

УДК 622.276

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРАССЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТА АС₁₋₃ СЕВЕРО-ОРЕХОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В. Ф. Дягилев¹, С. Т. Полищук¹, С. А. Леонтьев^{1,2}, В. М. Спасибов²

¹Филиал Тюменского индустриального университета, г. Нижневартовск, Россия

²Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Аннотация. В нефтепромысловой практике трассерные (индикаторные) исследования являются эффективным и оперативным методом контроля состояния разработки месторождений. С помощью применения многофакторного математического анализа характер и интенсивность влияния нагнетательных скважин на отборы добывающих скважин были сопоставлены с результатами закачки индикаторных жидкостей. Закачка индикаторных жидкостей проводилась по пласту АС₁₋₃ на Северо-Ореховском месторождении через устья нагнетательных скважин. Методика предусматривает соотнесение закачки по всем потенциально возможным направлениям в задаваемом радиусе действия (обычно не более 2 рядов), при исключении из анализа одной или нескольких скважин и более. Отмечается прямая положительная корреляция между данными оценки по индикаторным закачкам и данными многофакторного математического анализа. Сходимость результатов составляет 65 %.

Ключевые слова: трассерный метод; нагнетательные скважины; высокопроницаемые каналы; вытеснение нефти

ANALYSIS OF THE TRACER STUDIES RESULTS: A STUDY OF AS₁₋₃ FORMATION OF THE SEVERO-OREKHOVSKOYE OIL FIELD

V. F. Dyagilev¹, S. T. Polischuk¹, S. A. Leontev^{1,2}, V. M. Spasibov²

¹Nizhnevartovsk branch of Industrial University of Tyumen, Nizhnevartovsk, Russia

²Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract. In oil field practice tracer (indicator) studies are an effective and efficient method of monitoring the state of field development. Using the multifactor mathematical analysis, the nature and intensity of the impact of injection wells on production wells have been compared with the results of injection of indicator liquids. Injection of indicator liquids was carried out along the AS₁₋₃ formation at the Severo-Orekhovskoye oil field through the wellheads of the injection wells. The technique provides for correlation of injection in all potentially possible directions within a given range of action (usually no more than 2 rows), excluding one or more of the wells and more from the analysis. There is a direct positive correlation between evaluation data on indicator downloads and multivariate mathematical analysis data. The convergence of the results is 65%.

Key words: tracer study; injection wells; high-permeability channels; oil recovery

В нефтепромысловой практике трассерные (индикаторные) исследования являются эффективным и оперативным методом контроля состояния разработки месторождений. В бывшем СССР этот метод начал применяться с середины прошлого века (месторождения Куйбышевской области, 1948 г., [1]) и получил свое раз-

вите благодаря работам К. Б. Аширова, Э. В. Соколовского, Г. Б. Соловьева, Ю. И. Тренчикова и других ученых. В результате были сформулированы основные задачи, решаемые трассерными исследованиями, предложены методики исследований и интерпретации результатов [2].

В настоящее время этот метод нашел применение для определения гидродинамической связи по площади заводненных пластов, выявления высокопроницаемых каналов между нагнетательными и обводненными добывающими скважинами, оценки эффективности потокоотклоняющих технологий регулирования профиля приемистости нагнетательных скважин и охвата пласта вытеснением.

Сущность индикаторных исследований основывается на том, что на поверхности различными стабильными водорастворимыми индикаторами метятся порции воды, которые вводятся через нагнетательные скважины в исследуемый пласт и затем оттесняются к добывающим скважинам закачиваемой водой. Путем регулярного отбора и анализа проб жидкости в лабораторных условиях определяются наличие и количественное содержание индикаторов, а также обводненность продукции добывающих скважин.

В качестве трассирующих агентов используются экологически чистые вещества: роданистый аммоний, тринатрий фосфат, эозин, флуоресцеин натрия. Интерпретация результатов трассерных исследований производилась по апробированной методике в «СевКавНИПИнефть»¹.

