

НОВЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ

Оригинальная статья

УДК 550.8.011

<https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2024-15-2.art3>

Особенности лабораторного изучения керн слабосцементированных пород-коллекторов

Н.А. Попов ✉, М.С. Сергеев, Д.В. Мазеин, А.А. Чугаева, А.С. Братилов, Е.А. Войняк

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Пермь, Россия

Аннотация. *Актуальность.* В настоящее время существует проблема по исследованию интервалов, представленных слабосцементированным керном, хотя такие породы могут являться основными коллекторами. Отсутствие достоверной петрофизической информации ведет к занижению основных параметров фильтрационно-емкостных свойств, что в дальнейшем может привести к неверной оценке запасов углеводородов. Актуальность работы обусловлена отсутствием единых нормативно-методических подходов к проведению исследований слабосцементированного кернового материала. *Цель работы.* Разработка собственного методологического подхода путем подбора технологий и методик, позволяющего провести первичную подготовку, отбор образцов, профильные измерения и петрофизические исследования слабосцементированного керн. *Материалы и методы.* В работе использовался слабосцементированный керн с месторождения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, исследования проводились согласно требованиям, указанным в методиках по проведению лабораторных исследований с использованием необходимых расходных материалов. Рассмотренные в статье способы охватывают временной интервал с начала 2000-х гг. *Результаты.* При выполнении работы рассмотрены стандартные методики исследования керн и оценена возможность их применения к образцам слабосцементированной породы, а также выявлены особенности подготовки образцов и проведения исследований на слабосцементированном керне. *Выводы.* Разработан методологический подход, позволяющий проводить первичную подготовку, отбор образцов, профильные измерения и петрофизические исследования слабосцементированного керн.

Ключевые слова: слабосцементированный керн, порода-коллектор, первичная подготовка образцов, отбор образцов, профильные измерения, фильтрационно-емкостные свойства, петрофизические исследования

Финансирование: источники финансирования отсутствовали.

Для цитирования: Попов Н.А., Сергеев М.С., Мазеин Д.В., Чугаева А.А., Братилов А.С., Войняк Е.А. Особенности лабораторного изучения керн слабосцементированных пород-коллекторов // Актуальные проблемы нефти и газа. 2024. Т. 15, № 2. С. 141–154. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2024-15-2.art3>

✉ Попов Никита Андреевич, e-mail: nikita.popov@pnn.lukoil.com

© Попов Н.А., Сергеев М.С., Мазеин Д.В., Чугаева А.А., Братилов А.С., Войняк Е.А., 2024



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Введение

Комплексные лабораторные исследования керн слабосцементированных коллекторов, как правило, не могут быть проведены с использованием существующих стандартных методик в связи с механическими особенностями этих горных пород. Примерами подобных коллекторов являются слабосцементированные песчано-алевритовые породы. Как правило, такие породы относятся к III-IV категориям буримости с возможным выносом керна менее 60%, что значительно осложняет достоверную интерпретацию первичных геологических данных.

При подготовке проб для определения коллекторских свойств применялся ГОСТ 26450.0-85 «Горные породы. Общие требования к отбору и подготовке проб для определения коллекторских свойств» – цилиндрические образцы изготавливают из куска керна путем его выбуривания, торцевания и шлифовки торцов. При использовании традиционного подхода цилиндрические образцы из слабосцементированного керна редко удается получить из-за разрушения горной породы в процессе пробоподготовки (выбуривание, торцевание со стандартными смазочно-охлаждающими жидкостями).

При работе со слабосцементированным керном особое внимание необходимо уделять технологиям подготовительных работ (профильным исследованиям, пробоподготовке) и подбору методик петрофизических исследований. Известен способ подготовки образца из слабосцементированного керна путем предварительного замораживания куска керна в жидком азоте для выбуривания и торцевания. Образцы керна после их изготовления усаживают в специальную

термоусадочную трубку с обязательным закрытием торцевых частей образца металлическими сетками для проведения петрофизических исследований. Необходимым условием для получения достоверных результатов является сохранение кондиционных образцов слабосцементированного керна при подготовке и проведении всего комплекса исследований на образцах.

