АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

А.В. Кузнецов
Научный руководитель ассистент П.С. Дозморов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет г. Томск, Россия

Актуальность повышения точности определения гранулометрических параметров горных пород, а так же систематизация методологий необходимых исследований в данном направлении, обусловлена возможностью определения многих свойств пористой среды. Совокупность полученных данных, позволяет сформировать наиболее эффективный и рациональный алгоритм последующих действий. Например:

- Массовое содержание и корреляция частиц, имеющих разные размеры, позволяют определить такие параметры, как пористость и проницаемость, исходя из их величины, можно сделать вывод о коллекторских свойствах данной горной породы;
- Гранулометрический анализ позволяет определять капиллярные свойства пласта-коллектора. Именно от этих свойств зависит последовательность обводнения зёрен породы, а так же подсчет и расположение остаточных запасов нефти в пласте;
- На основе данных, полученных из гранулометрического анализа, ведётся подбор необходимого фильтрующего оборудования;
- Оперируя данными о гранулометрическом составе, можно определить в каких палеогеографических условиях формировалась залежь. Как известно, имея сведения о генезисе той или иной толщи, можно сделать определенный вывод о её нефтеносном потенциале;
- На стадии разработки месторождений нефти и газа анализ гранулометрического состава дает возможность подобрать оборудование, адаптированное под свойства конкретного месторождении для его дальнейшей наиболее рентабельной эксплуатации.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что актуальность исследований гранулометрического состава остаётся открытой.

Как показывает практика, проводя эксперименты по определению размеров частиц, а так же изучение физических свойств, на прямую зависящих от величины зёрен исследуемого материала, возникает ряд проблем, поиск рентабельного решения которых, ведётся по сей день.

В наши дни существует множество классификаций методов дисперсионного анализа. Ниже приведена классификация Г.И. Ромашова (рисунок), опубликованная в 1938 году [3]. Все методы анализа в ней были сгруппированы в соответствии с физическими принципами, на которых они основаны.

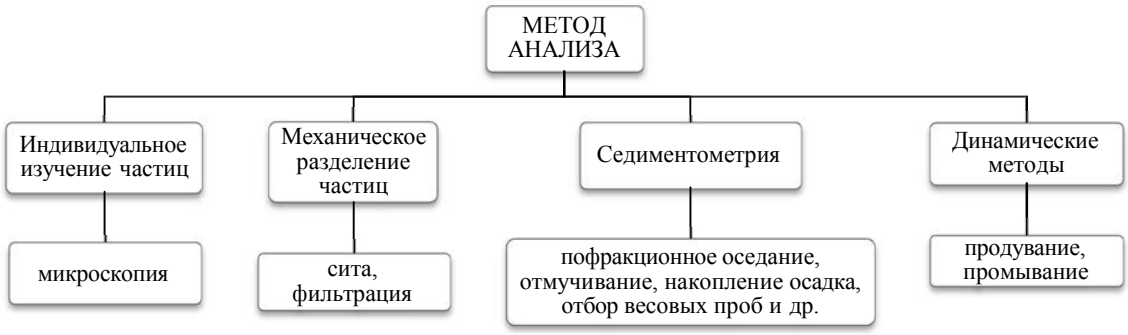

Рис. Классификация методов гранулометрического анализа, предложенная Г.И. Ромашовым

Как правило, при проведении исследований гранулометрического состава, мы можем воспользоваться любым из вышеперечисленных методов, но тут возникает некий парадокс.

Проводя эксперимент с одним и тем же образцом, но при этом, используя разные методы, мы получим разнящиеся результаты. Это связано с тем, что каждый метод накладывает на опыт свой «отпечаток».

Рассмотрим два метода дисперсионного анализа: метод седиментации и метод оптической счетной микроскопии. Согласно классификации Г.С. Ходакова [3], метод микроскопии является прямым, то есть определяет размер частиц с помощью какого-либо масштаба, используемого для проведения исследования с помощью данного прибора (цена деления шкалы микроскопа). Метод седиментации, напротив, Г.С. Ходаков относит к косвенным методам, потому как размеры зёрен определяются по косвенному показателю, который, в свою очередь, зависит от размера самих частиц (скорость оседания в вязкой среде). Дело в том, что алгоритм обработки и принцип получения исследуемых данных абсолютно разный, но при этом используется примерно один диапазон измеряемых значений (микроскоп 1–150 мкм, седиментометр 1–65 мкм) [1].

