

УДК 622.011

DOI: 10.17122/ngdelo-2021-4-50-56

ОЦЕНКА СМАЧИВАЕМОСТИ ОБРАЗЦОВ ТЕРРИГЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ДИФФУЗИОННО-АДСОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ

ESTIMATION OF WETTABILITY OF TERRIGENOUS ROCK SAMPLES BASED ON MEASUREMENTS OF DIFFUSION-ADSORPTION ACTIVITY

С. П. Гвоздик
Semen P. Gvozdk

ООО «РН-БашНИПнефть»,
г. Уфа, Российская Федерация

RN-BashNIPneft LLC,
Ufa, Russian Federation

К. Г. Русских
Konstantin G. Russkih

ООО «РН-БашНИПнефть»,
г. Уфа, Российская Федерация

RN-BashNIPneft LLC,
Ufa, Russian Federation

А. К. Макатров
Artem K. Makatrov

ООО «РН-БашНИПнефть»,
г. Уфа, Российская Федерация

RN-BashNIPneft LLC,
Ufa, Russian Federation

Л. М. Шишлова
Lyudmila M. Shishlova

Уфимский государственный
нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Смачиваемость горных пород оказывает существенное влияние на их свойства, как коллекторские, так и физические — капиллярное давление, относительные фазовые проницаемости, остаточная нефтенасыщенность. Зависимость этих параметров от смачиваемости объясняется структурно-текстурной и поверхностно-молекулярной сложностью исследуемых систем, что придает данной характеристике особую значимость при изучении распределения нефти и воды по мощности залежи, процесса движения флюидов в пласте и вытеснения нефти, а также при интерпретации данных геофизических исследований скважин.

Определение смачиваемости порового пространства основано на изучении адсорбционных свойств молекул флюидов, вступающих во взаимодействия с поверхностью породы. Известные способы оценки смачиваемости поверхности порового пространства горных пород, основанные на определении величины краевого угла смачивания, а также определении времени спин-решеточной релаксации методом ядерно-магнитной релаксации, не получили широкого применения в практике. Наиболее распространёнными методами оценки смачиваемости являются динамические методы, основанные на капиллярном вытеснении воды из водонасыщенного образца углеводородной жидкостью и дальнейшим вытеснением водой. Однако динамические методы имеют определенные недостатки, такие как деформирование образцов породы в ходе экспериментов — образование трещин, сколов, а также большой временной диапазон исследований.

В данной работе предлагается способ оценки смачиваемости с использованием зависимости диффузионно-адсорбционной активности от коэффициента относительной глинистости горных пород на основе измерений диффузионно-адсорбционной активности образцов горных пород, исключающий ограничения динамических методов. Целью работы является практическое опробование предложенного способа оценки смачиваемости поверхности порового пространства на образцах терригенного коллектора, а именно выде-

Ключевые слова

смачиваемость; гидрофобность;
гидрофильность;
поровое пространство;
глинистость;
диффузионно-адсорбционная
активность; коллектор; керн

ление зон различного типа смачиваемости и определение граничных значений диффузионно-адсорбционной активности, соответствующих определенным областям. Полученные результаты могут быть предложены к использованию специалистам, работающим по направлениям гидродинамического моделирования пласта, подсчета запасов, методов увеличения нефтеотдачи.

The wettability of rocks has a significant impact on their properties, both reservoir and physical – capillary pressure, relative phase permeability, residual oil saturation. The dependence of these parameters on wettability is explained by the structural-textural and surface-molecular complexity of the systems under study, which makes this characteristic particularly important when studying the distribution of oil and water by reservoir thickness, the process of fluid movement in the reservoir and oil displacement, as well as when interpreting geophysical research data.