Целью данной работы является разработка собственного методологического подхода путем подбора технологий и методик, позволяющего провести первичную подготовку, отбор образцов, профильные измерения и петрофизические исследования слабосцементированного керна.

Рассмотренные в статье способы охватывают временной интервал с начала 2000-х гг.

Материалы и методы

Отбор керна. В случае отбора керна из слабосцементированных интервалов рекомендуется уделить особое внимание сохранению керна при работах на скважине (отбор, подъем, проведение исследований на скважине, а также подготовка и транспортировка керна в лабораторию).

Основные моменты, на которые необходимо обратить внимание при отборе керна и подготовке его к отправке в лабораторию:

1. Использование специальных долот для отбора керна (подбор долот производится заранее, с учетом геологической характеристики района и свойств горных пород) согласно РД 39-0147716-505-85 «Порядок отбора, привязки, хранения, движения, комплексного исследования керна и грунтов нефтегазовых скважин».

2. При выбуривании керна на скважине необходимо соблюдать режим давления раствора в соответствии с геолого-техническим нарядом (ГТН) и рекомендациями и осуществлять бурение с оптимальной нагрузкой инструмента для исключения разрушения породы в процессе бурения.

3. Соблюдение скоростного режима подъема керна в скважине для дегазации и выравнивания разницы температур между пластовыми и атмосферными условиями.

4. Применение специализированного инструмента при спуске керна со стола ротора на приемные мостки для исключения прогиба и ударов керноприемной трубы.

5. Качественная маркировка керноприемной трубы с нанесением ориентационных линий, линий распиловки керна на метровые отрезки и номера тубуса перед сегментированием трубы.

6. Желательно проведение первичной увязки керна к данным геофизических исследований скважин (ГИС) на скважине с использованием мобильного гамма-регистратора.

7. Сегментирование керноприемной трубы с керном производить при помощи отрезной пилы с диском большого диаметра, позволяющей осуществить распил в один прием.

8. Стабилизация керна в тубусах на скважине (замораживанием, заполнением пространства между тубусом и керном смолой, гипсом, монтажной пеной, буровым раствором) при условии возможностей лаборатории работать с керном без выкладки из труб (томография, гамма-сканирование, отбор образцов, продольная распиловка вместе с трубой). Для рыхлых и слабосцементированных пород стабилизация (в том числе замораживанием) в настоящее

время едва ли не единственный способ обеспечить целостность породы во время транспортировки и подготовки керна к лабораторным исследованиям [1].

9. В отсутствие стабилизации проводить заливку бурового раствора или изолирующего агента в керноприемную трубу-контейнер.

10. Рекомендуется добавлять в буровой раствор перед отбором керна флуоресцентный индикатор. Индикатор позволит более точно оценить глубину проникновения бурового раствора в керн и в дальнейшем производить отбор лабораторных образцов из незатронутой части керна.

11. Использование амортизирующих систем в контейнерах для транспортировки керна (уменьшение вибраций и смещения керна в трубах).

12. Контроль условий хранения керна на скважине и доставки керна в лабораторию. Очень важно избегать температурных перепадов с момента поднятия керна на поверхность до поступления в лабораторию для предотвращения разрушения горной породы (образования микротрещин и изменения водонасыщенности). Необходимо исключить циклы разморозки и заморозки керна, а если отбор и транспортировка производятся в холодное время года (температура ниже нуля градусов), то не допускать размораживания до поступления в лабораторию.

Подготовка керна к исследованиям в лаборатории. Рекомендованный порядок первичной подготовки керна и профильных исследований для слабосцементированных пород отличается от традиционного подхода. На рис. 1 показаны основные различия в составе и порядке операций для консолидированного и слабосцементированного керна.