Метод счетной оптической микроскопии позволяет определить геометрический размер частицы, но так как в поле зрения микроскопа мы видим плоскую двумерную картину объемной частицы, что касается третьего размера, то он не учитывается вовсе. Как известно, большинство частиц, встречающихся в природе не имеют правильной геометрической формы, которая, в свою очередь, определяет пористость, проницаемость, а также механические и аэромеханические свойства исследуемого образца. Поэтому для перехода от двумерной картины, которую мы наблюдаем в поле зрения микроскопа, в пространственную, описание реальной частицы приходится осуществлять с помощью изометричных математических аналогов, что вносит существенную погрешность в результат.

В методах седиментации размер частиц определяется на основе получения данных об их гидродинамических параметрах, а именно, по скорости их оседания в вязкой среде [2]. Приборы на основе весовой седиментации дают наиболее полную характеристику дисперсной системы, потому как исследуется гидравлический размер, который в отличие от геометрического показателя, учитывает все три размера, характеризующих объемное тело.

Седиментационный анализ дисперсных систем основан на уравнении, которое выведено из закона Стокса и позволяет определить размеры частиц дисперсной фазы, исходя из значений скорости их осаждения под действием силы тяжести:

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot \eta \cdot v}{2 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot g}} = k\sqrt{v}$$

При определении размеров частиц при помощи седиментометра, осаждение частиц происходит по прямолинейной траектории, ввиду образования монослоя – исследуемая дисперсионная фаза равномерно распределяется по поверхности дисперсионной среды. Так же прибор оснащен высокочувствительной весоизмерительной системой, что позволяет совместить начало осаждения с началом отсчета, благодаря этому исключается образование погрешности, связанной с неопределённостью начального момента измерений. В этом преимущество использования седиментометра по сравнению с методами весовой седиментации из объема, где для достижения равномерного распределения дисперсионной фазы в среде, необходимо тщательно перемешивать суспензию, в связи с чем, траектория осаждения частиц отклоняется от прямолинейной, что закон Стокса не учитывает. Так же при использовании метода весовой седиментации из объема возникает неопределенность начального момента, обусловленная тем, что время задержки начала измерения выбирается по-разному. Но и у этого прибора есть свои недостатки. При обработке полученных данных, здесь, как и в других методах используется уравнение Стокса, при использовании которого, считается, что частица имеет правильную шарообразную форму. Как было сказано выше, зачастую форма частиц далека от сферической, что опять же влияет на рост погрешности в полученных результатах эксперимента.

В связи с актуальностью увеличения точности анализа гранулометрического состава, встает вопрос о создании нового метода, использование которого не будет влиять на полученные в ходе опыта данные.

Так же решением этой проблемы может стать комплексирование уже используемых методов, для уменьшения погрешности в ходе обработки полученных данных.

Литература

1. Дозморов П.С. Разработка программно-аппаратного комплекса для анализа гранулометрического состава осадочных пород // Международный научно-исследовательский журнал. – Москва, 2012. – № 7-1 (7). – С. 48 – 49.
2. Дозморов П.С. Контроль гранулометрического состава и проницаемости горных пород программно-аппаратными методами// Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – Томск, 2015. – № 1. – С. 37 – 46.
3. Приваловская Г.А., Рунова Т.Г. Естественные ресурсы в народном хозяйстве СССР. – М.: Знание, 1977. – 48 с.

ОБРАЗОВАНИЕ ГАЗОГИДРАТОВ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

В.В. Куприянов, П.И. Гайдук
Научный руководитель ассистент П.С. Дозморов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Целью данной статьи является рассмотрение процессов образование газогидратов и методов борьбы с гидратообразованием. Открытие гидратов как химических соединений относятся к концу XIX в. В XX в. было установлено, что гидраты являются причиной пробкообразования в газопроводах.

В настоящее время проявляются проблемы образования газовых гидратов, осложняющие технологию разведки, добычи, транспорта, хранения и переработки газов. Природные газы в определенных термодинамических условиях вступают в соединение с водой и образуют кристаллы газогидратов. Эти кристаллы скапливаются в различных системах трубопроводов, скважин, промыслов. Условия борьбы с газогидратами являются довольно сложными. Уровень стоимости методов предупреждения и ликвидации газогидратов в системах разведки, добычи и транспорта сырья растет. Впервые гидрат газа был получен членом Королевского общества Англии (впоследствии его президентом) Г. Дэви в 1811 г. В 20-х гг. изучением гидратов занимался известный физик М. Фарадей В 1823 г. он впервые определил состав гидрата хлора. В течение