The determination of the wettability of the pore space is based on the study of the adsorption properties of fluid molecules interacting with the rock surface. Known methods for estimating the wettability of the surface of the pore space of rocks, based on determining the value of the wetting edge angle, as well as determining the spin-lattice relaxation time by nuclear magnetic relaxation, are not widely used in practice. The most common methods for assessing wettability are dynamic methods based on capillary displacement of water from a water-saturated sample by a hydrocarbon liquid and further displacement by water. However, dynamic methods have certain disadvantages, such as the deformation of rock samples during experiments – the formation of cracks, chips, as well as a large time range of studies.

In this paper, we propose a method for estimating wettability using the dependence of the diffusion-adsorption activity on the coefficient of relative clay content of rocks based on measurements of diffusion-adsorption activity of rock samples, excluding the limitations of dynamic methods. The aim of the work is to test the proposed method for assessing the wettability of the surface of the pore space on samples of a terrigenous reservoir, namely, to identify zones of various types of wettability and to determine the boundary values of the diffusion-adsorption activity corresponding to certain areas. The obtained results can be offered for use by specialists working in the areas of hydrodynamic reservoir modeling, reserve calculation, and methods for increasing oil recovery.

Введение

Одним из основных параметров, характеризующих потенциальные возможности как терригенных, так и карбонатных коллекторов, является их водоудерживающая способность, которая определяется, прежде всего, таким параметром, как смачиваемость поверхности порового пространства.

Смачиваемость поверхности порового пространства разделяется на гидрофильную и гидрофобную. Гидрофильность породы — такой тип смачиваемости, при которой пленка воды и других полярных жидкостей равномерно покрывает поверхность, гидрофобные породы преимущественно смачиваются неполярными жидкостями

Оценка смачиваемости поровой поверхности горных пород высоко значима при интерпретации данных ГИС, поскольку двойной электрический слой (ДЭС) оказывает весомое влияние на коллекторские и физические свой-

Keywords

wettability; hydrophobicity;
hydrophilicity; pore space;
clay content;
diffusion-adsorption activity;
reservoir; core

ства горных пород, такие как пористость, проницаемость и величина коэффициента остаточной водонасыщенности.

ДЭС возникает в поровом пространстве пород с большим содержанием адсорбентов. Глинистые минералы в осадочных породах присутствуют в тонкодисперсном состоянии и обладают большой удельной поверхностью, способной удерживать полярные молекулы воды и обменные катионы, растворенные в пластовой воде. Таким образом, на поверхности порового пространства глинистых пород возникает слой адсорбированной воды, вносимый существенный вклад в физические параметры и коллекторские свойства.

Одним из основных петрофизических параметров, который определяет наличие ДЭС в порах горных пород является диффузионно-адсорбционная активность ($A_{да}$) — свойство горных пород создавать электрические поля собственной поляризации в результате диф-

фузии растворенных солей в пластовых водах и адсорбции ионов на поверхности пород. $A_{да}$ возникает в случае различия концентраций и химических составляющих солей пластовых вод и бурового раствора скважин. Оценка смачиваемости через параметр $A_{да}$ основана на ионсорбционных и адсорбционно-обменных свойствах горных пород, что способствуют образованию в порах ДЭС у фазовых границ раздела поверхности пор и флюидов [1, 2].

Методы оценки смачиваемости поверхности порового пространства горных пород

На практике для определения характера смачиваемости порового пространства пород чаще применяются динамические методы с использованием центрифуги, из которых наиболее распространен метод Аммота и Тульбовича, сущность которого заключается в капиллярном вытеснении воды из водонасыщенного образца углеводородной жидкостью и дальнейшим вытеснением водой. Также известны способы оценки смачиваемости поверхности порового пространства горных пород, основанные на определении величины краевого угла смачивания, а также определении времени спин-решеточной релаксации методом ядерно-магнитной релаксации (ЯМР). Последние методы не получили широкого применения в практике оценки смачиваемости ввиду тех или иных причин [3–5].

Несмотря на распространенное применение, динамические методы изучения смачиваемости являются трудоемкими и длительными по времени. Также под действием поля давления при вытеснении воды, заполняющей поровое пространство образцов породы, возможна их деформация (сколы, трещины, осыпание слабосцементированных образцов и т.п.), вследствие чего возможна некорректная оценка показателя определяемого параметра смачиваемости.

