



СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ ВОДОНАСЫЩЕННОСТИ В АТМОСФЕРНЫХ И ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А.Г. ХОХОЛКОВ^{1,*}, А.В. ЧАШКОВ², В.С. КОРЫТОВ^{1,3}

¹ ООО «НОВАТЭК НТЦ»

7, ул. Пожарных и спасателей, г. Тюмень 625031, Россия

² ПАО «НОВАТЭК»

90/2, Ленинский проспект, г. Москва 119313, Россия

³ ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (ТИУ)

38, ул. Володарского, г. Тюмень 625000, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В лабораторной практике общепринятым методом для определения остаточной водонасыщенности (Кво) и кривых капиллярного давления (ККД) является метод полупроницаемой мембраны в групповом капилляриметре. Получаемые в групповых капилляриметрах значения Кво (ККД) определяются в атмосферных условиях, и для дальнейшего использования результатов в петрофизической, геологической и гидродинамической моделях требуется их приведение к пластовым условиям.

Цель. Целью работы является экспериментальное исследование влияния давления и температуры на определяемые значения Кво и кривые капиллярного давления при переходе от атмосферных условий к пластовым на одних и тех же образцах керна.

Материалы и методы. По аналогии с другими ранее выполненными в различных лабораторных центрах работами в смежных областях проведены исследования, заключающиеся в последовательном определении водонасыщенности и электрического сопротивления образцов при различных сочетаниях эффективного давления обжима и температуры: в групповом капилляриметре и в индивидуальном капилляриметре. Кроме того, за предшествующий период был накоплен массив данных по определению капиллярных кривых в атмосферных и пластовых условиях в различных лабораториях. Проведен анализ имеющихся данных.

Результаты. Наблюдается систематическое снижение значений Кво в индивидуальном капилляриметре по сравнению с групповым. При температуре, соответствующей атмосферным условиям, увеличение эффективного давления приводит к уменьшению наблюдаемых значений Кво. Влияние температуры на значения Кво достоверно определить не удалось.

Заключение. Наблюдается несоответствие полученных результатов исходным предположениям о влиянии условий эксперимента на значение Кво. Требуется проведение дополнительных исследований и, возможно, ревизия имеющихся подходов к проведению измерений применительно к изучаемым объектам.

Ключевые слова: керн, капилляриметрия, кривая капиллярного давления, термобарические условия

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследования проведены в рамках договорных работ.

Для цитирования: Хохолков А.Г., Чашков А.В., Корытов В.С. Сравнение результатов определения остаточной водонасыщенности в атмосферных и термобарических условиях. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2025;67(3):51—59.

<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-3-51-59> EDN: [HSMCXC](#)

Статья поступила в редакцию 13.08.2025
Принята к публикации 16.09.2025
Опубликована 30.09.2025

* Автор, ответственный за переписку

COMPARISON OF IRREDUCIBLE WATER SATURATION MEASUREMENTS UNDER AMBIENT AND RESERVOIR CONDITIONS

ALEXEY G. KHOKHOLKOV^{1,*}, ANATOLIY V. CHASHKOV², VITALY S. KORYTOV^{1,3}

¹ NOVATEK STC
7, Pozharnykh i spasateley str., Tyumen 625031, Russia

² NOVATEK PJSC
90/2, Leninsky ave., Moscow 119313, Russia

³ Industrial University of Tyumen
38, Volodarskogo str., Tyumen 625000, Russia

ABSTRACT

Background. In laboratory practice, the method of semi-permeable membranes using a batch porous plate is a conventional technique for determining irreducible water saturation (Swirr) and capillary pressure curves (CPC). The Swirr and CPC values obtained under ambient conditions in batch porous plates must be adjusted to reservoir conditions before they can be effectively applied in petrophysical, geological, and hydrodynamic models.

Aim. To investigate experimentally the effect of pressure and temperature on the measured values of Swirr and CPC when transitioning from ambient to reservoir conditions using the same core samples.

Materials and methods. By analogy with other previously completed works in various laboratory centers in related fields, our experiments included the sequential determination of water saturation and electrical resistivity of core samples under various combinations of effective confining pressure and temperature, using both a batch porous plate and an individual cell porous plate with semi-permeable membranes. In addition, we analyzed a comprehensive dataset on capillary pressure curves measured under ambient and reservoir conditions in different laboratories.

Results. A systematic decrease in the measured values of Swirr was observed in the individual cell porous plate compared to the batch porous plate. Under temperatures corresponding to ambient conditions, an increase in effective pressure led to a reduction in the observed Swirr values. The influence of temperature on Swirr could not be reliably determined.

Conclusion. The obtained results show discrepancies with the initial assumptions regarding the impact of experimental conditions on Swirr values. Further studies are required, and a revision of existing measurement approaches may be necessary for the studied objects.