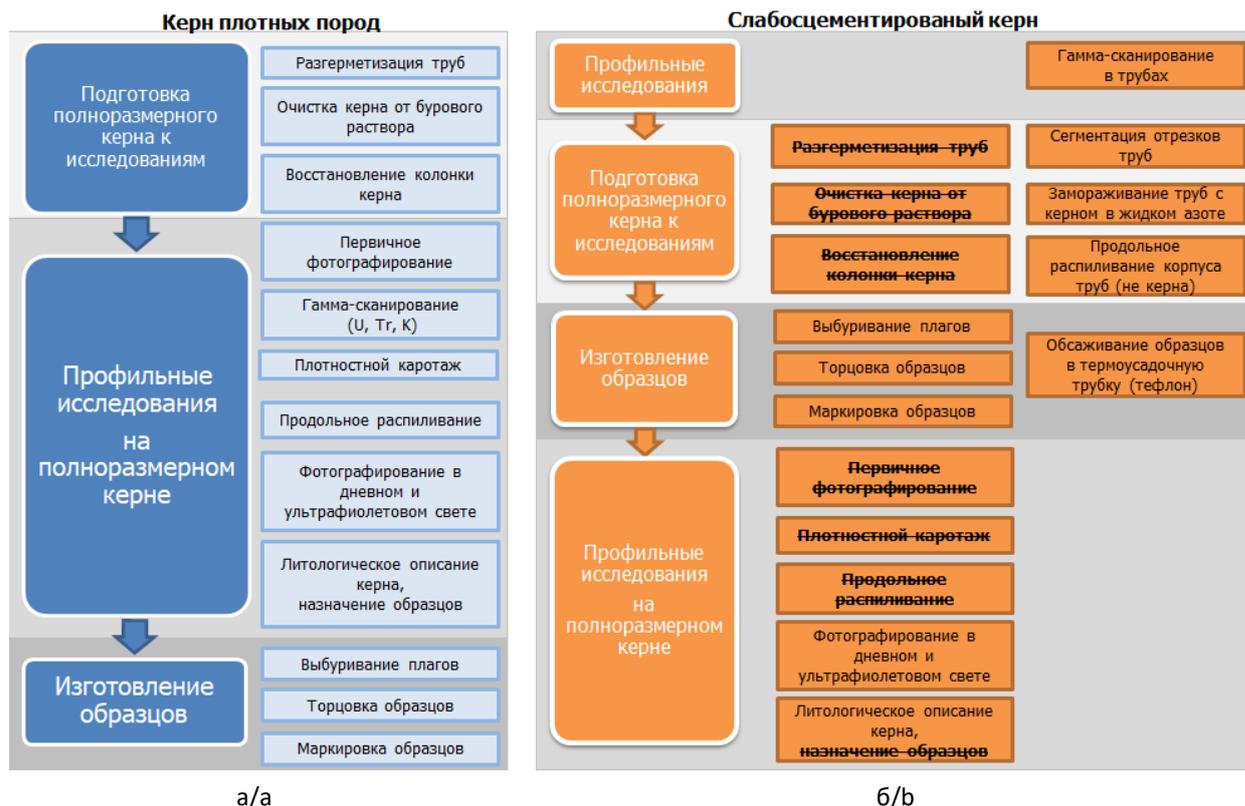


Рис. 1. Схемы подготовки керна, проведения профильных исследований и отбора образцов: а – для консолидированного керна; б – для слабцементированного керна

Fig. 1. Schemes of core preparation, profile studies and sampling: a – for consolidated core; b – for weakly cemented core

При заморозке керна на первый план выходит задача качественного отбора и сохранения петрофизических характеристик для стандартного и специального комплекса исследований. Все работы проводятся в минимально возможные сроки и с использованием небольших партий керна от 1 до 3 метров. Важную роль играет предварительное планирование работ по пробоподготовке и профильным исследованиям.

Полный и подробный обзор рекомендаций по отбору, транспортировке и пробоподготовке слабцементированного керна содержится в работе [1] и Международном стандарте API RP 40-1998 “Recommended Practices for Core Analysis” («Рекомендуемые методы анализа керна»).

Из практики современных лабораторий для слабцементированного керна в первую

очередь рекомендуется проводить томографию полноразмерного керна (при наличии возможностей лаборатории) и гамма-каротаж. Томография полноразмерного керна позволяет получить трехмерные модели с разрешающей способностью 50–200 мкм. Объемная модель керна дает виртуальное изображение всей поверхности колонки керна и позволяет спрогнозировать линию распила колонки и места отбора образцов на исследования в тех случаях, когда керн не рекомендуется извлекать из труб.

Гамма-сканирование проводится в трубах, без выемки керна. В деятельности лаборатории авторов работы метод успешно применяется, поскольку материал труб (алюминий) не вносит существенного вклада в измеряемую общую радиоактивность.

