

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.140-148>

EDN HQPCYN

УДК 622.276.031:550.822.3

Анализ влияния ГРП на изменение структуры запасов нефти

Габдрахманов А.Т.

ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, Альметьевск, Россия

Analysis of the impact of hydraulic fracturing on changes in the structure of oil reserves

A.T. Gabdrakhmanov

PJSC TATNEFT, Almeteyevsk, Russia

E-mail: artur.t.gabdrakhmanov@gmail.com

Аннотация. Статья написана на основе исследований, проведённых автором в ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт» [1]. Приведены результаты спектрофотометрических исследований добываемой нефти с целью оценки изменения фильтрационных потоков на участке проведения ГРП. С учётом чистоты эксперимента были определены скважины для статистического анализа и для отбора проб. На анализируемом участке 6 добывающих скважин, влияющих нагнетательных скважин – 7. Все они успешно прошли проверку на предмет «чистоты эксперимента». Были проведены исследования изменения спектральных коэффициентов в видимой, ближней ультрафиолетовой и ближней инфракрасной области, что позволило оценить структуру вовлекаемых в результате ГРП запасов нефти. Полученные результаты позволяют оценить применимость, как методов исследований, так и систем разработки с теми или иными технологиями воздействия на призабойную зону и межскважинный объём пласта.

Ключевые слова: коэффициент светопоглощения, спектрофотометрия, гидравлический разрыв пласта, коэффициент вариации, совокупность данных

Для цитирования: Габдрахманов А.Т. Анализ влияния ГРП на изменение структуры запасов нефти//Нефтяная провинция.-2022.-№3(31).-С.140-148. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.140-148>. EDN HQPCYN

Abstract. This article was written based on research conducted at the Almeteyevsk State Oil Institute [1]. The results of spectrophotometric studies of produced oil are presented in order to assess the change in filtration flows in the hydraulic fracturing area. Taking into account the purity of the experiment, wells were identified for statistical analysis and for sam-

pling. There are 6 production wells in the analyzed area, 7 influencing wells. All of them have successfully passed the test for the "purity of the experiment". Studies were carried out on the variability of spectral coefficients in the visible, near ultraviolet and near infrared regions, which made it possible to assess the structure of oil reserves involved as a result of hydraulic fracturing. The results obtained make it possible to evaluate the applicability of both research methods and development systems with various technologies for influencing the bottomhole zone and the interwell formation volume.

Key words: *coefficient of light absorption, spectrophotometry, hydraulic fracturing, coefficient of variation, data set*

For citation: A.T. Gabdrakhmanov Analiz vlijaniya GRP na izmenenie struktury zapasov nefi [The HF impact analysis on changes in the structure of oil reserves]. Neftyanaya Provintsiya, No. 3(31), 2022. pp. 140-148. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.140-148>. EDN SWYKYR (in Russian)

При выборе участка для анализа эффективности МУН была проведена проверка на репрезентативность по статистическим материалам предшествующей разработки, была изучена динамика дебитов скважин и исключены результаты с «помехами», со сменой режима работы скважин. Также в качестве критерия «чистоты эксперимента» была использована монотонность роста обводненности, предшествующей проведению МУН в течение 3-4 лет. Необходимым и само собой разумеющимся требованием является работа добывающих скважин на тех же пластах, по которым проводится закачка воды.

Образцы добываемой нефти до и после проведения ГРП были проанализированы спектрофотометрическим методом. Фотоколориметры и спектрофотометры, работающие в видимой и ближней ультрафиолетовой и ближней инфракрасной областях светоизлучения позволяют определить оптическую плотность – параметр, характеризующей способность вещества поглощать свет и затем получить пересчётный параметр. Для оценки сходимости получаемых результатов в лаборатории для каждой пробы производилось три независимых анализа. Совокупность полученных данных была проанализирована с использованием методов математической статистики. Для целей сравнения колеблемости различных признаков в одной и той же совокупности или же при сравнении

колеблемости одного и того же признака в нескольких совокупностях вычисляются относительные показатели вариации. Базой для сравнения служит средняя арифметическая. Эти показатели вычисляются как отношение размаха, или среднего линейного отклонения, или среднего квадратического отклонения к средней арифметической. Чаще всего они выражаются в процентах и характеризуют не только сравнительную оценку вариации, но и дают характеристику однородности совокупности [2].