Основной задачей данной работы является постановка и применение на практике способа определения типа смачиваемости терригенных пород в области коллектора на основе сопоставлений значений диффузионно-адсорбционной активности образцов горных пород с коэффициентом относительной глинистости, исключающего вышеописанные ограничения динамических методов исследований.

Метод оценки смачиваемости с применением петрофизической зависимости «кern — kern»

При изучении фильтрационных и емкостных свойств горных пород важным параметром, характеризующим структуру порового пространства, наряду с коллекторскими характеристиками, является размер пор. По сверхкапиллярным порам движение флюидов происходит свободно, а по капиллярам — при значительном влиянии капиллярных сил. В субкапиллярных поровых каналах влага удерживается межмолекулярными силами, поэтому движение флюидов в таких порах затрудняется. В таком случае поровое пространство заполнено прочносвязанной водой, что обусловлено наличием ДЭС, и порода характеризуется как гидрофильная. Также с возникновением ДЭС и соответствующей диффузионно-адсорбционной активности в терригенных горных породах связано присутствие глинистых минералов, а именно коэффициента относительной глинистости ($h_{гп}$), характеризующего относительное содержание глинистой фракции в объеме порового пространства пород.

Анализ литературных данных показал, что для отложений мезозоя и верхнего палеозоя Волго-Уральской провинции, а также Западной Сибири граничные значения относительной глинистости ($h_{гп,гр}$), составляют от 0,4 до 0,5 отн. ед. (в среднем 0,45 отн. ед.). В диапазоне значений $h_{гп}$ от 0,05 до 0,1 отн. ед. в структуре порового пространства горных пород преобладают субкапилляры, что говорит о наличии связанной воды и, соответственно, гидрофильном характере смачиваемости [2, 6].

На основе вышеизложенного, предлагается использовать петрофизическую зависимость «кern — kern» вида:

$$A_{да} = f(h_{гп}). \quad (1)$$

Предложенный способ оценки смачиваемости поверхности порового пространства горных пород позволяет оптимизировать процесс оценки смачиваемости пород за счет расширения информативности известных параметров $A_{да}$ и $h_{гп}$ по следующему алгоритму [7, 8].

1. Применяя среднее граничное значение относительной глинистости $h_{гп,гр} = 0,45$ отн. ед., определяется значение диффузионно-адсорбционной активности $A_{да,гр}$, соответствующее границе «коллектор — не коллектор».

2. Подставив в функцию (1) среднее значение из диапазона 0,05–0,1 ($h_{гг,ср} = 0,075$ отн. ед.), определяется среднее значение диффузионно-адсорбционной активности $A_{да,ср}$, соответствующее границе «гидрофильная — гидрофобная порода» в области коллектора.

3. В соответствии со значениями $A_{да,ср}$ выделяются:

- область гидрофобного коллектора при значениях $A_{да} \leq A_{да,ср}$;
- область смешанной смачиваемости при значениях $A_{да}$ больших $A_{да,ср}$, причем степень гидрофильности поверхности порового пространства коллектора увеличивается с ростом значений диффузионно-адсорбционной активности.

Проведение исследований

и результаты оценки смачиваемости

Для проведения экспериментов была подобрана коллекция образцов керна отложений терригенной толщи нижнего карбона различной степени нефтенасыщения, характеристики которых представлены в таблице 1.

Определение величины $A_{да}$ осуществлялось лабораторным методом, основанным на измерении адсорбционных потенциалов, возникающих на торцах образцов горных пород, насыщенных раствором электролита (аналог пластовой воды), находящихся в контакте с двумя свободными растворами того же электролита, концентрации которых отличны от насыщающего раствора. Данный метод включает измерение естественного потенциала диффузионного происхождения ($E_{д}$) и электрохимического — диффузионно-адсорбционного потенциала ($E_{да}$) и последующее определение диффузионно-адсорбционной активности по формуле:

$$A_{да} = (E_{да} - E_{д}) / \lg \frac{C_1}{C_2}, \quad (2)$$

где C_1 и C_2 — концентрации контактирующих с породой растворов.