Продольное распиливание при использовании замораживания керна осуществляется следующим образом: распил корпуса трубы на две части для вскрытия контейнера, при этом керн не подвергается распиловке. В этом случае необходимо стремиться сократить время работ по пробоподготовке и изготовлению

образцов во избежание разморозки керна, которое может привести к его разрушению. Перед сегментированием трубы необходимо нанести линии распила (вдоль которых производится распил корпуса трубы) и линии ориентации на трубу, чтобы исключить вероятность потери ориентации фрагмента керна в дальнейшем (рис. 2).



а/а



б/б

Рис. 2. Фрагмент замороженного керна до (а) и после (б) распиливания

Fig. 2. Frozen core fragment before (a) and after (b) sawing

Изготовление образцов. После распила корпуса трубы удаляют верхнюю часть корпуса трубы и назначают места отбора образцов. Нижняя часть трубы используется в качестве подложки для предотвращения механических повреждений. Выбуривание заготовки (плага) производят с подачей жидкого азота в зону резки для предотвращения нагрева породы и охлаждения инструмента. При необходимости после выбуривания заготовку дополнительно охлаждают перед торцеванием и упаковкой образца в защитную оболочку.

После деления плага стандартный образец 30×30 мм шлифуют,

взвешивают и обсаживают с закреплением торцов. В качестве оболочки используют термоусаживаемую трубку, с торцов устанавливают мелкоячеистую сетку и пластины с отверстиями, согласно ОСТ 39-161-83 «Метод лабораторного определения абсолютной проницаемости коллекторов нефти и газа и вмещающих пород». Таким образом, обеспечивается сохранение правильной геометрической формы образца и его доступность для проведения большей части стандартных исследований.

В ходе экспериментальных работ по изготовлению образцов из замороженного керна были сделаны выводы о применимости данной методики к разным типам пород.

Методика вполне подходит для слабосцементированных песчаников и алевролитов с небольшой глинистой составляющей, заморозка позволяет изготовить образцы, пригодные для лабораторных испытаний. Для глинистых (каолинитовых) пород методика не пригодна, образцы разрушаются еще на этапе замораживания полноразмерного керна.

Важным шагом оказался подбор различных вариантов термоусадочной трубки и торцевых пластин (пластины, сетки).

Необходимым условием для сохранения формы образцов слабосцементированного керна является устойчивость термоусадочной пленки к воздействию различного рода растворителей. Были подобраны несколько вариантов термоусадочных трубок различных производителей и поставлен эксперимент по влиянию экстракции в органических растворителях на состояние образцов. Наиболее устойчивой оказалась тонкостенная тефлоновая трубка из PTFE (политетрафторэтилена), см. рис. 3–5.



Рис. 3. Образцы в термоусадочной пленке до воздействия растворителя

Fig. 3. Shrink-wrapped samples before exposure to solvent



Рис. 4. Образцы в термоусадочной пленке после воздействия растворителя

Fig. 4. Shrink-wrapped samples after exposure to solvent



Рис. 5. Образец в термоусадочной трубке из PTFE

Fig. 5. Sample in PTFE shrink tubing

Перед упаковкой образца все материалы и остатки термоусаживаемой трубки после обрезки излишков взвешивались на аналитических весах. Результаты использовались в дальнейших расчетах при определении пористости методом жидкостенасыщения.

Профильные исследования керна.

После отбора образцов оставшийся керновый материал фотографируют в дневном и ультрафиолетовом свете, производят литологическое описание и отбор образцов без требований к определенной форме.

Методика изготовления петрографических шлифов из рыхлых пород также отличается от стандартного подхода. Заготовки на начальном этапе предварительно пропитывают окрашенной смолой для заполнения пор и трещин, а также укрепления материала образца. Перед экстрагированием образцы упаковывают в фильтровальную бумагу.

Экстракция образцов. В соответствии с ГОСТ 26450.0-85 для определения коллекторских свойств горных пород образцы, содержащие углеводороды, должны быть очищены от них путем экстрагирования [2]. Экстрагирование образцов выполнялось в аппаратах Сокслета. В качестве растворителя использовалась спирто-бензольная смесь в соотношении 1:2, согласно указанному ГОСТу.

