

Геологическая неоднородность и распределение коллекторских свойств в разрезе продуктивной толщи шешминского горизонта месторождения СВН

Р.Р. Хазиев

н.с. лаборатории геологического и экологического моделирования¹
radmir361@mail.ru

Р.Ф. Вафин

старший преподаватель кафедры геологии нефти и газа²
varus13@mail.ru

¹Институт проблем экологии и недропользования, Казань, Россия

²ИГиНГТ К(П)ФУ, Казань, Россия

В работе изложены результаты исследования литологических особенностей и фильтрационно-емкостных свойств (далее — ФЕС) пласта-коллектора шешминского горизонта месторождения сверхвязкой нефти (далее — СВН), представленного неоднородными в различной степени нефтенасыщенными песчаниками с преобладанием известковистых и глинисто-известковистых разностей. Установлена тенденция ухудшения продуктивности пласта вниз по разрезу: снижение коэффициентов открытой пористости, вертикальной проницаемости и нефтенасыщенности; корреляционные связи между фильтрационными параметрами: выделены две группы взаимосвязанных параметров с коэффициентами корреляции более 0,5. Основываясь на результаты предыдущих исследований шешминских песчаников, авторами сделано допущение, что тенденция ухудшения вниз по разрезу объясняется возможным увеличением содержания карбонатного материала, миграцией пластовых вод из нижележащих отложений сакмарского возраста.

Материалы и методы

Табличные данные с петрофизическими исследованиями кернового материала битуминозных песчаников уфимского яруса. Построение кривых вариаций фильтрационно-емкостных свойств и нефтенасыщенности по разрезу скважин

Ключевые слова

месторождение СВН, лабораторные методы исследования, нефтяной пласт, фильтрационно-емкостные свойства, корреляционная зависимость

На территории Татарстана ввиду планомерного истощения запасов легких нефтей из отложений девонского яруса, в будущем возникает необходимость ввода в эксплуатацию трудноизвлекаемых запасов углеводородов.

Отложения пермской системы представляют наибольший интерес для геологов-нефтяников, так как именно здесь сосредоточены запасы СВН в отложениях казанского и уфимского ярусов.

Основная доля залежей СВН (около 60%) [1] на территории РТ сосредоточены в отложениях шешминского горизонта. Согласно литературным данным [4] терригенные породы уфимского яруса — это обособленная фация песчаников дельтового происхождения. Фация приурочена к краевой части западного склона Южно-Татарского свода и линейно вытянута в северо-западном направлении, совпадая с ориентировкой уфимских палеоречных систем [4].

Существующие ныне способы добычи СВН имеют значительные отличия от способов выработки запасов традиционных (легких) нефтей ввиду следующих причин:

- 1) высокой вязкости нефти (от 300 до 10000 сПз). Для сравнения вязкость легких нефтей — от 5 до 10 сПз;
- 2) значительной неоднородности пород-коллекторов, содержащих запасы СВН. Вследствие вышеназванных причин

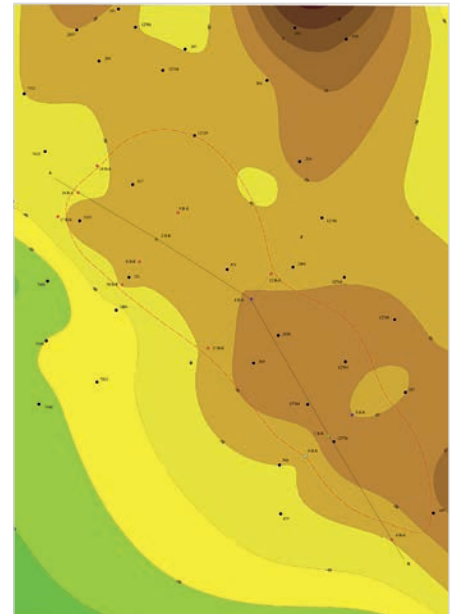


Рис. 1 — Структурная карта по кровле шешминского горизонта месторождения СВН (красной пунктирной линией показан контур месторождения). Масштаб 1:15000
Fig. 1 — Structural map on a roof of the sheshminian strata of the SVO field (the red dashed line has shown a field contour). Scale 1:15000