Подготовка образцов керна к лабораторным исследованиям, приготовление рабочих растворов, а также насыщение и последующее насыщение образцов проводились согласно регламентам в соответствии с требованиями, указанными в ГОСТ 26450.0-85 и ГОСТ 26450.1-85.

Измерения потенциалов проводились согласно утвержденной методике [9] в следующем порядке.

Приготавливаются рабочие растворы NaCl концентрацией C_1 и C_2 , C_1 (для упрощения выражения 1 концентрация C_2 берется такой, чтобы $C_1/C_2=10/1$).

4. Измеряется диффузионная разность потенциалов ($E_{д}$), возникающая при контакте рабочих растворов.

Насыщаются образцы керна раствором с концентрацией C_1 .

5. Насыщенный образец керна устанавливается в электрохимическую ячейку.

6. Измерение диффузионно-адсорбционного потенциала ($E_{да}$) осуществляется при совместном подключении в электрическую схему сосудов с рабочими растворами и электрохимической ячейки, в которой образец керна выступает в роли пористой перегородки, способной адсорбировать на своей поверхности ионы при естественной диффузии между рабочими растворами.

7. Рассчитывается диффузионно-адсорбционная активность по формуле (2).

Глинистость определялась путем гранулометрического анализа методом лазерной дифракции при помощи лазерного анализатора модели FRITSCH «ANALYSETTE 22» на предварительно измельченных пробах пород, отобранных с места получения исследуемых образцов керна.

Принцип работы анализатора основан на регистрации оптического излучения, рассеянного частицами исследуемой пробы, проходящего через сфокусированный луч лазера в области измерения. Рассеянное частицами излучение регистрируется под различными углами фотодиодной матрицей и измеряется детектором с последующей компьютерной обработкой результатов.

Коэффициент относительной глинистости ($h_{гг}$) определялся по результатам количественных определений массы глинистых частиц размерами менее 0,01 мкм и рассчитывался по следующим формулам [1]:

$$h_{гг} = \frac{K_{гг}}{K_{гг} + K_{п}}, \quad (3)$$

$$K_{гг} = C_{гг}(1 - K_{п}), \quad (4)$$

где $C_{гг}$ — коэффициент массовой глинистости (равен отношению массы частиц менее 0,01 мкм к общей массе исследуемой пробы);

$K_{гг}$ — коэффициент объемной глинистости;

$K_{п}$ — коэффициент общей пористости.

Таблица 1. Характеристики образцов керна отложений терригенной толщи нижнего карбона

Параметр	Диапазон значений	Среднее значение
$K_{пл}$, отн. ед.	0,08–0,28	0,20
$C_{гдл}$, отн. ед.	0,01–0,46	0,12
$h_{гдл}$, отн. ед.	0,04–0,68	0,27
$A_{да}$, мВ	0,20–8,50	2,82