Выявленные с помощью применения многофакторного математического анализа характер и интенсивность влияния нагнетательных скважин на отборы добывающих скважин были сопоставлены с результатами закачки индикаторных жидкостей. Закачка индикаторных жидкостей проводилась по пласту АС₁₋₃ по скв. 104, 127, 147, 169, 192 Северо-Ореховского месторождения².

Прежде чем проводить сравнение данных векторной оценки характера влияния закачки по предложенной методике с результатами исследований токов индикаторных жидкостей, необходимо отметить следующие важные моменты. Первое, методика предусматривает соотнесение закачки по всем потенциально возможным направлениям в задаваемом радиусе действия (обычно не более 2 рядов), при исключении из анализа одной или нескольких скважин и более, характер влияния и иногда направления токов по анализируемым скважинам изменяется относительно предыдущего результата. Второе, при исследовании влияния индикаторных жидкостей были рассмотрены неэксплуатируемые скважины, что не позволяет сравнивать их с данными математического анализа динамик (по методике). Третье, отбор проб в процессе исследований токов меченых жидкостей производился не по всем возможным направлениям окружения, как по методике, а лишь по некоторым из них. Таким образом, анализ соответствия векторной оценки влияния закачки по методике с результатами исследований токов индикаторных жидкостей имеет три фактора несоответствия. Это существенно снижает адекватность проводимых соотнесений векторов [3–5].

Из доступных для анализа данных исследований скв. 147, 127, 104, 192, 169 (по пласту АС₁₋₃) отсеяны скв. 104 и 192. Соотнесение по наиболее подходящим скважинам также имеет сложности в отношении адекватности сравнений.

Ниже приводятся результаты по исследованиям трассерной оценки и сравнительный анализ.

В зоне влияния нагнетательной скв. 147 в качестве жидкости трассирования применяли 0,1 % раствор флуоресцеина. Всего в скважину закачали 10 м³ этого раствора.

¹ РД 39-014-7428-235-89. Методическое руководство по технологии проведения индикаторных исследований и интерпретации их результатов для регулирования и контроля заводнения нефтяных залежей / Э. В. Соколовский [и др.]. – Грозный: СевКавНИПИнефть, 1989. – 79 с.

² Проведение трассерных исследований на объекте АС1-3 Северо-Ореховского месторождения. – М.: ВНИИнефть, 2012.

Отбор проб проводили по добывающим скв. 133, 145, 167, 179, 183, 196, 198, 566 Б. Всего отобрано и исследовано 529 проб жидкости, среди которых 508 (96 %) оказались качественными. За период исследований, который составил 59 суток, через добывающие скважины получено 1,1 кг флуоресцеина, что составляет 11 % от объема закачанного в скв. 147 индикатора.

Анализ результатов исследований показал, что основные объемы меченой жидкости от нагнетательной скв. 147 направлены к добывающим скв. 198, 167 и 183. В направлении этих скважин поступает 70 % закачиваемой в скв. 147 воды. До 26,4 % индикатора поступает в направлении скв. 179, 196 и 133. Незначительно сказывается влияние нагнетательной скв. 147 на работу добывающих скв. 145 и 566 Б, в направлении перечисленных скважин поступает не более 3,6 % закачиваемой воды (рис. 1, 2).



Рис. 1. Сопоставление скоростей перемещения фильтрационных потоков от нагнетательной скв. 147 Северо-Ореховского месторождения

Приведенные данные свидетельствуют о весьма высокой неоднородности пласта в зоне действия нагнетательной скв. 147. В направлении добывающих скважин от исследованной нагнетательной скв. 147 поступает не более 10,5 % закачиваемой воды. По-видимому, на работу этих добывающих скважин оказывают влияние другие источники поступления воды.