Вид исследования	Общее число отобранных образцов	Число образцов с проведенным исследованием
Открытая пористость	91	90
Вертикальная проницаемость		32
Карбонатность		49
Минералогическая плотность		91
Нефтенасыщенность по объему		58

Таб. 1 — Полнота информации по проведенным исследованиям образцов керна из отложений шешминского горизонта

Tab. 1 — Completeness information on the conducted researches of core Samples from sheshminian strata

	Открытая пористость	Нефтенасыщенность	Карбонатность	Минер. плотность	Вертикальная проницаемость
Открытая пористость		0,27	-0,81	0,02	0,57
Нефтенасыщенность	0,27		-0,61	0,06	0,11
Карбонатность	-0,81	-0,61		0	-0,57
Минер. плотность	0,02	0,06	0		0
Вертикальная проницаемость	0,57	0,11	-0,57	0	

Таб. 2 — Корреляционная матрица между основными физическими свойствами горных пород (числа в столбцах — коэффициенты корреляции между параметрами; красным отмечены параметры, имеющие сильную связь)

Tab. 2 — Correlation matrix between the main physical properties of rocks (numbers in columns — correlation coefficients between parameters; red has noted the parameters having strong communication)

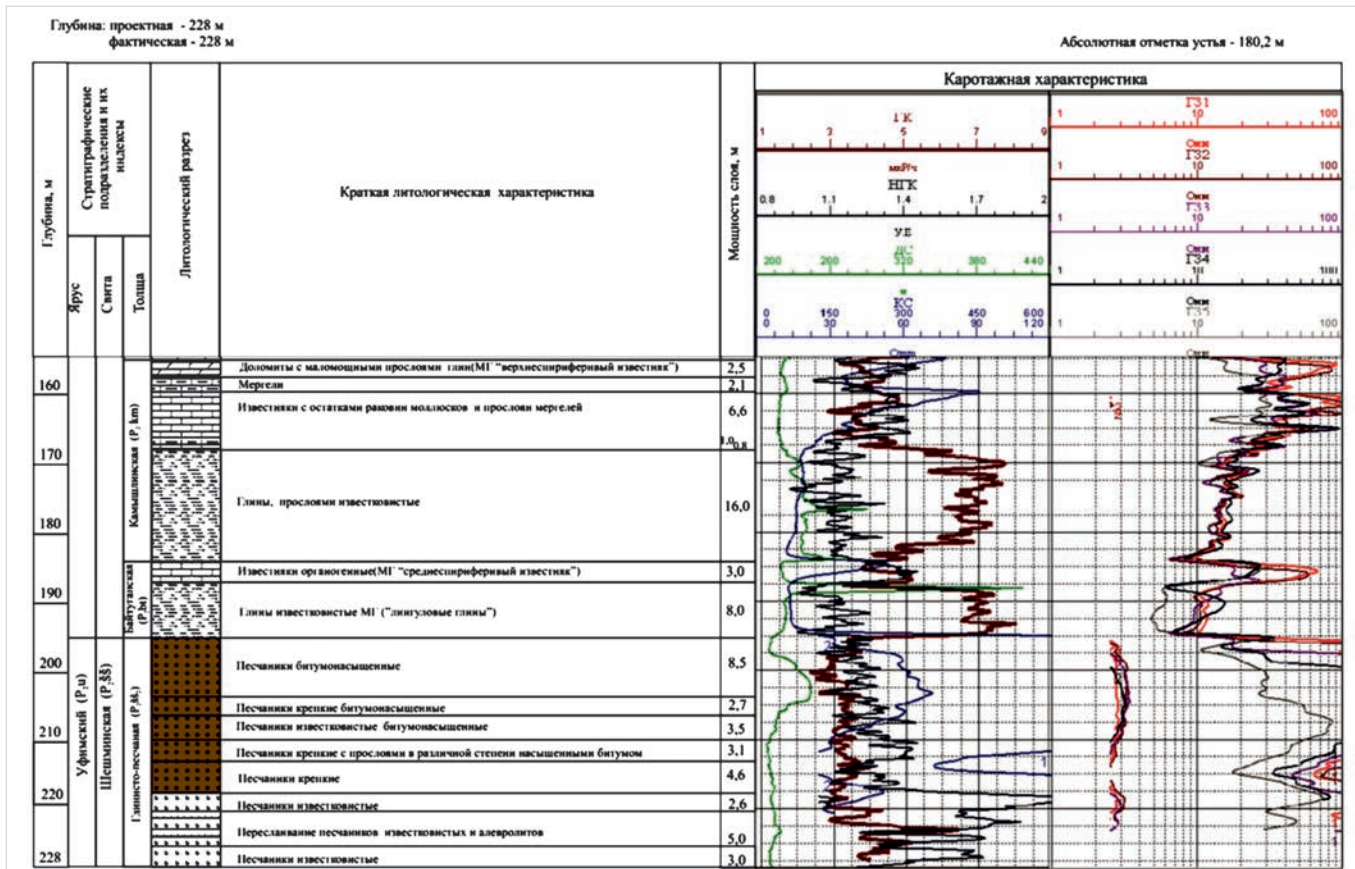


Рис. 2 — Литолого-геофизический разрез скв. №1 месторождения СВН
Fig. 2 — Litological and geophysical outcrop of well №1 SVO field

возникает необходимость детального изучения геологического строения и петрофизических свойств пород-коллекторов на каждом месторождении в отдельности для успешного заложения горизонтальных добывающих скважин (по технологии SAGD).

Объект исследования

Объектом в настоящей работе послужили табличные данные исследования кернового материала месторождения СВН в юго-восточной части Республики Татарстан (по согласованию с недропользователем название месторождения не разглашается).