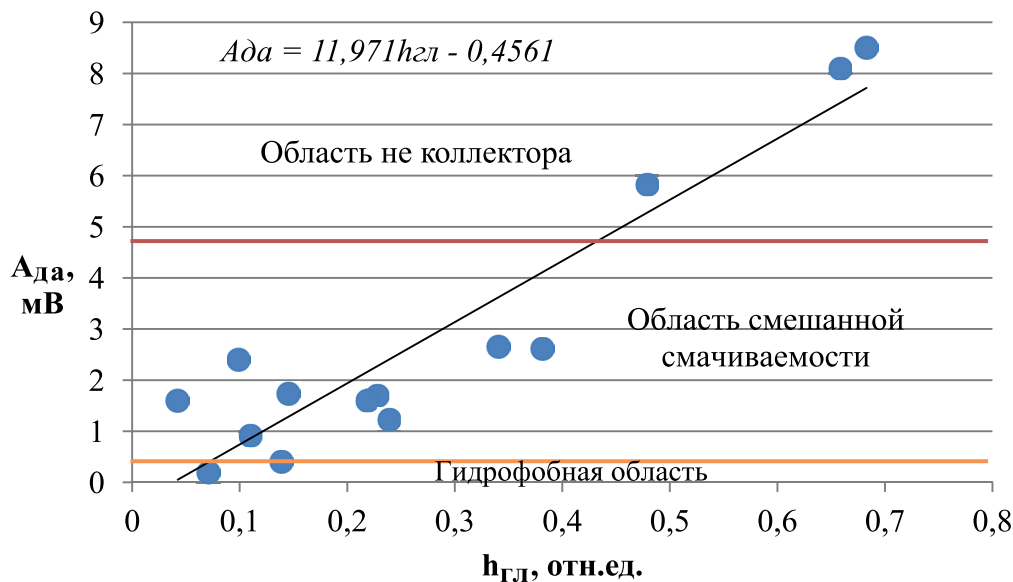


Рисунок 1. Зависимость диффузионно-адсорбционной активности $A_{да}$ от относительной глинистости для терригенной выборки керна (ТТНК, Республика Башкортостан)

По результатам лабораторных исследований образцов керна получена петрофизическая зависимость диффузионно-адсорбционной активности от коэффициента относительной глинистости линейного характера: $A_{да} = 11,971h_{гдл} - 0,4561$.

Следуя алгоритму предлагаемого метода, определяется граничное значение диффузионно-адсорбционной активности, соответствующее границе области коллектора: $A_{да,гр} = 4,93$ мВ (при $h_{гдл,гр} = 0,45$ отн. ед.). Далее определяется среднее значение диффузионно-адсорбционной активности, разделяющее области гидрофобной и смешанной смачиваемости: $A_{да,ср} = 0,44$ мВ (при $h_{гдл,ср} = 0,075$ отн. ед.). Значения $A_{да}$, соответствующие $A_{да,ср}$ и меньшие, указывают на гидрофобность образцов керна, степень гидрофильности образцов возрастает с увеличением $A_{да}$ выше установленного среднего значения.

Таким образом, для данной терригенной выборки керна, а также аналогичных, схожих по литологическим и петрофизическим характеристикам, отложений предлагается рассматривать область — как коллектор смешанной смачиваемости в диапазоне значений $A_{да}$ от 0,4 до 5 мВ.

Выводы

Результатом данной работы является практическое применение теоретических данных о структуре порового пространства и постановка метода оценки смачиваемости пород терригенных коллекторов. На основании полученных экспериментальных данных установлена петрофизическая зависимость диффузионно-адсорбционной активности от относительной глинистости. Применяя предлагаемый алгоритм анализа, для исследуемой коллекции образцов были выделены области коллектора смешанной смачиваемости и гидрофобной, границы которых соответствуют определенным значениям диффузионно-адсорбционной активности.

Предложенный способ оценки смачиваемости поверхности пор горных пород позволяет:

- выделять типы смачиваемости поверхности порового пространства горных пород по керну в области коллектора;
- исключить ограничения динамических методов оценки смачиваемости;
- расширить возможности изучения структуры порового пространства горных по-

род в комплексе петрофизических исследований и данных ГИС;

- усовершенствовать способы выделения коллекторов, а также, в перспективе, гидрофильных и гидрофобных участков по данным метода собственных потенциалов.

В сравнении с наиболее распространёнными методами оценки характера смачиваемости, к преимуществам данного можно отнести:

- отсутствие механических нагрузок на образцы керн;
- выделение на количественном уровне областей различной смачиваемости поверхности порового пространства горных пород;
- возможность оперативной оценки характера смачиваемости геологических объектов при интерпретации данных ГИС.

Стоит отметить, что горные породы обладают различными вещественно-структурными особенностями слагаемых минералов, сформированных при вторичных преобразованиях. Глинистые минералы, входящие в со-

став горных пород, обладают различными удельными поверхностями и, как следствие, диффузионно-адсорбционной способностью [10]. В связи с этим выделяются следующие ограничения:

- не осуществляется учет влияния минерального состава различных глин на возникновение диффузионно-адсорбционной активности;
- невозможно применение данного метода в чистых (неглинистых) пластах.