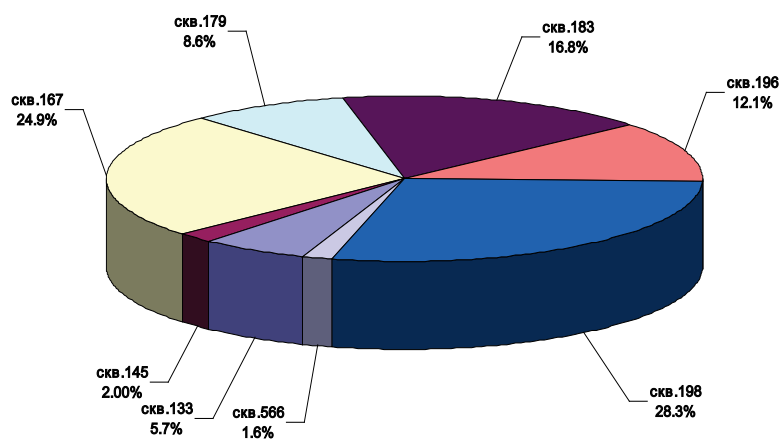


Рис. 2. Блок-диаграмма распределения фильтрационных потоков от нагнетательной скв. 147 Северо-Ореховского месторождения (закачка флуоресцеина)

Результаты векторной оценки характера влияния закачки по методу множественного математического анализа представлены на рисунке 4.

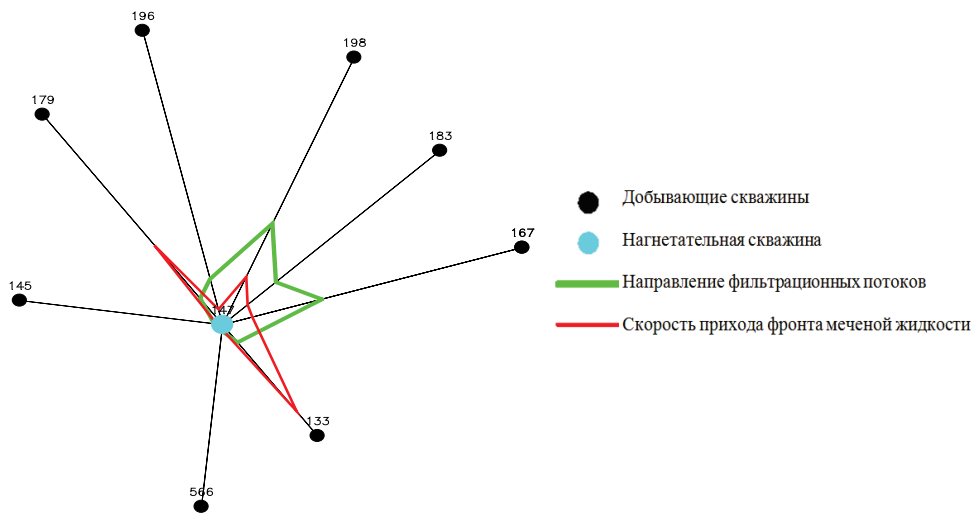
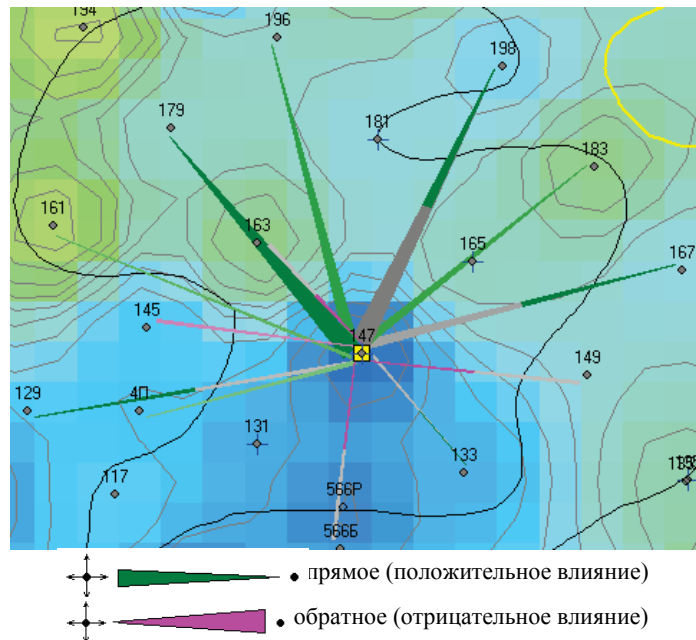


Рис. 3. Роза-диаграмма распределения основных фильтрационных потоков и максимальных скоростей движения меченой жидкости на участке нагнетательной скв. 147 Северо-Ореховского месторождения (пласт АС₁₋₃)

По рисункам 3 и 4 видно, что отбор проб по потенциально возможным реагирующим скв. 129, 149, 163, 4П не проводился, тем не менее, отмечаются сходные оценки в интенсивности и характере влияния скв. 147 на окружение.