Результаты расчётов коэффициента вариации, характеризующие сходимость повторных замеров одной пробы, сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчёта коэффициентов вариации на анализируемые даты отбора до проведения ГРП

Параметры	Значения коэффициентов вариации на указанные даты отбора						Среднее значение по длинам волн
	01.04.21	27.05.21	28.05.21	31.05.21	07.06.21	15.06.21	
Поглощение при 410 нм	35,48	13,60	13,52	35,54	35,46	13,82	24,57
Поглощение при 540 нм	50,14	13,54	13,54	50,17	50,14	13,71	31,88
Поглощение при 630 нм	59,70	13,99	13,99	59,93	60,02	13,74	36,89
Поглощение при 670 нм	64,00	13,82	14,20	63,93	64,08	13,82	38,98
Среднее значение по датам	52,33	13,74	13,81	52,39	52,43	13,77	33,08

Относительно большой колеблемостью за период предыстории характеризуются пробы нефти, отобранные 01.04.2021 г., 31.05.2021 г. и 07.06.2021 г. Все остальные результаты исследований проб за период до проведения ГРП характеризуются как абсолютно однородные совокупности. С учётом указанного, результаты повторяющихся независимых исследований в среднем характеризуются как достаточно однородные совокупности. В связи со стойкостью эмульсий в некоторых пробах они были проанализированы повторно, а данные уточнены. Результаты исследований нефти скв. **462 до и после ГРП приведены в табл. 2.

Таблица 2

*Характеристические параметры спектров поглощения раствора нефти**Скв. **462. Оценка изменения данных за весь период анализа в 2021 году*

Параметр	Даты отбора									Ср. знач.	Коэфф. вариации, %
	01.04.2021	27.05.2021	28.05.2021	31.05.2021	07.06.2021	15.06.2021	10.08.2021	23.09.2021	04.10.2021		
Ксп при 410 нм, 1/см	3833	2638	2636	3828	3836	2646	5461	2100	2129	3372	32,15
Ксп при 540 нм, 1/см	1215	536	536	1210	1219	537	2034	511	580	974	56,03
Ксп при 630 нм, 1/см	805	246	246	800	808	245	1462	302	342	614	71,07
D465/D670	2,94	6,73	6,68	2,95	2,97	6,73	2,41	3,94	3,81	4	44,06
D440·D490/ (D590·D670)	6,53	23,55	23,38	6,57	6,49	23,58	4,70	10,90	10,16	13	65,83

Как можно заметить по данным, представленным в табл. 2, в результате применения ГРП произошло изменение всех анализируемых параметров добываемой нефти. Если совокупность значений коэффициента светопоглощения при 410 нм характеризуется как достаточно однородная, то для совокупности значений других параметров, представленных в табл. 2 характерна большая колеблемость совокупности, в отличие от базового периода до ГРП. При этом наибольшие изменения характерны для коэффициента светопоглощения при 630 нм. Для большей наглядности представим распределение коэффициентов вариации на рис. 1.

Для этого усредним результаты повторных экспериментов по каждому дате и оценим изменение данных на различные даты. Если до применения ГРП наибольший разброс величин характерен для коэффициента светопоглощения при 410 нм – разброс составил от 3508 1/см до 5105 1/см, при этом значение вариации – наименьшее среди проанализированных показателей, то в результате применения ГРП разброс значений коэффициента светопоглощения при 630 нм составил от 245 1/см до 1462 1/см при значении вариации 71,1 % (Рис. 2 и 3).