Keywords: core, batch porous plate, individual cell porous plate, semi-permeable membrane, irreducible water saturation, capillary pressure curve, ambient and reservoir conditions

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Khokholkov A.G., Chashkov A.V., Korytov V.S. Comparison of irreducible water saturation measurements under ambient and reservoir conditions. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2025;67(3):51—59. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-3-51-59> EDN: [HSMCXC](https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-3-51-59)

*Manuscript received 13 August 2025**Accepted 16 September 2025**Published 30 September 2025*

* Corresponding author

В лабораторной практике общепринятым методом для определения остаточной водонасыщенности ($K_{во}$) и кривых капиллярного давления (ККД) является метод полупроницаемой мембраны в групповом капилляриметре [1].

Получаемые в групповых капилляриметрах значения $K_{во}$ (ККД) определяются в атмосферных условиях, и для дальнейшего использования результатов в петрофизической, геологической и гидродинамической моделях требуется их приведение к пластовым условиям.

Согласно [2] для преимущественно гидрофильных пород перевод коэффициента остаточной водонасыщенности в атмосферных условиях (здесь и далее — $K_{во,ау}$) в коэффициент остаточной водонасыщенности в термобарических условиях (здесь и далее — $K_{во,тбу}$) осуществляется с использованием расчетной формулы, учитывающей снижение пористости при ТБУ за счет сжатия порового пространства, что приводит к возрастанию значений $K_{во}$:

$$K_{во,ТБУ} = K_{во,ау} \times (K_{п,ау} / K_{п,тбу}).$$

Согласно представленной формуле, остаточная водонасыщенность в пластовых условиях возрастает на 3—7%. Однако в источнике [2] отсутствует экспериментальное обоснование данной зависимости, а сама формула учитывает лишь перераспределение остаточной воды за счет сжатия порового пространства и не отражает влияние температуры, что ограничивает ее применимость.

В общем случае для гидрофильных пород с низкой глинистостью и отсутствием развитой трещиноватости повышение эффективного давления действительно может способствовать росту $K_{во}$. Это объясняется сдвигом распределения пор по радиусам в сторону более мелких значений и соответствующим увеличением капиллярных давлений. В то же время повышение температуры снижает поверхностное натяжение в системе «вода — газ», что ведет к уменьшению капиллярных давлений и, как следствие, к снижению $K_{во}$. Таким образом, изменение $K_{во}$ при переходе к пластовым условиям определяется совокупным и разнонаправленным воздействием давления и температуры, что делает однозначное увеличение

$K_{во}$ маловероятным без учета конкретных термобарических и петрофизических условий.

Дополнительно в работе [3] на основе анализа 13 керновых образцов показано, что в негидрофильных коллекторах различие между значениями $K_{во,ау}$ и $K_{во,тбу}$ оказывается незначительным. Это указывает на важность смачиваемости как ключевого фактора, влияющего на поведение остаточной водонасыщенности при изменении внешних условий.

Следует отметить, что в опубликованных исследованиях, посвященных сравнению значений остаточной водонасыщенности в атмосферных и термобарических условиях, объем экспериментальных данных, как правило, ограничен десятками керновых образцов. Такой объем обусловлен высокой трудоемкостью, длительностью и стоимостью лабораторных исследований. Однако он является недостаточным для выявления устойчивых закономерностей изменения $K_{во}$, особенно с учетом значительной литологической и структурной неоднородности низкопроницаемых коллекторов. Варьирование условий насыщения, смачиваемости, температуры и напряженного состояния может приводить к существенному разбросу результатов, что делает обобщение данных по малой выборке методологически некорректным. Полагаться на такие результаты при построении общих зависимостей нецелесообразно, поскольку это повышает риск формирования недостоверных представлений о поведении остаточной водонасыщенности при изменении термобарических условий.

В реальных геологических условиях $K_{во}$ варьируется разнонаправленно в связи с комплексным влиянием пластовых параметров (температура, давление) на свойства порового пространства, флюидов и характер их взаимодействия.

Указанное несоответствие принятого (ожидаемого) и фактически наблюдаемого характера изменения $K_{во}$ при переходе к пластовым условиям приводит к необходимости дополнительного изучения связи изменения $K_{во}$ с условиями эксперимента и свойствами образцов.

Материалы и методы

Объем выполненных работ по определению кривых капиллярного давления в условиях,

моделирующих пластовые, на образцах керна, отобранных из терригенных отложений месторождений Западной Сибири, преимущественно с гидрофильным и промежуточным характером смачиваемости, составляет 63 проекта (скважины), 1666 исследований, из которых 716 также охарактеризованы результатами определения кривых капиллярного давления (здесь и далее — ККД) методом полупроницаемой мембраны в групповом капилляриметре. Исследования керна проводились в различных лабораториях, далее в тексте обозначенных как лаборатории группы ЛАБ1 и лаборатории группы ЛАБ2.