Месторождение имеет овальную, вытянутую в северо-западном направлении форму (рис. 1). Толщина продуктивного горизонта колеблется от 3,0 м до 30 м (в скв. 1), в среднем составляя 20 м (рис. 4).

По описанию кернового материала, коллектор представлен песчаниками серыми, буровато-серыми, зеленовато-серыми, темно-серыми, черными, зеленовато-коричневыми, слабосцементированными, реже средне- и крепкосцементированными (в скв. 6) в различной степени нефтенасыщенными. Преобладают известковые и глинисто-известковые разности. По структуре песчаники в основном мелкозернистые, присутствуют также средне- и тонкозернистые (скв. 3) породы. Песчаники массивные и неяснослоистые, отмечаются пятнистые (скв. 4), слоистые и косослоистые (скв. 6) текстуры. Песчаники сложены преимущественно обломками кремнистых и эффузивных пород; в заметных количествах встречаются кварц и полевой шпат; присутствуют магнетит, пирит, пироксен, амфибол, сфен. В отдельных скважинах встречаются гнезда белого кристаллического

кальцита, углефицированные растительные остатки (скв. 16), включения кристаллов пирита (скв. 9).

Исходя из вышеописанного, продуктивный пласт характеризуется высокой степенью неоднородности как на макро-, так и на микроуровне (По данным лабораторного анализа керна, изменение ФЕС, нефтенасыщенности и карбонатности варьируется в широких пределах).

Материалом в работе послужили табличные данные исследования керна скв. 1, пробуренной в юго-восточной части месторождения с целью построения кривых вариации ФЕС по разрезу и в дальнейшем установить закономерности их распределения.