Рис. 4. Соотнесение структурного плана и характера распределения токов от нагнетательной скважины по окружению по данным множественного математического анализа влияния закачки по скв. 147



Очень низкие объемы приходящейся жидкости по трассерной оценке по скв. 145, 566 Б соответствуют незначительному отрицательному влиянию закачки на отборы по методике. Низкий характер влияния по скв. 133 — 5,7 % по трассерной оценке соответствует 2 % по данным математического анализа. На рисунке 5 показано процентное соотношение приходящейся жидкости в направлении исследуемых реагирующих скважин.

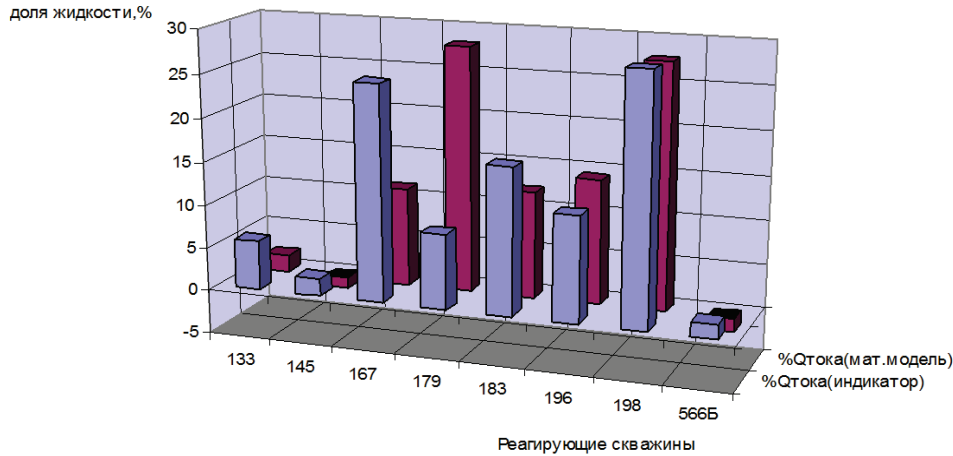


Рис. 5. Соотнесение векторов по данным математического анализа характера влияния закачки с результатами исследований индикаторных жидкостей по скв. 147

В зоне влияния нагнетательной скв. 169 закачивали раствор нитрата аммония. Отбор проб проводили по добывающим скв. 137, 153, 167, 187, данные приведены на рисунках 6 и 7. Анализ результатов исследований показал, что основные объемы меченой жидкости от нагнетательной скв. 169 направлены к добывающим скв. 153, 167 и 187. В направлении этих скважин поступает более 95 % закачиваемой в скв. 169 воды. До 1,4 % закачиваемой воды поступает в добывающую скв. 137.



Рис. 6. Сопоставление скоростей перемещения фильтрационных потоков от нагнетательной скв. 169 Северо-Ореховского месторождения

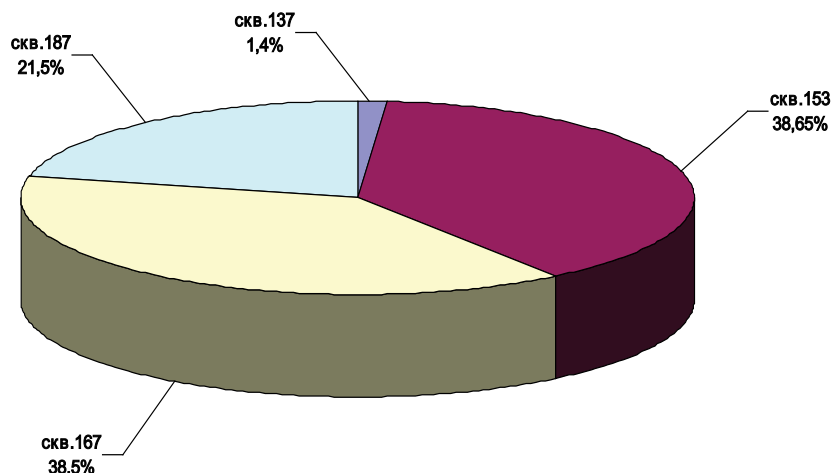


Рис. 7. Блок-диаграмма распределения фильтрационных потоков от нагнетательной скв. 169 Северо-Ореховского месторождения (закачка нитрата аммония)