После экстракции высушивание до постоянной массы слабосцементированных образцов проводилось в термощкафу при температуре 70 ± 2 °С, рекомендуемой для глинистых пород по ГОСТ 26450.0-85. Контроль процесса сушки осуществлялся путем взвешивания образцов.

Определение основных фильтрационно-емкостных свойств. На экстрагированных и высушенных образцах был определен коэффициент абсолютной газопроницаемости согласно ГОСТ 26450.2-85 «Горные породы. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации». В отличие от стандартной методики при измерении коэффициента абсолютной газопроницаемости образцов из слабосцементированных пород возникает необходимость учета размера упаковки образца (геометрические размеры образца снимаются на этапе его упаковки) для соблюдения указанного ГОСТа и при контроле давления обжима образца [3].

Предварительно коэффициент абсолютной газопроницаемости был определен на небольшой коллекции образцов с использованием двух приборов:

- прибора «Дарсиметр»;
- анализатора «ПИК-ПП».

Высокое давление обжима образца до 34 атм на анализаторе «ПИК-ПП» приводит к разрушению рыхлых образцов горных пород, поэтому проведение измерений на нем возможно только на наиболее плотных образцах. Дальнейшие измерения по определению коэффициента абсолютной газопроницаемости проводились методом стационарной фильтрации на приборе «Дарсиметр», давление бокового обжима которого составляет 10–12 атм и не разрушает образцы из слабосцементированных пород.

Коэффициент открытой пористости на образцах слабосцементированного керна был определен двумя методами:

– газоволюметрическим методом на анализаторе «ПИК-ПП». Сущность метода заключается в определении объема твердой фазы образца по закону Бойля (при постоянной температуре произведение давления на объем газа пропорционально количеству (массе) газа, занимающего этот объем) и его внешнего объема, рассчитанного методом замера геометрических размеров образца (длина, диаметр). Пустотный объем определяется / как разность между внешним объемом образца и объемом твердой фазы. В отличие от стандартной методики при расчете коэффициента открытой пористости дополнительно необходимо учитывать размеры упаковки образца. Высокое давление обжима образца может привести к разрушению образца слабосцементированной горной породы и получению недостоверных результатов, поэтому газоволюметрический метод использовался только на наиболее плотных образцах;

– методом Преображенского (жидкостенасыщения) согласно ГОСТ 26450.1-85 «Горные породы. Методы определения коэффициента открытой пористости жидкостенасыщением». Сущность метода заключается в определении объема пустотного пространства образца (по разности масс сухого и насыщенного жидкостью образца), его внешнего объема (по разности масс насыщенного жидкостью образца в воздухе и в насыщающей жидкости) и вычислении коэффициента пористости путем деления первого объема на второй. В отличие от стандартной методики дополнительно необходимо

учитывать объем упаковки образца при расчетах коэффициента открытой пористости. Для этого перед запаковкой образцов определялся вес упаковки (отдельно дисков, сеток, пленки, ленты ФУМ – из фторопластового уплотнительного материала), а также ее гидростатический вес (вес в рабочей жидкости), измерялась плотность рабочей жидкости (рис. 6).

На основе полученных данных был рассчитан и учтен в расчетах объем упаковки каждого образца следующим образом:

$$K_n = \frac{V_n}{V_{обр}} \cdot 100, \quad (1)$$

$$V_n = \frac{m_2 - m_1}{\delta_{ж}}, \quad (2)$$

$$V_{обр} = \frac{m_2 - m_3}{\delta_{ж}} - V_d - V_c - V_{пл} - V_{л}, \quad (3)$$

$$V_{yn} = V_d + V_c + V_{пл} + V_{л}, \quad (4)$$

$$V_{yn} = \frac{m_c - m_z}{\delta_{ж}}, \quad (5)$$

где K_n – открытая пористость;

m_1 – масса сухого образца в упаковке, г;

m_2 – масса насыщенного образца в упаковке в воздухе, г;

m_3 – масса насыщенного образца в упаковке в насыщающей жидкости, г;

m_c – вес упаковки образцов, г;

m_z – гидростатический вес упаковки образцов, г;

V_n – объем пор образца, см³;

$V_{обр}$ – внешний объем образца, см³;

$V_d, V_c, V_{пл}, V_{л}$ – объемы дисков, сеток, пленки, ленты ФУМ, см³;

$\delta_{ж}$ – плотность насыщающей жидкости, г/см³.