Скважина №1 выбрана как объект исследования по следующим причинам: 1) вскрытая толщина битумного пласта максимальная, что позволяет наиболее полно и подробно изучить распределение ФЕС по разрезу шешминских песчаников в скважине; 2) скважина расположена близко к центральному участку южного поднятия, что делает ее приоритетной при дальнейшей выработке запасов. Как показывают результаты изучения месторождений СВН на территории РТ [2,5] наилучшие фильтрационные и емкостные свойства распределены в центральных частях локальных поднятий.

Материалы и методы

Разрез шешминских песчаников, вскрытых в скв. 1, находится в интервале 195–228 м (рис. 2). Из этого интервала отобран на исследование 91 образец с шагом 0,25–0,3 м. Ввиду объективных причин (недостаточная степень экстракции, разрушение образца при исследовании и т.д.) не все отобранные

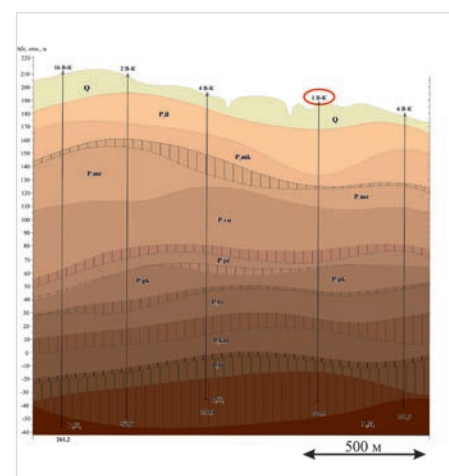


Рис. 3 — Геологический разрез по линии скважин 16-2-4-1-6 (нефтяной пласт представляет собой линзовидное тело, протяженностью 1,5 км). Красным овалом отмечена скв. №1

Fig. 3 — Geological section in the area of wells 16-2-4-1-6 (oil strata represents a lens, 1,5 km long). The red oval has noted well №1

образцы в полноте подверглись всем лабораторным методам анализа. Полнота информации по видам и полноте исследования показаны в таб. 1.

Результаты

Для определения степени корреляционной связи между коллекторскими свойствами была построена корреляционная матрица (таб. 2).

По таблице выявлены 2 группы параметров, которые хорошо коррелируются между собой: 1) пористость-карбо-

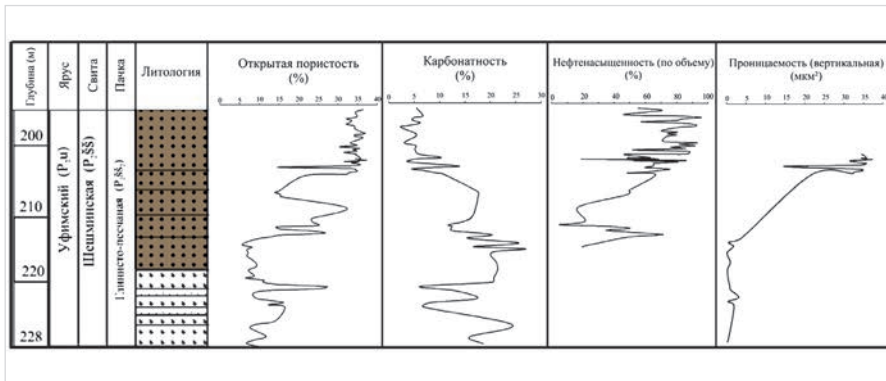


Рис. 4 — Кривые вариаций коллекторских свойств в разрезе шешминского горизонта скв.1 месторождения СВН (верхняя закрашенная область на литологической колонке — нефтенасыщенные песчаники; нижняя часть — крепко- и среднесцементированные без нефтепроявлений)

Fig. 4 — Variations curves of filtration and capacitor properties in a section of the sheshminian strata of SVO field (the top painted-over area on a lithologic column — oil sandstones; the lower part — hard and moderately cemented sandstones)