Как видно из рисунков 8 и 9, скв. 153, 187, аккумулирующие основную долю тока, не эксплуатировались, следовательно, не учитывались в математическом анализе влияния. Отбор проб не производился по скв. 183, 149. Незначительный отрицательный характер влияния $-0,14\%$ соотносится с крайне низким объемом приходящейся жидкости в $1,4\%$ по скв. 137. По скв. 153 доля тока в $38,6\%$ по индикаторной оценке соотносится с положительным объемом в 65% по предложенной методике.

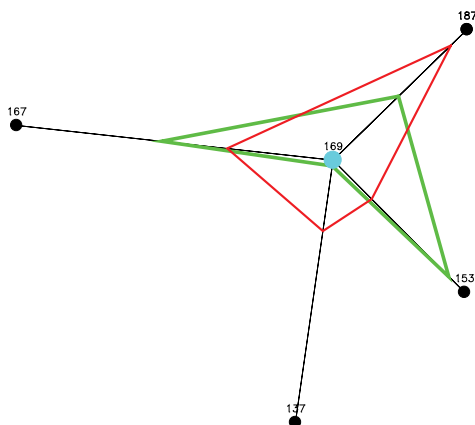


Рис. 8. Роза-диаграмма распределения основных фильтрационных потоков и максимальных скоростей движения меченой жидкости на участке нагнетательной скв. 169 Северо-Ореховского месторождения (пласт АС₁₋₃)

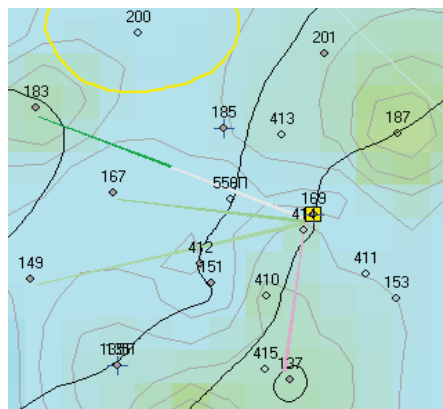


Рис. 9. Соотнесение структурного плана и характера распределения токов от нагнетательной скважины по окружению по данным множественного математического анализа влияния закачки по скв. 169

На рисунке 10 показано процентное соотношение приходящейся жидкости в направлении исследуемых реагирующих скважин.