Детальная информация по количеству исследований приведена в таблице 1. На рисунке 1 приведены сопоставления коэффициента абсолютной проницаемости, коэффициента пористости и коэффициента остаточной водонасыщенности указанных образцов.

При проведении типовых (рутинных) исследований условия эксперимента (эффективное давление и температура) определяются условиями залегания пластов и, как правило, меняются совместно, что затрудняет выделение вклада каждого из параметров в изменение результатов.

Для уточнения характера влияния каждого из указанных параметров на результаты эксперимента (остаточную водонасыщенность, кривые

капиллярного давления, зависимость P_n — K_v) авторами проводятся работы, заключающиеся в последовательном определении коэффициентов водонасыщенности при нескольких значениях капиллярного давления и соответствующих УЭС коллекций образцов при различных сочетаниях параметров эксперимента: в групповом капилляриметре; в индивидуальном капилляриметре для набора давлений 3 и 30 МПа и температур 30 и 80(90) °С.

Указанные работы проводятся на образцах керна из типовых проектов по исследованиям керна терригенных отложений, отобранного на месторождениях северной части Западной Сибири. Партии образцов (по 10 образцов) последовательно проходят этапы исследований, приведенные в таблице 2.

Результаты (как типовых исследований, так и опытных работ) были проанализированы с целью выделения наиболее общих закономерностей при переходе от атмосферных условий к пластовым. Несмотря на наличие большого количества ККД, анализ результатов проводился только для величины остаточной водонасыщенности (под ней мы понимаем значение K_{vo} , соответствующее капиллярному давлению $P_c = 12$ атм в лабораторных условиях, т.е. без приведения P_c к пластовым условиям). Рассмотрение вопросов,

Таблица 1. Количество исследований методом полупроницаемой мембраны в пластовых условиях, полученных при проведении рутинных договорных работ ООО «НОВАТЭК НТЦ»

Table 1. Number of studies conducted using the semi-permeable membrane method in reservoir conditions during routine contractual work by NOVATEK STC

Параметр	Значение
Количество скважин (всего)	63
Количество скважин (исследования в лабораториях группы ЛАБ1)	29
Количество скважин (исследования в лабораториях группы ЛАБ2)	34
Количество исследования ККД в ТБУ	1666
Количество исследования ККД в ТБУ и ККД в АУ на одних и тех же образцах	716

Таблица 2. Этапы опытных работ
Table 2. Stages of experimental work

Условия	№ этапа					
	1 Пробоподготовка	2 Групповой капилляриметр	3	4	5	6
Рэфф, МПа	-	0	3	3	30	30
T, °C	-	20	30	80—90	30	80—90
P _c , атм	-	2,45 12	2,45 12	2,15 10,05 12	2,45 12	2,15 10,05 12