Рис. 6. Последовательность действий при определении коэффициента открытой пористости методом жидкостенасыщения на образцах слабосцементированного керна

Fig. 6. Sequence of operations for determining the open porosity coefficient by liquid-saturation method on samples of weakly cemented cores

Предварительно, на небольшой коллекции образцов, в качестве насыщающей жидкости были использованы:

- модель пластовой воды (раствор натрия хлористого);
- керосин.

Выявлено, что использование в качестве насыщающей жидкости модели пластовой воды приводит к разбуханию, увеличению объема образцов слабосцементированных пород, содержащих глинистые прослойки, а следовательно, к большим погрешностям в определении коэффициента открытой пористости. В случае использования керосина деформирования образцов не наблюдалось, поэтому в дальнейших измерениях коэффициента открытой пористости в качестве насыщающей жидкости использовался керосин. Следует отметить, что определение пористости «по керосину» осложняет технологию исследований слабо-

сцементированного керна, так как требуется дополнительная экстракция и насыщение водой для дальнейших исследований.

Таким образом, наиболее предпочтительным методом для определения коэффициента открытой пористости на образцах слабосцементированной породы является метод жидкостенасыщения керосином с учетом объема упаковки образцов в расчетах.

Необходимо отметить, что одной из главных задач для петрофизического обеспечения информацией потребителя является высокое качество и количество керна, отбираемого при бурении скважины [4, 5]. Способы отбора, доставки и выбор методов проведения дальнейших лабораторных исследований должны быть направлены на сохранение первоначальных физических и коллекторских свойств образца для получения наиболее достоверных результатов [6–10].

Заключение

В результате исследований разработан методологический подход, позволяющий проводить первичную подготовку, отбор образцов, профильные измерения и петрофизические исследования слабоцементированного керна. При выполнении работы рассмотрены стандартные методики исследования керна и оценена возможность их применения к образцам слабоцементированной породы.

Выявлены особенности подготовки образцов и проведения исследований на слабоцементированном керне:

– технология замораживания керна применима к слабоцементированным породам (хороший результат был получен

на песчано-алевритовых породах), но неприемлема для глинистых (каолинитовых) пород в связи с растрескиванием породы;

– необходимым условием для сохранения кондиционных образцов слабоцементированного керна является устойчивость термоусадочной пленки к воздействию различного рода растворителей;

– при определении фильтрационно-емкостных свойств необходимо учитывать влияние упаковки образцов, а также контролировать давление бокового обжима, чтобы избежать разрушения образцов;

– рекомендуется использовать керосин в качестве насыщающей жидкости для пород, содержащих глинистые прослои.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список источников

1. Макфи К., Рид Дж., Зубизаретта И. Лабораторные исследования керна: гид по лучшим практикам / Пер. с англ. И.Н. Иванова; под ред. М.А. Тугаровой. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. 924 с.
2. Москаленко Н.Ю. Повышение достоверности определения фильтрационно-емкостных свойств и насыщенности коллекторов сеномана по комплексу керн-ГИС на основе усовершенствованной технологии исследования слабоцементированного керна: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Тюмень, 2022. 24 с.
3. Чухланцева Е.Р. Комплексирование методов литофациального и геолого-геофизического моделирования в целях геометризации верхнесеноманских залежей Мессояхской зоны нефтегазонакопления: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2016. 22 с.
4. Гурбатова И.П., Мелехин С.В., Юрьев А.В. Особенности изучения петрофизических и упругих свойств керна в сложнопостроенных коллекторах нефти и газа при моделировании термобарических пластовых условий // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2010. № 5. С. 67–72.
5. Алексин Г.А., Клещев А.А., Россихин Ю.А. Перспективы поисков нефти и газа на севере Тимано-Печорской провинции. М.: ВНИИОЭНГ, 1982. 44 с.
6. Гурбатова И.П., Михайлов Н.Н. Изучение латеральной анизотропии в сложнопостроенных карбонатных коллекторах лабораторными методами // Вестник ЦКР Роснедра. 2010. № 3. С. 28–36.