Полученные результаты способствуют развитию изучения смачиваемости нефтегазовых коллекторов, что позволяет в дальнейшем давать рекомендации для совершенствования этапов разработки и добычи углеводородов в следующих направлениях нефтегазовой отрасли: гидродинамическое моделирование пласта, подсчет текущих запасов нефти и коэффициентов извлечения с учетом адсорбционно-связанных углеводородов, а также при применении методов заводнения и повышения нефтеотдачи коллекторов.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Добрынин В.М., Вендельштейн В.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика (физика горных пород). М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. 367 с.
2. Кобранова В.Н. Физические свойства горных пород. М.: Гостоптехиздат, 1962. 490 с.
3. Гудок Н.С., Богданович Н.Н., Мартынов В.С. Определение физических свойств нефтесодержащих пород. М.: Недра, 2007. 591 с.
4. Тульбович Б.И. Методы изучения пород-коллекторов нефти и газа. М.: Недра, 1979. 199 с.
5. Гайсин М.Р., Фоломеев А.Е., Макатров А.К., Телин А.Г., Афанасьев И.С., Федоров А.И., Емченко О.В., Зайнулин А.В. Определение смачиваемости керн месторождений Вала Гамбурцева различными методами // Территория «Нефтегаз». 2011. № 4. С. 46-53.
6. Петерсилье В.И., Пороскун В.И., Яценко Г.Г. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом. Москва-Тверь: Тверьгеофизика, 2003. 258 с.
7. Пат. 2237162 РФ, МПК Е 21 В 49/00. Оценка степени гидрофобности порового пространства горных пород с использованием диффузионно-адсорбционной активности / Л.М. Шишлова, С.Н. Сидорович, А.Р. Адиев. 2003114293/03, Заявлено 14.05.2003; Опубл. 27.09.2004. Бюл. 27.
8. Пат. 2681973 РФ, МПК Е 21 В 49/00. Оценка смачиваемости поверхности порового пространства горных пород на основе диффузионно-адсорбционной активности / Л.М. Шишлова, С.П. Гвоздик. 2018114382, Заявлено 18.04.2018; Опубл. 14.03.2019. Бюл. 8.
9. Методические указания МУ-НИПИ1-00-4.1-01. Методика измерений диффузионно-адсорбционной активности проб горных пород потенциометрическим

методом. Аттестат аккредитации № 01.00264-2011 от 28.09.2011.

10. Муринов К.Ю., Гвоздик С.П., Савельева Е.Н., Шишлова Л.М. Влияние литолого-минералогического состава на петрофизические свойства терригенных пород нижнего карбона Хасановской площади // Территория «Нефтегаз». 2015. № 12. С. 70-75.

REFERENCES

1. Dobrynin V.M., Vendel'shtein V.Yu., Kozhevnikov D.A. *Petrofizika (fizika gornyykh porod)* [Petrophysics (Rock Physics)]. Moscow, RGU nefti i gaza im. I.M. Gubkina Publ., 2004. 367 p. [in Russian].
2. Kobranova V.N. *Fizicheskie svoystva gornyykh porod* [Physical Properties of Rocks]. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1962. 490 p. [in Russian].
3. Gudok N.S., Bogdanovich N.N., Martynov V.S. *Opreделение fizicheskikh svoystv neftesoderzhashchikh porod* [Determination of the Physical Properties of Oily Rocks]. Moscow, Nedra Publ., 2007. 591 p. [in Russian].
4. Tulbovich B.I. *Metody izucheniya porod-kollektorov nefiti i gaza* [Methods for Studying Oil and Gas Reservoir Rocks]. Moscow, Nedra Publ., 1979. 199 p. [in Russian].
5. Gaisin M.R., Folomeev A.E., Makatrov A.K., Telin A.G., Afanas'ev I.S., Fedorov A.I., Emchenko O.V., Zainulin A.V. *Opreделение smachivaemosti kerna mestorozhdenii Vala Gamburtseva razlichnymi metodami* [The Measurement of Val Gamburtseva Oil Field Core's Wettability by Different Methods]. *Territoriya «Neftegaz» — Oil and Gas Territory*, 2011, No. 4, pp. 46-53. [in Russian].
6. Petersile V.I., Poroskun V.I., Yatsenko G.G. *Metodicheskie rekomendatsii po podschetu geologicheskikh zapasov nefiti i gaza ob'emnym metodom* [Methodical Recommendations for Calculating Geological Reserves of