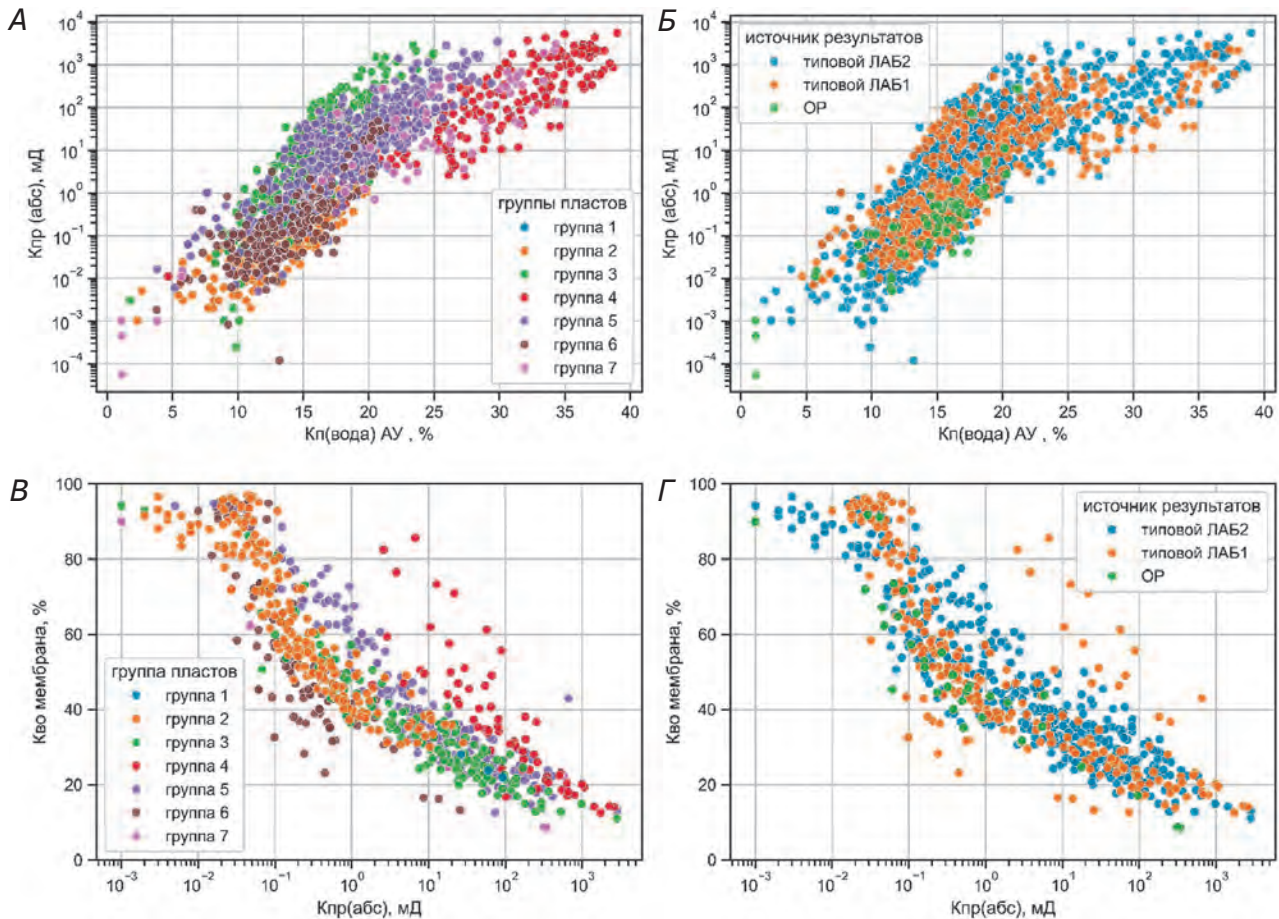


Рис. 1. Сопоставления коэффициента абсолютной проницаемости и коэффициента пористости (А, Б) и коэффициента остаточной водонасыщенности в групповом капилляриметре и коэффициента проницаемости (В, Г): А, В — по группам пластов; Б, Г — по источнику результатов (исполнителю работ). Обозначения на Б, Г: типовой ЛАБ1, типовой ЛАБ2 — работы, выполненные в лабораториях групп ЛАБ1 и ЛАБ2 в рамках типового комплекса исследований, ОР — выполненные в рамках опытных работ

Fig. 1. Comparison of the absolute permeability coefficient and the porosity coefficient (А, Б) and the residual water saturation coefficient in a group capillarymeter and the permeability coefficient (В, Г): А, В — by groups of layers; Б, Г — by the source of results (the performer of the work). Designations on Б, Г: works performed in the laboratories of the ЛАБ1 and ЛАБ2 groups in a typical research complex, ОР — performed in experimental works

связанных с трансформацией формы ККД и внесением поправок за изменение давления и температуры, представляет собой гораздо более сложную и комплексную проблематику, не рассматривается в настоящей работе и является темой дальнейших исследований.

Результаты и обсуждение

Сопоставление значений остаточной водонасыщенности, полученных в индивидуальном капилляриметре в условиях, моделирующих пластовые, с аналогичными значениями в атмосферных условиях, показывает существенное снижение наблюдаемых значений $K_{во}$ для примерно 80% образцов (рис. 2).

Среднее снижение $K_{во}$ при переходе в термобарические условия составляет от 5,6% для работ, выполненных в лабораториях группы ЛАБ1, до 8,3% для работ, выполненных в лабораториях группы ЛАБ2. На рисунке 2Б зависимости выбраны таким образом, чтобы подчеркнуть среднее снижение $K_{во}$, и проходят параллельно линии равных значений $K_{во}$; при этом можно заметить, что для высоких $K_{во}$ снижение более выражено.

Для оценки характера изменения $K_{во}$ при переходе в пластовые условия можно ввести коэффициент $K_{sw_{рт}}$, характеризующий отношение значений остаточной водонасыщенности в пластовых и атмосферных условиях:

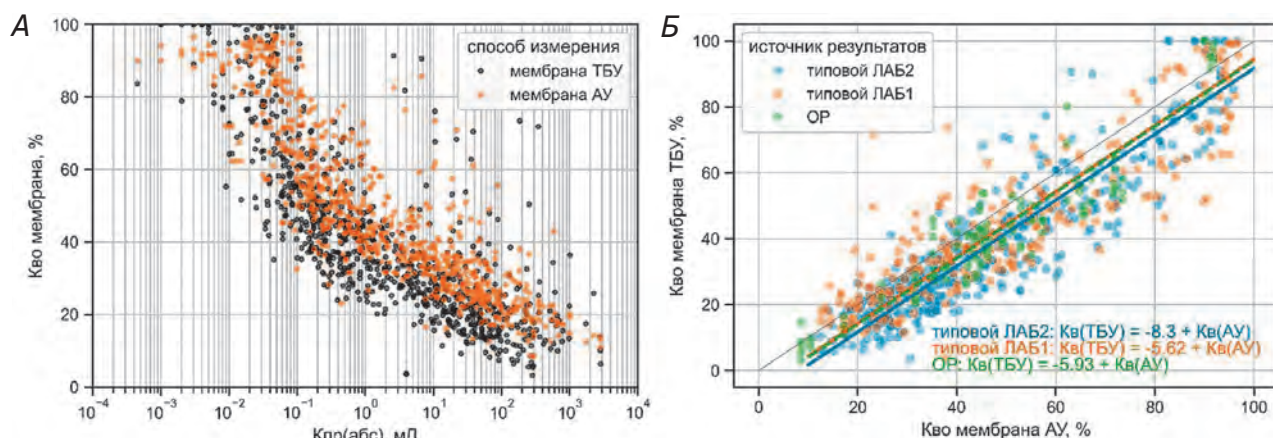


Рис. 2. Сопоставление коэффициента остаточной водонасыщенности и коэффициента абсолютной проницаемости (А) и коэффициентов остаточной водонасыщенности в атмосферных и пластовых условиях (Б)
Fig. 2. Comparison of the coefficient of residual water saturation and the coefficient of absolute permeability (A) and the coefficients of residual water saturation in atmospheric and reservoir conditions (B)