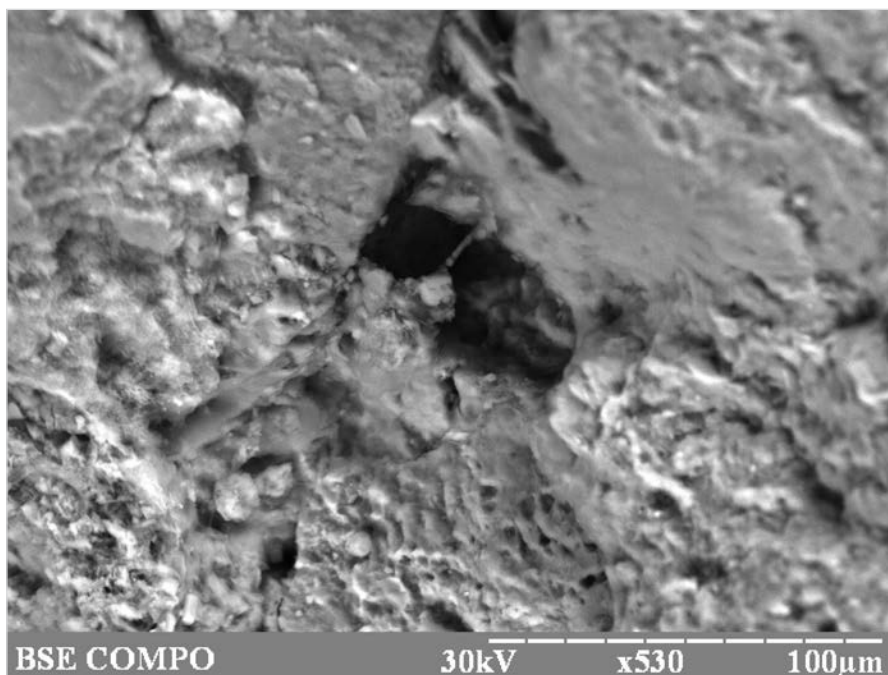


Рис. 5 — Растровая электронная микроскопия образца ядра шешминского горизонта (скв. №1; глубина отбора 211,75 м). BSE COMPO — рельефный режим отображения отраженных электронов; 30 kV — разгоняющее напряжение 30 киловольт; x530 — увеличение в 530 раз (размер образца 5 мм); 100μm — линейка 100 мкм.

Fig. 5 — Raster electronic microscopy of core sample sheshminian strata (well No. 1; depth of selection is 211,75 m). BSE COMPO — the relief mode of display of the reflected electrons; 30 kV — the dispersing voltage of 30 kilovolts; x530 — increase by 530 times (the size of a sample of 5 mm); 100μm — a line of 100 microns.

натность-вертикальная проницаемость 2) нефтенасыщенность-карбонатность.

Как видно в таб. 2, между нефтенасыщенностью и открытой пористостью слабо выраженная связь с коэффициентом корреляции 0,27. Вероятнее всего, при исследовании открытой пористости методом Преобразенского, в счет попали поры, имеющие капиллярную и субкапиллярную размерность, где исключается вероятность заполнения их нефтью [3].

Для полноты картины построены кривые вариаций ФЕС в разрезе скв. 1 (рис. 4). Как видно на рис. 4, несмотря на высокие значения открытой пористости (30—35 %) в верхней части разреза, наблюдаются участки, где нефтенасыщенность снижается с 90 до 65 %, что, вероятнее всего, объясняется наличием капиллярных взаимосвязанных между собой

пор [3] в которых невозможно заполнение и фильтрация нефтей (связь между нефтенасыщенностью и проницаемостью так же очень слабая); в подтверждение этому факту на рис. 5 показана микрофотография образца ядра, где наблюдаются поры субкапиллярной размерности (40–50 мкм).

Так же на рис. 4 отмечается тенденция увеличения карбонатности продуктивной толщи вниз по разрезу скважины, и, как следствие, ухудшение фильтрационных параметров пласта и нефтенасыщенности. Следует отметить, что в работе [2] наблюдается подобная тенденция: ухудшение ФЕС идет вниз по разрезу, что объясняется миграцией минерализованных пластовых вод из нижележащих отложений известняков сакмарского возраста. Ввиду того что карбонатность пласта увеличивается с ростом глубины

залегания пласта (рис. 4), можно допустить что здесь так же имеет место процесс миграции пластовых вод из нижележащих карбонатных отложений.