7. Гурбатова И.П., Глушков Д.В., Рехачев П.Н. и др. Особенности изучения карбонатных пород-коллекторов лабораторными методами. Пермь: ЛУКОЙЛ-Инжиниринг, 2017. 264 с.

8. Дмитриев Н.М., Максимов В.М., Михайлов Н.Н., Кузьмичев А.Н. Экспериментальное изучение фильтрационных свойств анизотропных коллекторов углеводородного сырья // Бурение и нефть. 2015. № 11. С. 6–9.

9. Белозеров И.П., Юрьев А.В. Определение относительных фазовых проницаемостей на образцах полноразмерного керна // Молодая нефть: Сб. статей Всероссийской молодежной научно-технической конференции нефтегазовой отрасли. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. С. 93–99.

10. Юрьев А. В., Шулев В.Е. Определение коэффициента вытеснения нефти водой на образцах полноразмерного керна // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 2. С. 28–34.

Информация об авторах

Никита Андреевич Попов – к.т.н., начальник управления, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Пермь, Россия; SPIN-код: 7416-2766, <https://orcid.org/0009-0005-7350-9785>; e-mail: nikita.popov@pnn.lukoil.com

Михаил Сергеевич Сергеев – начальник отдела, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Пермь, Россия; <https://orcid.org/0009-0004-5383-1817>; e-mail: mikhail.sergeev@pnn.lukoil.com

Денис Васильевич Мазеин – начальник отдела, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Пермь, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-4869-9979>; e-mail: denis.mazein@pnn.lukoil.com

Анастасия Александровна Чугаева – главный специалист, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Пермь, Россия; SPIN-код: 2611-5900, <https://orcid.org/0009-0006-7609-8261>; e-mail: anastasija.chugaeva@pnn.lukoil.com

Александр Сергеевич Братилов – инженер 2-й категории, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Пермь, Россия; <https://orcid.org/0009-0002-8180-9540>; e-mail: abratilov@inbox.ru

Елена Алексеевна Войняк – инженер 1-й категории, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Пермь, Россия; <https://orcid.org/0009-0002-9248-9028>; e-mail: elena.vojnyak@pnn.lukoil.com

Поступила в редакцию 20.12.2023

NEW METHODS AND TECHNOLOGIES OF STUDYING THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF OIL AND GAS BASINS

Original article

<https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2024-15-2.art3>

Features of laboratory study of the core of weakly cemented reservoir rocks

N.A. Popov , M.S. Sergeev, D.V. Mazein, A.A. Chugaeva, A.S. Bratilov, E.A. Voinyak

PermNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Perm, Russia

Abstract. *Background.* Currently, there is a problem of studying intervals represented by weakly cemented core, although such rocks can be the main reservoirs. Lack of reliable petrophysical information leads to underestimation of the main parameters of porosity and permeability, which in the future is likely to lead to incorrect estimation of hydrocarbon reserves. The relevance of the work is due to the lack of unified regulatory and methodological approaches to the research of weakly cemented core material. *Objective.* To develop our own methodological approach by selecting technologies and techniques, which allows to carry out primary preparation, sampling, profile measurements and petrophysical studies of weakly cemented core. *Materials and methods.* We used weakly cemented core from the Volga-Ural oil and gas province and conducted the research in accordance with the requirements specified in the guidelines for laboratory tests using necessary supplies. The methods considered in the article cover the time interval from the early 2000s. *Results.* In the course of the work, standard methods of core investigation were considered, and the possibility of their application to the samples of weakly cemented rock was evaluated. The peculiarities of sample preparation and research on weakly cemented core were also revealed. *Conclusions.* A methodological approach was developed that allows primary preparation, sampling, profile measurements and petrophysical studies of weakly cemented core.

Keywords: weakly cemented core, reservoir rock, primary sample preparation, sampling, profile measurements, porosity and permeability, petrophysical studies

Funding: the work received no funding.