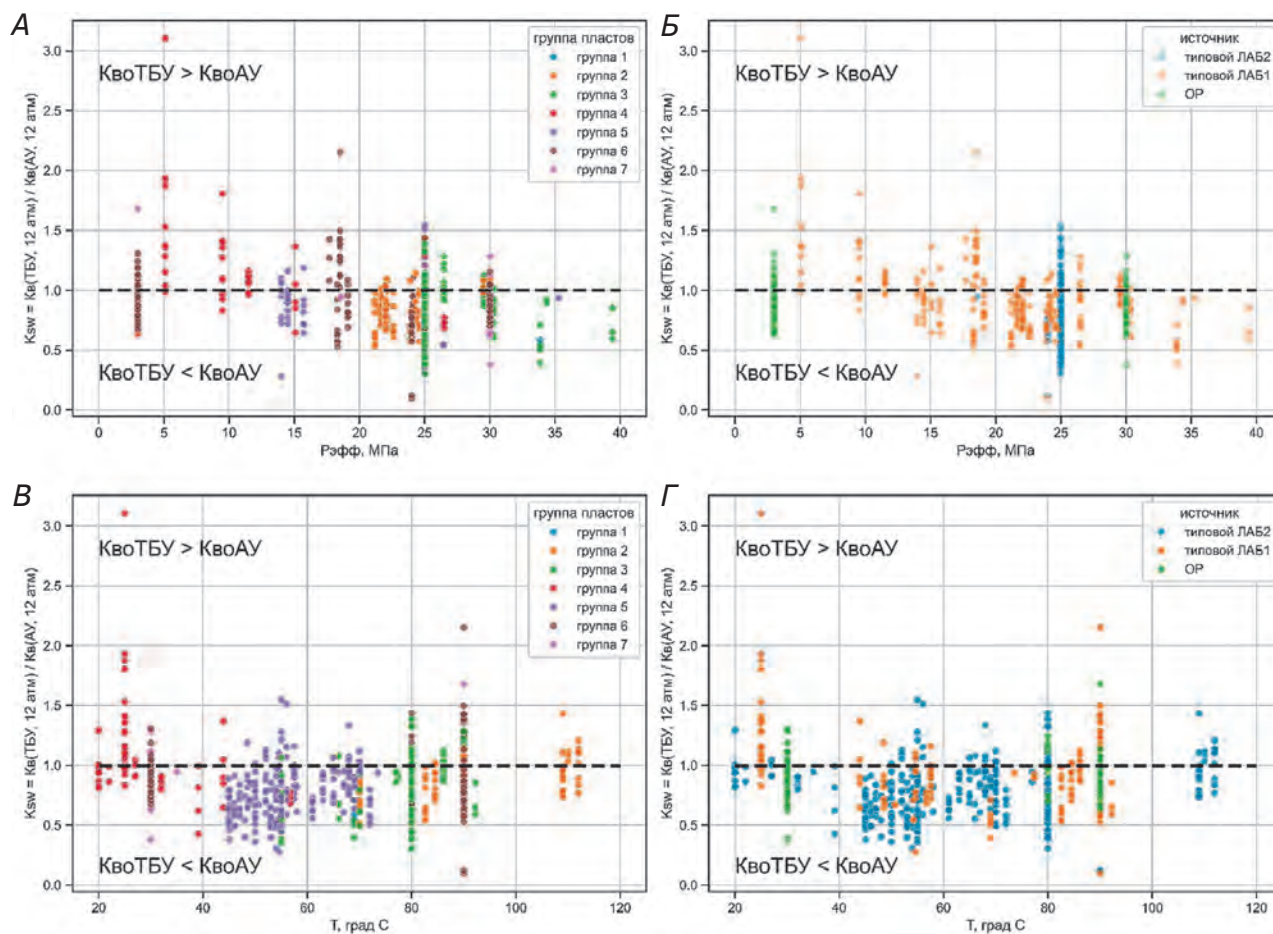


Рис. 3. Сопоставление коэффициента $K_{\text{sw}}_{\text{рт}}$ с условиями эксперимента и свойствами образцов: эффективным давлением (А, Б), температурой эксперимента (В, Г); А, В — по группам пластов, Б, Г — по источнику результатов (исполнителю работ)
Fig. 3. Comparison of the $K_{\text{sw}}_{\text{рт}}$ coefficient with the experimental conditions and properties of the samples: effective pressure (A, Б), experimental temperature (В, Г); А, В — by groups of layers, Б, Г — by the source of the results (the performer of the work)

$$K_{sw_{PT}} = K_{wo_{PT}} / K_{wo_{AY}},$$

где $K_{wo_{PT}}$ — остаточная водонасыщенность в термобарических условиях в индивидуальном капилляриметре, $K_{wo_{AY}}$ — остаточная водонасыщенность в атмосферных условиях в групповом капилляриметре.

На рисунке 3 приведены сопоставления $K_{sw_{PT}}$ с эффективным давлением и температурой эксперимента. Наблюдается определенная зависимость с эффективным давлением (рис. 3А, Б). К сожалению, все работы в группе лабораторий ЛАБ2 выполнены при практически неизменных значениях эффективного давления, что не позволяет сделать вывод, связана такая зависимость с особенностями измерений, проведенных в группе лабораторий ЛАБ1, или же имеет более общий характер.

Связь с температурой эксперимента (рис. 3В, Г), на наш взгляд, недостаточно выражена.

Проведенные опытные работы позволяют более детально оценить вклад условий эксперимента в изменение K_{wo} . Сопоставления K_{wo} , определенного в индивидуальном капилляриметре при различных сочетаниях эффективного давления и температуры, и K_{wo} , определенного в групповом капилляриметре, приведены на рисунке 4. На рисунках 4А, Б, иллюстрирующих влияние эффективного давления на K_{wo} , видно снижение K_{wo} с ростом эффективного давления.

Наблюдается уменьшение значений K_{wo} с ростом эффективного давления, что противоречит первоначально принятым предположениям о характере таких изменений.