Итоги

- 1) Пласт коллектор представлен песчаниками с различной степенью цементации и пропитки сверхвязкой нефтью
- 2) По данным лабораторного анализа ядра пласт характеризуется сильной степенью неоднородности на микроуровне
- 3) Выявлены корреляционные связи между коллекторскими свойствами, выделены 2 группы взаимосвязанных параметров: 1 группа — открытая пористость, вертикальная проницаемость, карбонатность; 2 группа — карбонатность, нефтенасыщенность.
- 4) Построены кривые вариаций коллекторских свойств по разрезу; установлена тенденция ухудшения вниз по разрезу шешминского горизонта
- 5) Согласно данным предыдущих исследований одна из возможных причин ухудшения ФЕС является миграция пластовых вод из нижележащего горизонта. Вполне допустимо такое явление и в изученном разрезе данного месторождения.

Выводы

Несмотря на однородность литологического состава продуктивной толщи шешминских отложений, продуктивный пласт неоднороден по распределению физических свойств (пористость, проницаемость, нефтенасыщенность, карбонатность). Как показывают результаты предыдущих исследований [2, 5], так и в настоящей работе наиболее продуктивной является кровельная часть пласта-коллектора, незатронутая процессами катагенеза (вторичная цементация); это обстоятельство необходимо учитывать при выделении высокопроницаемых интервалов для вовлечения в разработку углеводородов.

Литература

1. Вафин Р.Ф., Николаев А.Г., Валеева Р.Д. Породы-коллекторы сверхвязких нефтей уфимского комплекса Больше-Камеского месторождения // Ученые записки Казанского Государственного университета. 2010. Естественные науки. Т. 152. С. 216–225.
2. Веденина Н.Г., Баранова А.Г., Гарифуллина В.В., Хазиев Р.Р., Вафин Р.Ф. Гранулометрический состав и коллекторские свойства месторождения сверхвязкой нефти на территории Республики Татарстан // Георесурсы, 2018. Спецвыпуск. С. 62–66.
3. Гиматудинов Ш.К., Ширковский А.И. Физика нефтяного и газового пласта М.: Недра, 2005. 510 с.
4. Успенский Б.В Шарипова Н. С. Халиуллина С. В. Ранжирование месторождений сверхвязких нефтей по особенностям углеводородного состава на примере Черемшано-Бастрыкской зоны // Наука. Техника. Технологии. 2017. Т. 1. С. 176–179
5. Хазиев Р.Р., Андреева Е.Е., Баранова А.Г., Анисимова Л.З., Вафин Р.Ф., Салахова М.Ф. Оценка возможности применения технологии SAGD на месторождении СВН Республики Татарстан // Экспозиция Нефть Газ. 2018. №2. С. 28–32.

Geological heterogeneity and distribution of filtrational and capacitor properties in a section of productive thickness sheshminian strata of the SVO field

Authors:

Radmir R. Khaziev — researcher at the laboratory of geological and environmental modeling¹; radmir361@mail.ru

Rustem F. Vafin — senior lecturer of the department of geology of oil and gas²; varus13@mail.ru