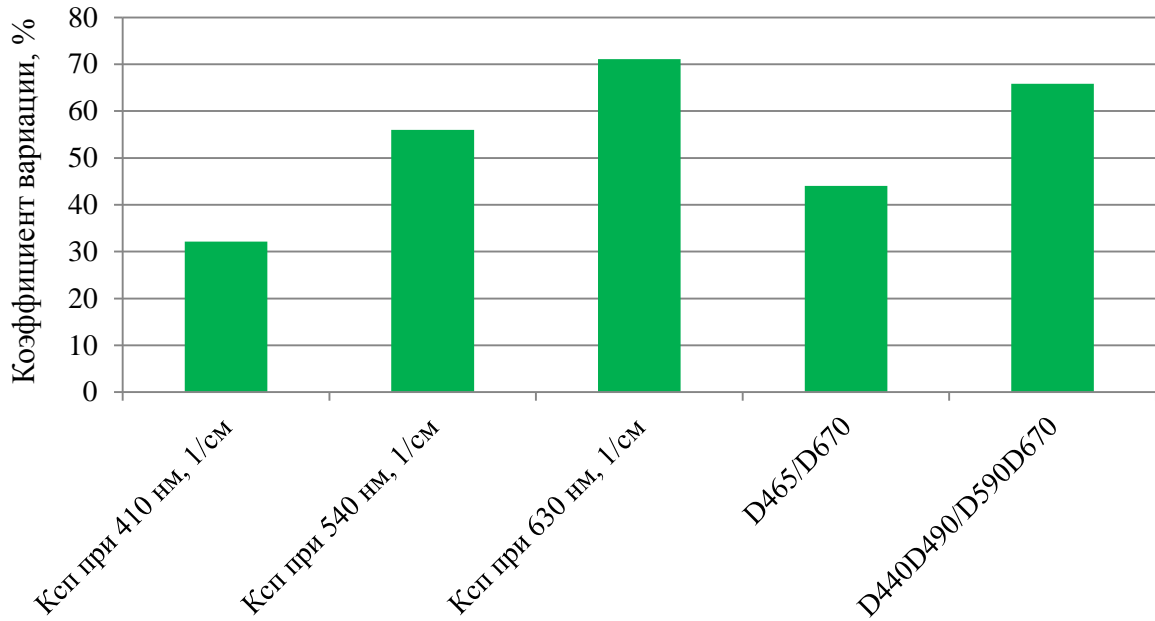


Рис. 1. Изменения параметров спектра после применения ГРП в пробах нефти скв. **462