Oil and Gas by Volumetric Method]. Moscow-Tver, Tver'geofizika Publ., 2003. 258 p. [in Russian].

7. Shishlova L.M., Sidorovich S.N., Adiev A.R. *Otsenka stepeni gidrofobnosti porovogo prostranstva gornyykh porod s ispol'zovaniem diffuzionno-adsorbtsionnoi aktivnosti* [Assessment of the Degree of Hydrophobicity of the Pore Space of Rocks Using Diffusion-Adsorption Activity]. Patent RF, No. 2237162, 2004. [in Russian].

8. Shishlova L.M., Gvozdik S.P. *Otsenka smachivayemosti poverkhnosti porovogo prostranstva gornyykh porod na osnove diffuzionno-adsorbtsionnoi aktivnosti* [Assessment of the Wettability of the Surface of the Pore Space of Rocks Based on Diffusion-Adsorption Activity]. Patent RF, No. 2681973, 2019. [in Russian].

9. *Metodicheskie ukazaniya MU-NIPII-00-4.1-01. Metodika izmerenii diffuzionno-adsorbtsionnoi aktivnosti prob gornyykh porod potentsiometricheskim metodom* [Methodical Instructions MU-NIPII-00-4.1-01. Method for Measuring the Diffusion-Adsorption Activity of Rock Samples by the Potentiometric Method]. Attestat akkreditatsii № 01.00264-2011 ot 28.09.2011. [in Russian].

10. Murinov K.Yu., Gvozdik S.P., Saveleva E.N., Shishlova L.M. *Vliyanie litologo-mineralogicheskogo sostava na petrofizicheskie svoystva terrigennykh porod nizhnego karbona Khasanovskoi ploshchadi* [Litho-Mineralogical Composition Effects on the Petrophysical Properties of Khasanovskaya Area Carbonic Period Terrigenous Rocks]. *Territoriya «Neftegaz» — Oil and Gas Territory*, 2015, No. 12, pp. 70-75. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ ABOUT THE AUTHORS

Гвоздик Семен Петрович, главный специалист отдела подготовительных работ и хранения ядра, ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Российская Федерация

Semen P. Gvozdik, Chief Specialist of Preparatory Works and Core Storage Department, RN-BashNIPIneft LLC, Ufa, Russian Federation

e-mail: Gvozdiksp@bnipi.rosneft.ru

Макатров Артем Константинович, канд. техн. наук, начальник управления исследований ядра и пластовых флюидов, ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Российская Федерация

Artem K. Makatrov, Candidate of Engineering Sciences, Head of Core and Reservoir Fluid Studies Department, RN-BashNIPIneft LLC, Ufa, Russian Federation

e-mail: Makatrovak@bnipi.rosneft.ru

Русских Константин Геннадьевич, эксперт отдела подготовительных работ и хранения ядра, ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Российская Федерация

Konstantin G. Russkih, Expert of Preparatory Works and Core Storage Department, RN-BashNIPIneft LLC, Ufa, Russian Federation

e-mail: Russkihkg@bnipi.rosneft.ru

Шилова Людмила Михайловна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Геофизические методы исследований», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Lyudmila M. Shishlova, Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, Assistant Professor of Geophysical Methods of Well Surveying Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: Shishlovalm@yahoo.com