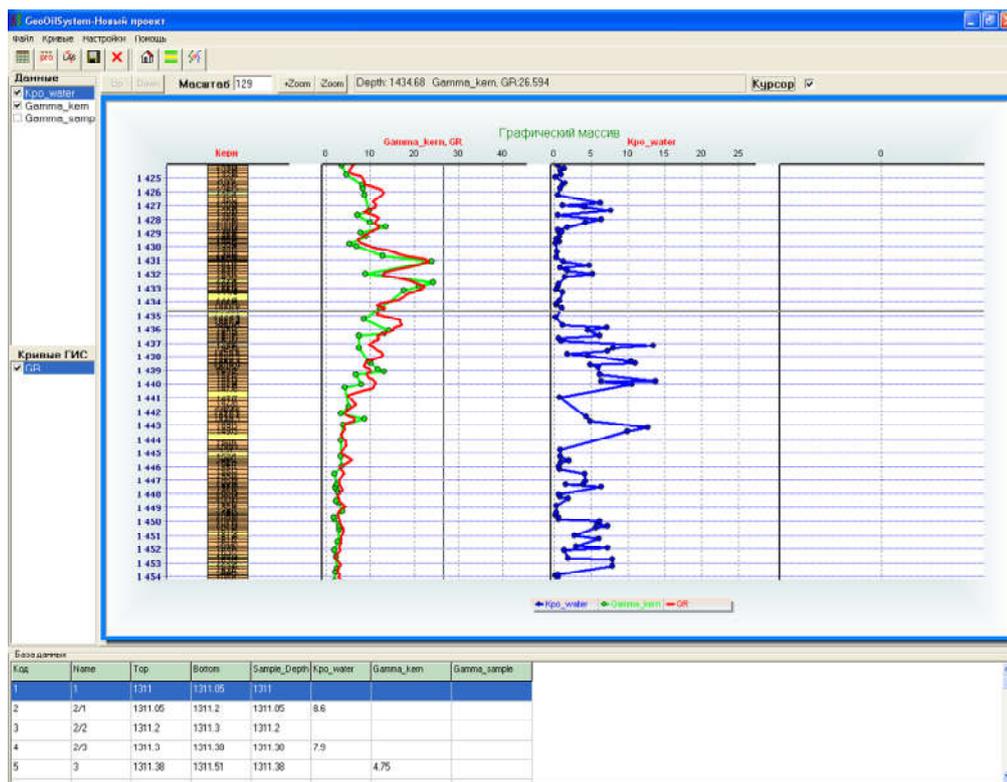


Рис. 4. Программное обеспечение GeoOilSystem для визуальной привязки керна к данным ГИС

Выбор оптимального смещения керна и образцов внутри керна определяется максимальным коэффициентом корреляции данных по керну и ГИС.

При привязке керна в карбонатных отложениях, как правило, недостаточно пользоваться только лишь измерениями ГК ввиду низкой естественной радиоактивности чистых карбонатов [4]. Отсутствие дифференциации данных ГК делает привязку керна невозможной. Поэтому необходимо использовать дополнительные имеющиеся параметры по петрофизике и ГИС: пористость, плотность, данные спектральной гаммаметрии по порошкам. Если обработка ГИС еще не сделана, при привязке по Кп возможно использование характерных значений НГК, ПС, ГК, АК [4].

После проведенной процедуры привязки проводится заключительный этап – построение корреляционных связей «кern–ГИС». Сопоставление данных «кern–ГИС» целесообразно проводить по пластовым значениям параметров по ГИС и средним значениям данных керна в интервалах выделенных по ГИС пластов. Построение связей «кern–ГИС» по осредненным значениям приводит к увеличению коэффициента корреляции по сравнению с поточечными значениями (рис. 5).

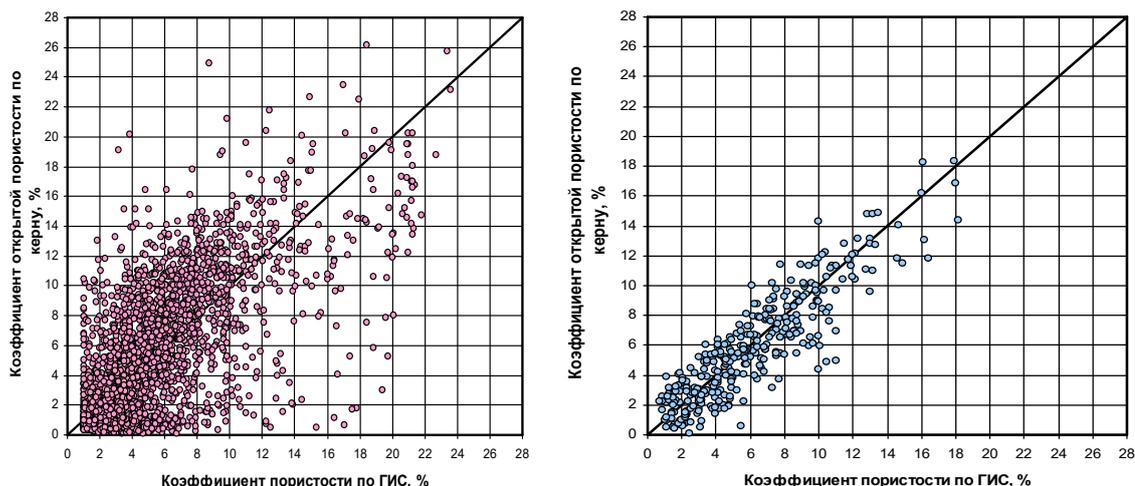


Рис. 5. Сопоставления точечных и осредненных значений естественной радиоактивности по керну и ГИС

Качественно проведенная процедура привязки обеспечивает возможность построения достоверной геологической модели, включая структурно-емкостные, фильтрационно-емкостные, геохимические, физико-химические и другие параметры и, как следствие, подсчет запасов месторождения. На основе построенной модели распределения параметров свойств пород в границах геологической модели может быть уточнена и гидродинамическая модель месторождения под конкретные технологии разработки.

*Статья написана в рамках выполнения Государственного задания в сфере научной деятельности на 2017 г.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барский А.Б., Беркова Т.А. и др. Разработка методики привязки керн–ГИС с использованием ЭВМ // Современные проблемы ядерной геофизики и геоакустики: сб. науч. тр. / ВНИИГЕОСИСТЕМ. М., 1992. С. 108–113.
2. Гудок Н.С., Богданович Н.Н., Мартынов В.Г. Определение физических свойств нефтеводосодержащих пород: учеб. пособие для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. 592 с.
3. Дмитриев А.П., Миронычев В.Г. Опыт привязки керна на примере месторождений Удмуртской Республики. Современные технологии извлечения нефти и газа // Перспективы развития минерально-сырьевого комплекса (Российский и мировой опыт): сб. материалов конф. / ФГБОУ ВО «Удмурт. гос. ун-т». Ижевск, 2016. С. 81–92.

4. *Шишлова Л.М.* Петрофизические методы исследования кернового материала: учеб.-метод. пособие по петрофизике. Уфа: ФГБОУ ВО «Уфим. гос. нефт. техн. ун-т», 2010. 47 с.