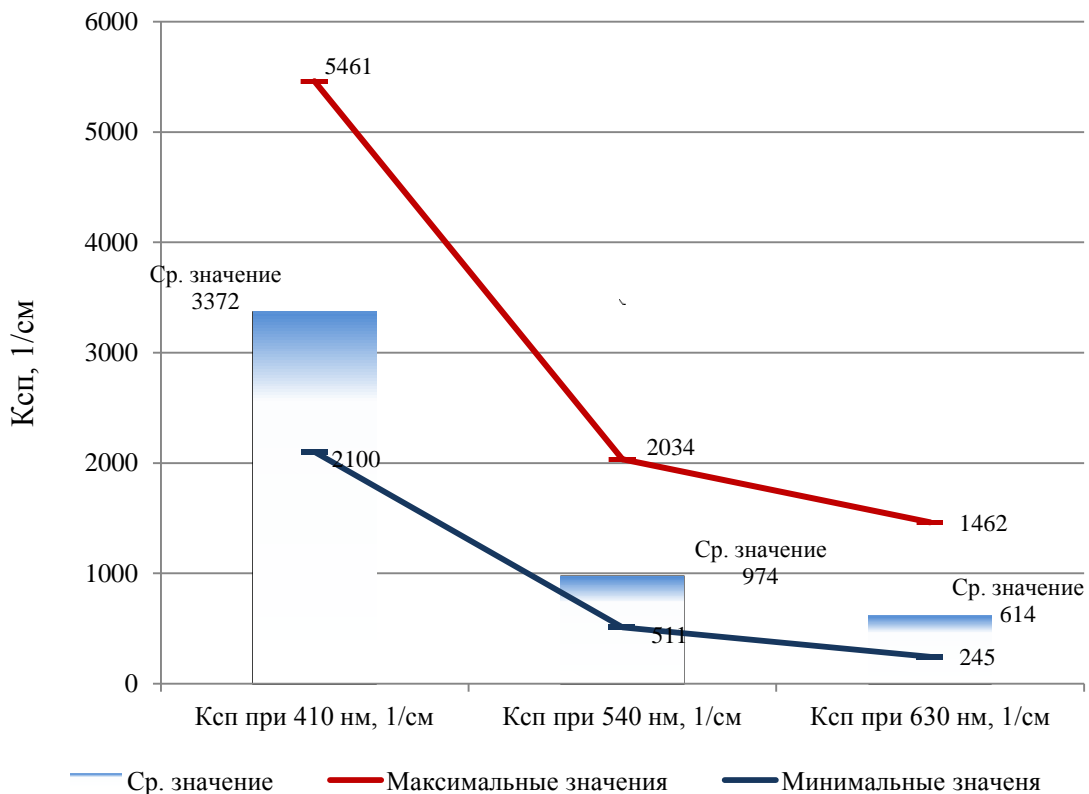


Рис. 2. Разброс и средние величины параметров, коррелирующих с содержанием ванадиевых порфиринов, хромофорных веществ в целом и асфальтенов в пробах нефти скв. **462

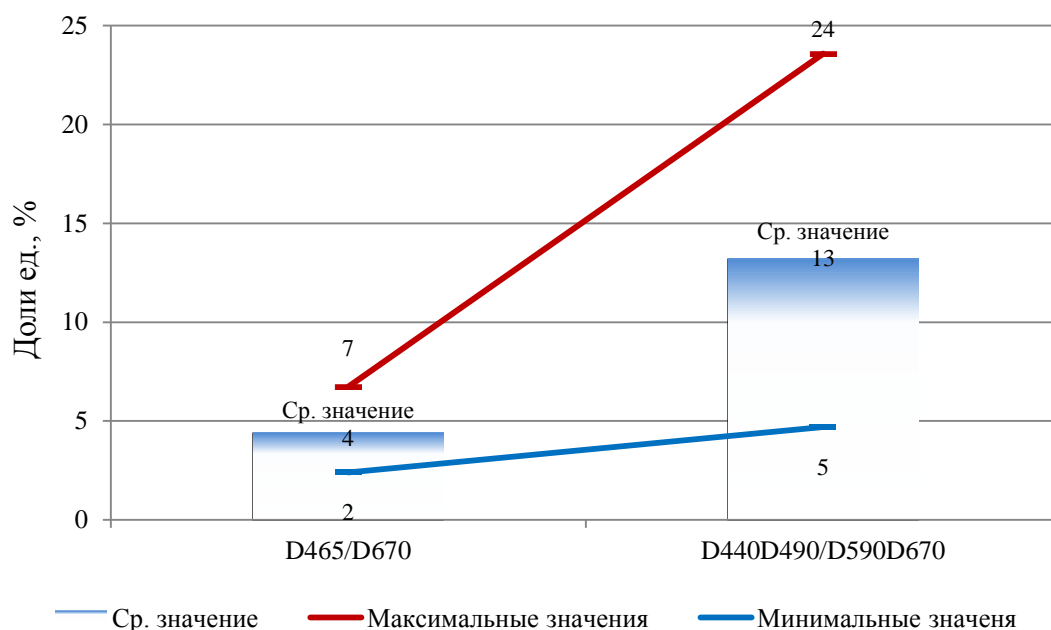


Рис. 3. Разброс и средние величины параметров, коррелирующих с типом нефти и содержанием ароматических соединений в пробах нефти скважины **462

Как видно из динамики параметров коэффициента светопоглощения в видимой, ближней инфракрасной и ближней ультрафиолетовой области, представленных на рис. 4-6, наибольшее изменение компонентного состава добываемой нефти после ГРП наблюдается в августе 2021 года.