For citation: Popov N.A., Sergeev M.S., Mazein D.V., Chugaeva A.A., Bratilov A.S., Voinyak E.A. Features of laboratory study of the core of weakly cemented reservoir rocks. *Actual Problems of Oil and Gas*. 2024. Vol. 15, No. 2. P. 141–154. (In Russ.). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2024-15-2.art3>

 Nikita A. Popov, e-mail: nikita.popov@pnn.lukoil.com

© Popov N.A., Sergeev M.S., Mazein D.V., Chugaeva A.A., Bratilov A.S., Voinyak E.A., 2024



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

References

1. McPhee K., Reed J., Zubizaretta I. *Laboratory Core Testing: A Guide to Best Practices*. Amsterdam: Elsevier, 2015. 829 p. <https://doi.org/10.1016/c2014-0-00418-2>
2. Moskalenko N.Yu. Increase of reliability of determination of porosity, permeability and saturation of Cenomanian reservoirs by complex KERN-GIS on the basis of improved technology of research of weakly cemented core. Cand. Sci. diss. abstr. Tyumen, 2022. 24 p. (In Russ.).
3. Chukhlantseva E.R. Complementation of lithofacial and geological-geophysical modeling methods for geometrization of the Upper Cenomanian deposits of the Messoyakha oil and gas accumulation zone. Cand. Sci. diss. abstr. Tomsk, 2016. 22 p. (In Russ.).
4. Gurbatova I.P., Melekhin S.V., Yurjev A.V. Research features of petrophysical and elastic core characteristics in oil and gas compound reservoirs under thermobaric in-place conditions. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*. 2010. No. 5. P. 67–72. (In Russ.).
5. Aleksin G.A., Kleshchev A.A., Rossikhin Yu.A. *Prospects for Oil and Gas Exploration in the North of the Timan-Pechora Province*. Moscow: VNIOENG, 1982. 44 p. (In Russ.).
6. Gurbatova I.P., Mikhailov N.N. Examination of the lateral anisotropy in carbonate reservoirs with complex structure by laboratory methods. *Bulletin of the CDC Rosnedra*. 2010. No. 3. P. 28–36. (In Russ.).
7. Gurbatova I.P., Glushkov D.V., Rekhachev P.N. et al. *Features of Studying Carbonate Reservoir Rocks Using Laboratory Methods*. Perm: LUKOIL-Engineering, 2017. 264 p. (In Russ.).
8. Dmitriev N.M., Maksimov V.M. Mikhailov N.N., Kuzmichev A.N. Experimental study of filtration properties of hydrocarbons anisotropic fields. *Burenie i neft'*. 2015. No. 11. P. 6–9. (In Russ.).
9. Belozеров I.P., Yuryev A.V. Determination of relative phase permeabilities on full-size core samples. In: *Youth Oil: Proceedings of the All-Russian Youth Scientific and Technical Conference of the Oil and Gas Industry*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2014. P. 93–99. (In Russ.).
10. Yur'ev A.V., Shulev V.E. Determination of water-oil displacement efficiency on the whole core samples. *Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural Sciences*. 2015. No. 2. P. 28–34. (In Russ.).

Information about the authors

Nikita A. Popov – Cand. Sci. (Eng.), Head of Department, PermNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Perm, Russia; <https://orcid.org/0009-0005-7350-9785>; e-mail: nikita.popov@pnn.lukoil.com

Mikhail S. Sergeev – Head of Department, PermNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Perm, Russia; <https://orcid.org/0009-0004-5383-1817>; e-mail: mikhail.sergeev@pnn.lukoil.com

Denis V. Mazein – Head of Department, PermNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Perm, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-4869-9979>; e-mail: denis.mazein@pnn.lukoil.com

Anastasia A. Chugaeva – Chief Specialist, PermNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Perm, Russia; <https://orcid.org/0009-0006-7609-8261>; e-mail: anastasija.chugaeva@pnn.lukoil.com

Aleksandr S. Bratilov – Second Category Engineer, PermNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Perm, Russia; <https://orcid.org/0009-0002-8180-9540>; e-mail: abratilov@inbox.ru

Elena A. Voinyak – First Category Engineer, PermNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Perm, Russia; <https://orcid.org/0009-0002-9248-9028>; e-mail: elena.vojnyak@pnn.lukoil.com

Received 20.12.2023