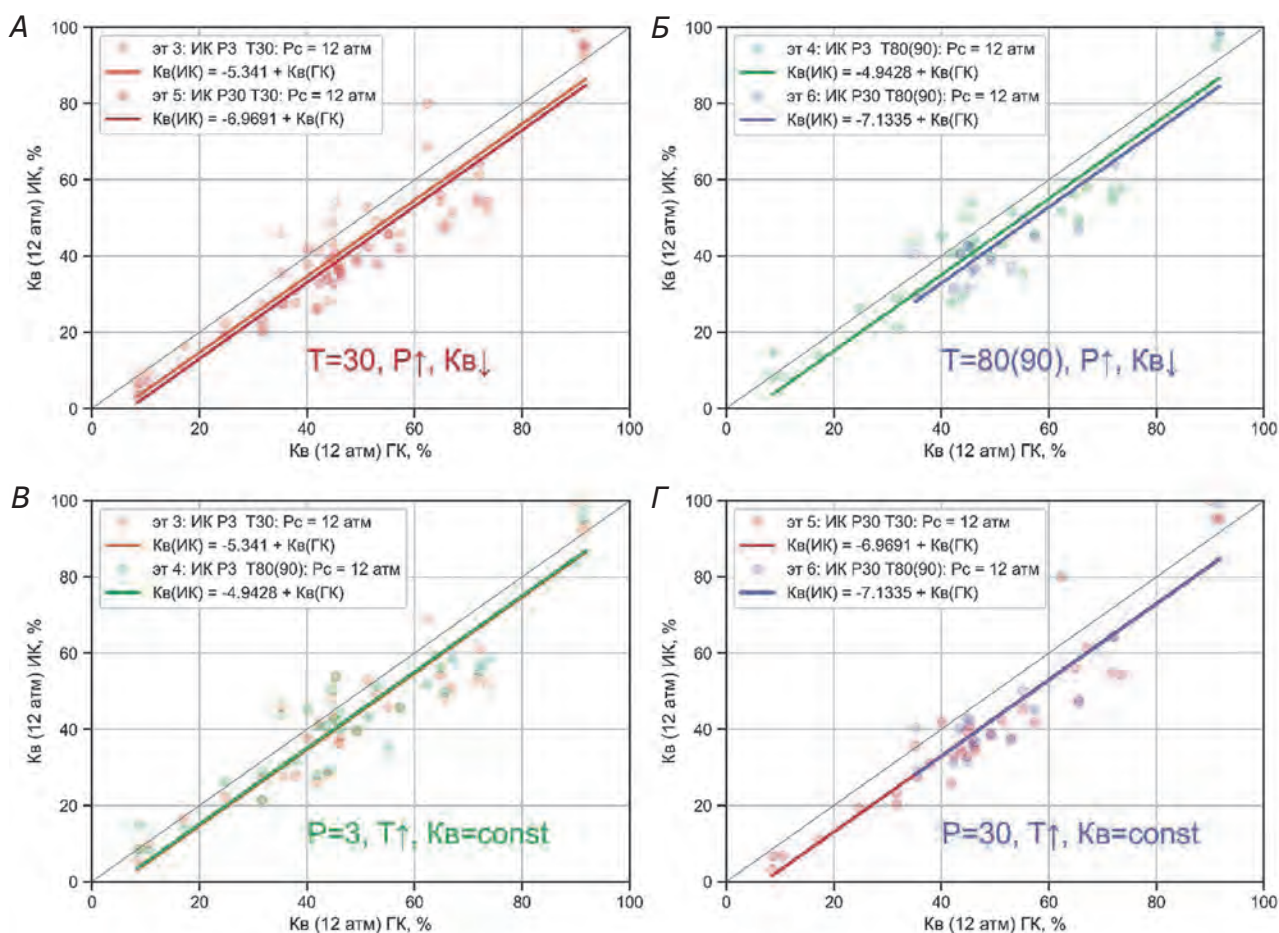


Рис. 4. Сопоставление K_{wo} , определенного в индивидуальном капилляриметре при различных сочетаниях эффективного давления и температуры, и K_{wo} , определенного в групповом капилляриметре: А — увеличение давления при $T = 30^\circ \text{C}$, Б — увеличение давления при $T = 80(90)^\circ \text{C}$, В — увеличение температуры при Рэфф = 3 МПа, Г — увеличение температуры при Рэфф = 30 МПа

Fig. 4. Comparison of Sw_i determined in an individual capillary meter at different combinations of effective pressure and temperature and Sw_i determined in a group capillary meter: А — pressure increase at $T = 30^\circ \text{C}$, Б — pressure increase at $T = 80(90)^\circ \text{C}$, В — temperature increase at $P_{eff} = 3 \text{ MPa}$, Г — temperature increase at $P_{eff} = 30 \text{ MPa}$

Необходимо отметить, что основное снижение Кво происходит при создании минимального технологически обусловленного давления $R_{эфф} = 3$ МПа, что не соответствует исходному предположению о незначительном влиянии минимальных технологических значений температуры и давления в индивидуальном капилляриметре (этап 3, $P = 3$ МПа, $T = 30$ °C) на сопоставимость с результатами, полученными в групповом капилляриметре. Вопрос причины такого снижения Кво остается открытым.

Характер влияния температуры (рис. 4В, Г) на наблюдаемые значения Кво установить однозначно не удалось.

Заключение

Проанализирован массив результатов определения кривых капиллярного давления в условиях, моделирующих пластовые.

На рассматриваемом массиве данных наблюдается доминирующий эффект снижения Кво при переходе от атмосферных условий к пластовым (80 % выборки), что не соответствует исходным предположениям о влиянии условий эксперимента на значение Кво.

С ростом эффективного давления усиливается снижение Кво в индивидуальном капилляриметре,

что следует как из анализа рутинных (типовых) исследований, так и по данным проведенных опытных работ.

Остается открытым вопрос существенного снижения Кво при переходе из группового в индивидуальный капилляриметр при минимальных технологических значениях температуры и давления, также не удалось установить связь изменения Кво с температурой.

Выявлено существенное расхождение между теоретическими представлениями и фактическими результатами лабораторных исследований, что указывает на вероятность пересмотра как базовых теоретических положений, так и применяемых подходов к определению остаточной водонасыщенности. Актуальность данной проблемы обусловлена ее влиянием на оценку геологических запасов и прогнозирование продуктивного потенциала месторождений. Планируется продолжение исследований с целью уточнения измеряемых параметров и возможной корректировки существующих подходов.