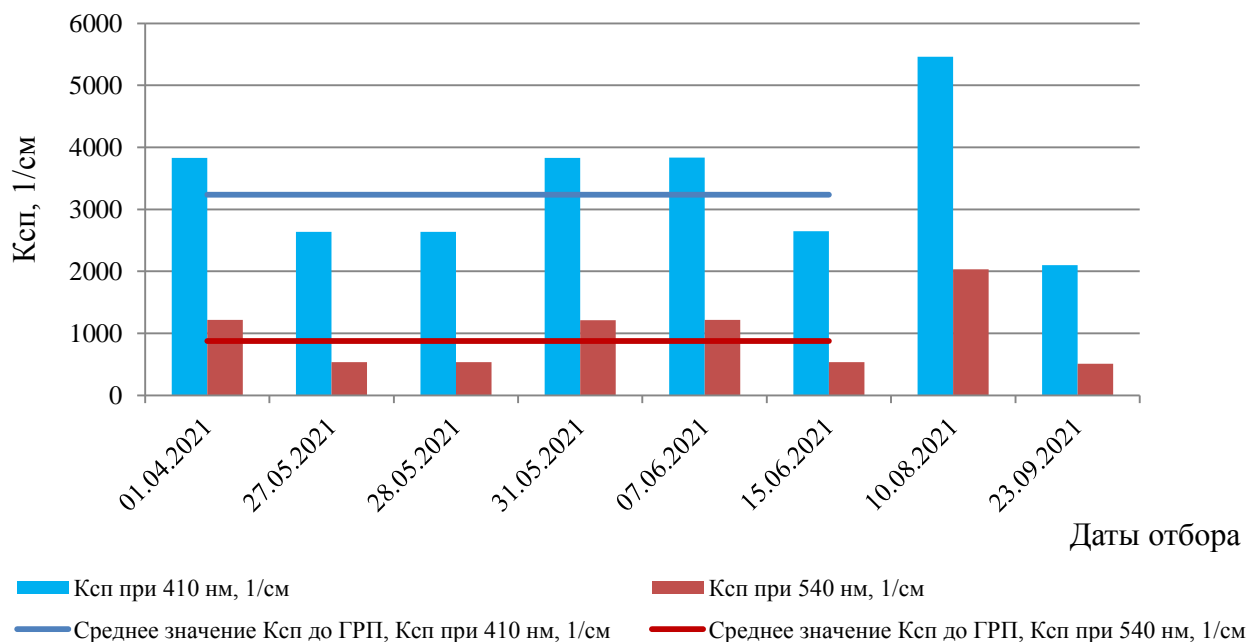


Рис. 4. Динамика параметров, коррелирующих с содержанием ванадиевых порфиринов, хромофорных веществ в целом в пробах нефти скважины **462