¹Institute of ecology and subsoil use problems, Kazan, Russian Federation

²IGPT K(P)FU, Kazan, Russian Federation

Abstract

In present work lithologic features and filtrational and capacitor properties (FCP) of rock-reservoir sheshminian strata of the of superviscous oil (SVO) field are investigated. The reservoir according to the description of a core material presented by non-uniform petrosaturated sandstones in various degree with prevalence calcium and clay differences. According to tabular data FCP and physical properties of sandstone layer are studied; the tendency of deterioration in efficiency of layer down a section is established: decrease in coefficients of open porosity, vertical permeability and oil saturation. Curve variations FCP on a well No. 1 section are for descriptive reasons constructed. Major factor of deterioration FES down section, most likely, increase in content of carbonate material. In addition correlation connection between filtrational parameters is established. 2 groups of the interconnected parameters with correlation coefficients more than 0,5 are allocated: 1) porosity-calcareousness-vertical permeability; 2) oil saturation calcareousness. Based on results of the previous researches of

sheshminsky sandstones, authors have made assumption that the deterioration tendency down a section is explained by migration of reservoir waters from underlying deposits of the Sakmarian age.

Materials and methods

Tables with petrophysical researches of core material of bitumen sandstones of the Ufimian stage. Plotting of variations of filtrational and capacitor properties and oil saturation on a section of wells

Keywords

Field of SVO, laboratory methods of a research, oil strata, filtrational and capacitor properties, correlation dependence

Results

- 1) Reservoir is presented by sandstones with various extent of cementation and impregnation by superviscous oil
- 2) According to the laboratory analysis of a core material, strata is characterized by strong degree of heterogeneity at the microlevel
- 3) Correlation communications between collection properties are revealed, 2 groups of the interconnected parameters are

allocated: 1 group – open porosity, vertical permeability, calcareousness; The 2nd group – calcareousness, oil saturation.

- 4) Curves of variations of collection properties on a section are constructed; the deterioration tendency down a section of the sheshminian strata is established
- 5) According to data of the previous researches one of the possible reasons of deterioration FCP is migration of reservoir waters from the underlying horizon. Such phenomenon and in the studied section of this field is quite admissible.

Conclusions

Despite uniformity of lithologic structure of productive thickness of sheshminian sediments, reservoir is non-uniform on distribution of physical properties (porosity, permeability, oil saturation, calcareousness). As show results of the previous researches [2,5] and in the present work as the most productive a roofing part of oil strata, unaffected processes of a katagenesis (epigenetic cementation); this circumstance needs to be considered at allocation of high-permeability intervals for involvement in development of hydrocarbons.

References

1. Vafin R.F., Nikolaev A.G., Valeeva R.D. *Porody-kollektory sverhvyazkih neftej ufimskogo kompleksa Bol'she-Kameskogo mestorozhdeniya* [The reservoirs of viscous oils ufimian complex Bolshe-Kamensky field]. Scientific notes of Kazan state University, 2010, V. 152, pp. 216–225.
2. Vedenina N.G., Baranova A.G., Garifullina V.V., Khaziev R.R., Vafin R.F. *Granulometricheskij sostav i kollektorskie svojstva mestorozhdeniya sverhvyazkoj nefti na territorii Respubliki Tatarstan* [Granulometric composition and filtration capacitor properties of the field of superviscous oil in the territory of the Republic of Tatarstan]. Georesurses, 2018, Special issue, pp. 62–66.
3. Gimatutdinov Sh.K., Shirkovsky A.I. *Fizika neftyanogo i gazovogo plasta* [Physics of oil and gas strata]. Moscow: Subsoil, 2005, 510 p.
4. Uspenskij B.V. Sharipova N.S. *Haliullina S.V. Ranzhirovanie mestorozhdenij sverhvyazkih neftej po osobennostyam uglevodородного sostava na primere CHeremshano-Bastrykской zony* [Ranking of deposits viscous oils according to the features of the hydrocarbon composition for example Cheremshano-Bastryk zone]. Science. Technique. Technologies, 2017, V.1, pp. 176–179.
5. Khaziev R.R., Andreeva E.E., Baranova A.G., Anisimova L.Z., Vafin R.F., Salakhova M.F. *Ocenka vozmozhnosti primeneniya tekhnologii SAGD na mestorozhdenii SVN Respubliki Tatarstan* [Possibility of use of SAGD technology on the field of SVO of the Republic of Tatarstan]. Exposition Oil Gas, 2018, issue 2, pp. 28–32.