Авторы заинтересованы в научном диалоге и готовы к обсуждению полученных результатов в формате профессионального сообщества.

ЛИТЕРАТУРА

1. МакФи К., Рид Дж., Зубизаррета И. Лабораторные исследования керна: гид по лучшим практикам. М. — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. 912 с.
2. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом (проект). URL: [https://gkz-rf.ru/sites/default/files/](https://gkz-rf.ru/sites/default/files/media/files/2025-06/-mu-pz_09.06.2025.pdf)
3. Терентьев В.Ю., Дьяконова Т.Ф., Саегараев А.Д. и др. Петрофизика негидрофильных коллекторов нефтяных месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Пермь: Астер Диджитал, 2020. 231 с.

REFERENCES

1. McPhee C., Reed J., Zubizarreta I. Core Analysis: A Best Practice Guide. Moscow — Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2018. 912 p. (In Russ.).
2. Guidelines for Estimating Oil and Gas Geological Reserves Using the Volumetric Method (Draft). Available from: [https://gkz-rf.ru/sites/default/files/](https://gkz-rf.ru/sites/default/files/media/files/2025-06/-mu-pz_09.06.2025.pdf)
3. Terentyev V.Yu., Dyakonova T.F., Saetgaraev A.D. et al. Petrophysics of Non-Waterwet Reservoirs in Oil Fields of the Timan-Pechora Petroleum Province. Perm: Aster Didzhital, 2020. 231 p. (In Russ.).

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Хохолков А.Г. — работая в ООО «НОВАТЭК НТЦ», участвовал в разработке дизайна эксперимента, организации эксперимента, подготовил данные для анализа, провел анализ данных, разработал концепцию статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Alexey G. Khokholkov — worked in NOVATEK STC, participated in the development of the experimental design, organization of the experiment, prepared the data for analysis, conducted the data analysis, developed the concept of the article, prepared the text of the article, gave final approval to the published version of the article and agrees to accept responsibility for all aspects of the work.

Чашков А.В. — работая в ПАО «НОВАТЭК», участвовал в разработке дизайна эксперимента, организации эксперимента, провел анализ данных, разработал концепцию статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Корытов В.С. — работая в ООО «НОВАТЭК НТЦ» и Тюменском индустриальном университете, участвовал в организации эксперимента, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Anatoliy V. Chashkov — worked in NOVATEK, participated in the development of the experimental design, organization of the experiment, conducted data analysis, developed the concept of the article, prepared the text of the article, gave final approval to the published version of the article and agrees to accept responsibility for all aspects of the work.

Vitaly S. Korytov — worked in NOVATEK STC and in IUT, participated in organizing the experiment, prepared the text of the article, gave final approval to the published version of the article and agrees to accept responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Хохолков Алексей Георгиевич* — кандидат физико-математических наук, старший эксперт лаборатории петрофизических исследований керна ООО «НОВАТЭК НТЦ».

7, ул. Пожарных и спасателей, г. Тюмень 625031, Россия

e-mail: AGKhokholkov@novatek.ru

SPIN-код: 1623-3070

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4078-6656>

Alexey G. Khokholkov* — Cand. of Sci. (Phys.-Math.), senior expert of the laboratory of petrophysical core research, NOVATEK STC.

7, Pozharnykh i Spasateley str., Tyumen 625031, Russia

e-mail: AGKhokholkov@novatek.ru

SPIN-code: 1623-3070

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4078-6656>

Чашков Анатолий Васильевич — кандидат физико-математических наук, эксперт по петрофизике ПАО «НОВАТЭК».

90/2, Ленинский проспект, г. Москва 119313, Россия

e-mail: Anatoliy.Chashkov@novatek.ru

SPIN-код: 5261-0560

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2752-6842>

Anatoliy V. Chashkov — Cand. of Sci. (Phys.-Math.), petrophysics expert, NOVATEK.

90/2, Leninsky ave., Moscow 119313, Russia

e-mail: Anatoliy.Chashkov@novatek.ru

SPIN-code: 5261-0560

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2752-6842>

Корытов Виталий Сергеевич — заместитель директора лабораторно-исследовательского центра ООО «НОВАТЭК НТЦ»; доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

7, ул. Пожарных и спасателей, г. Тюмень 625031, Россия

38, ул. Володарского, г. Тюмень 625000, Россия

e-mail: vskorytov@novatek.ru

SPIN-код: 5974-3446

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8496-1174>

Vitaly S. Korytov — deputy director of the laboratory research center, NOVATEK STC; Associate Professor of the department of geology of oil and gas fields at IUT, Industrial University of Tyumen.

7, Pozharnykh i Spasateley str., Tyumen 625031, Russia

e-mail: VSKorytov@novatek.ru

SPIN-code: 5974-3446

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8496-1174>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author