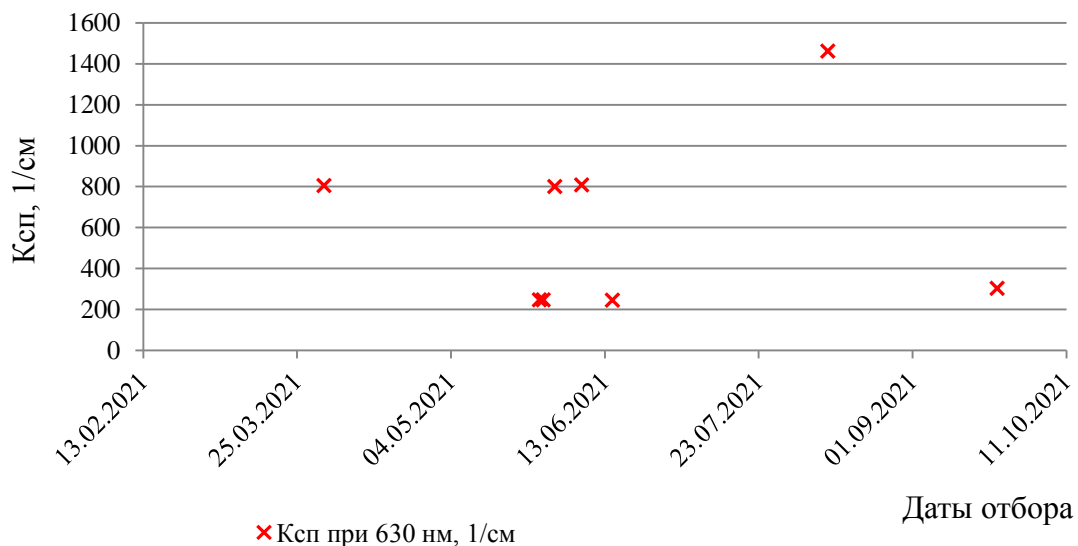


Рис. 5. Динамика параметра, коррелирующего с асфальтенов в пробах нефти скважины **462

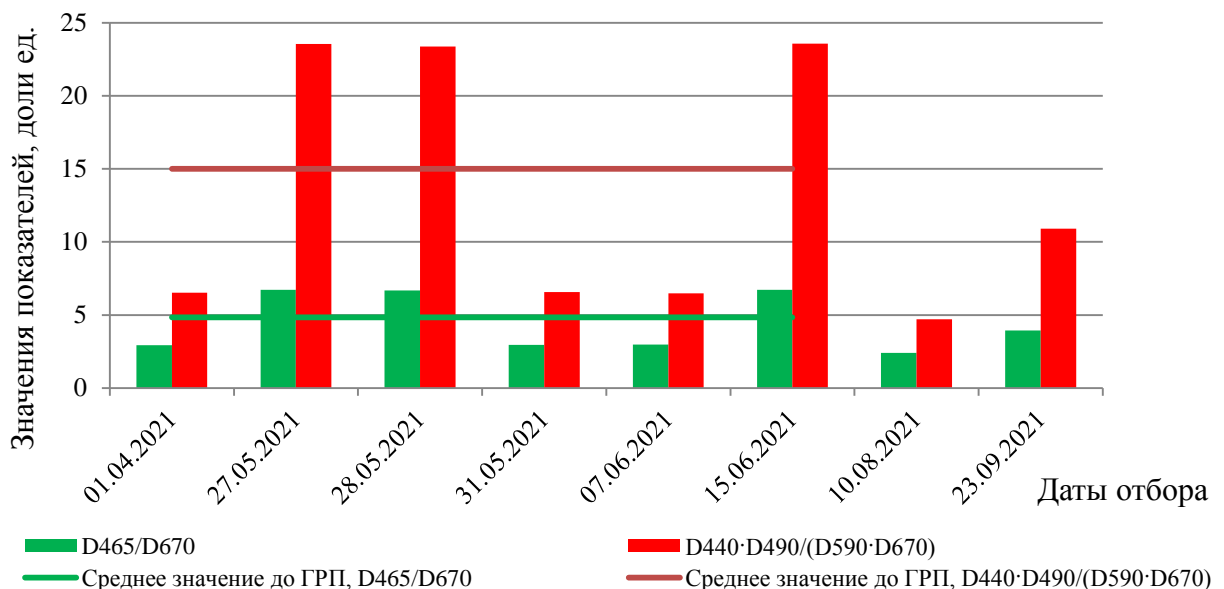


Рис. 6. Динамика параметров, коррелирующих с типом нефти и с содержанием ароматических соединений в пробах нефти скважины **462

Таким образом, применение ГРП повлекло за собой изменение всех анализируемых параметров добываемой нефти в видимой области спектра, наблюдается большая колеблемость совокупности, в отличие от базового периода до ГРП. Если до применения ГРП наибольший разброс величин характерен для коэффициента светопоглощения при 410 нм, то значение вариации для выборки по данному параметру – наименьшее среди проанализи-

рованных показателей. При этом наибольшие изменения характерны для величин коэффициента светопоглощения при 630 нм – повысилось содержание асфальтенов, увеличилось содержание ароматических соединений в добываемой нефти.

Список литературы

1. Габдрахманов А.Т. Анализ изменения структуры компонентного состава добываемой нефти для оценки влияния ГРП на выработку запасов нефти. – Отчет о НИР № 0009/2021/623 (ПАО "Татнефть"). – 2021–58 с.
2. Теория статистики: Учебник/Под ред. проф. Р.А. Шмойловой. – 3-е изд., перераб. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 560 с.: ил.
3. Gabdrakhmanov A., Gus'kova I. Optical methods for assessing recovered oil properties change caused by injection of multipurpose complex agent // В сборнике: 11th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO - Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, SGEM 2011. – Albena, 2011. – pp.1259-1264.
4. Габдрахманов А.Т. Анализ изменения свойств нефти и попутной воды при разработке месторождения с применением заводнения в сочетании с МУН. – Отчет о НИР № 0002/55/43 от 01.01.2014 (ОАО "Татнефть"). – 2013–148 с.
5. Габдрахманов А.Т. Создание методов комплексного контроля за выработкой запасов нефти на поздней стадии разработки месторождения в условиях интегрированного применения технологий. – Отчет о НИР № 6-15/Г от 04.02.2015 (Альметьевский государственный нефтяной институт). – 2014–64с.
6. Габдрахманов А.Т. Изучение влияния ГРП на динамику добычи нефти спектрофотометрическим методом // В сборнике: Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Альметьевск, 2020. С. 50-55.
7. Габдрахманов А.Т. Контроль процессов воздействия на пласты на основе метода комплексного анализа спектров видимого оптического поглощения нефти: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Бугульма, 2011. – 25с.

References

1. Shmoilova R.A. *Teoriya statistiki* [Theory of statistics], 3d edition. Moscow: Finansy i statistika Publ., 2000. 560 p (in Russian)
2. Gabdrakhmanov A.T, Guskova I. Optical methods for assessing recovered oil properties change caused by injection of multipurpose complex agent. Proceedings of 11th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO “Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, SGEM 2011. Albena, 2011. pp.1259-1264.
3. Gabdrakhmanov A.T. *Izuchenie vliyaniya GRP na dinamiku dobychi nefi spektrofotometricheskim metodom* [Study of hydraulic fracturing effect on oil production performance by spectrophotometric method]. Proceedings of V International Research-to-Practice Conference “Advances, problems, and future development of oil and gas industry”. Almeteyevsk, 2020. pp.50-55. (in Russian)

4. Gabdrakhmanov A.T. *Kontrol processov vozdejstviya na plasty na osnove metoda kompleksnogo analiza spektrov vidimogo opticheskogo pogloshcheniya nefi* [Monitoring reservoir stimulation processes based on integral analysis of oil visible optical absorption spectra]. Extended abstract of PhD thesis (Engineering). Bugulma, 2011. 25 p (in Russian)

Сведения об авторах

Габдрахманов Артур Тагирович, кандидат технических наук, доцент, ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина
Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, 75
E-mail: artur.t.gabdrahmanov@gmail.com

Authors

A.T. Gabdrakhmanov, PhD, Associate Professor, PJSC TATNEFT
75, Lenin st., Almeteyevsk, 423450, Russian Federation
E-mail: artur.t.gabdrahmanov@gmail.com

*Статья поступила в редакцию 05.09.2022
Принята к публикации 17.09.2022
Опубликована 30.09.2022*