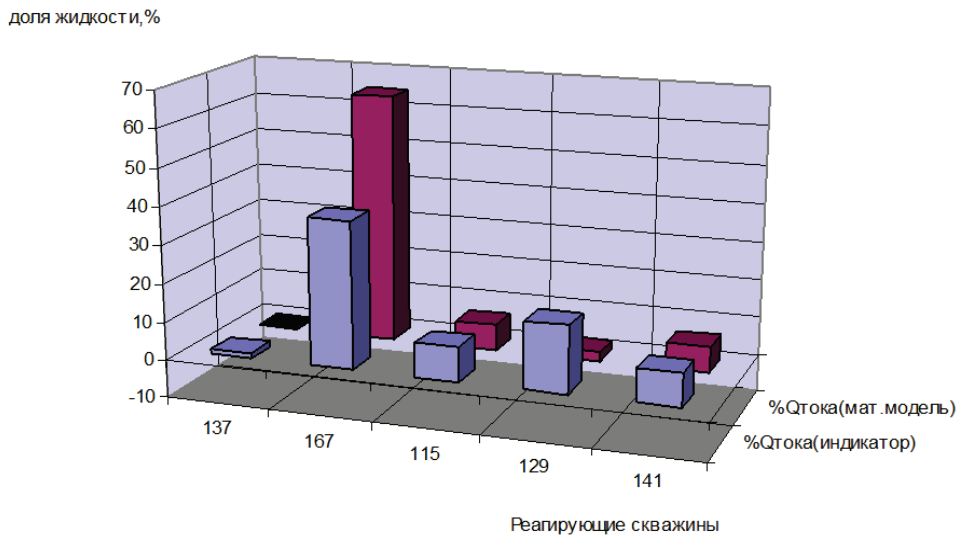


Рис. 10. Соотнесение векторов по данным математического анализа характера влияния закачки с результатами исследований индикаторных жидкостей по скв. 169

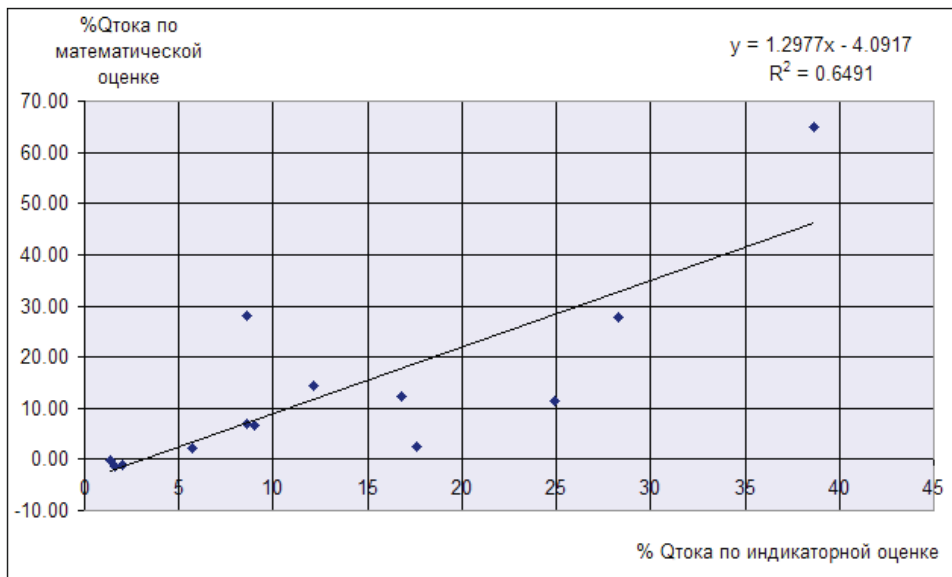


Рис. 11. Определение характера взаимосвязи по данным оценок объемов приходящейся жидкости методом индикаторных жидкостей и методом множественного математического анализа

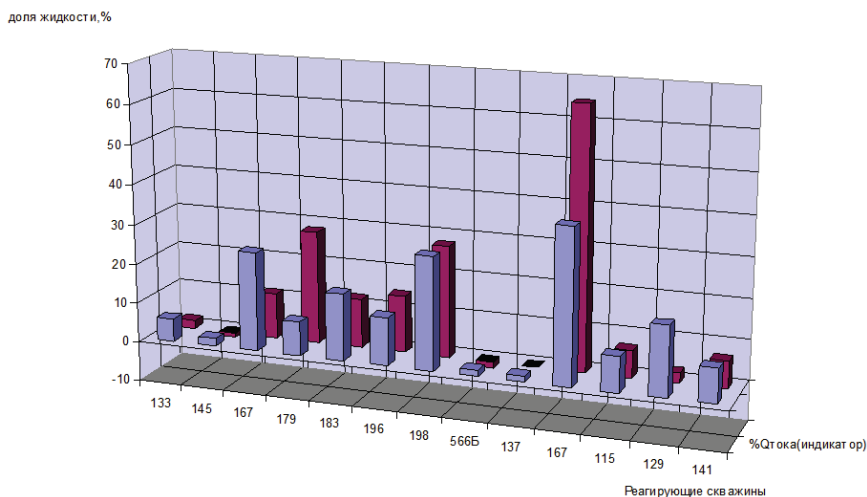


Рис. 12. Соотношение оценок объемов приходящейся жидкости методом индикаторных жидкостей и методом множественного математического анализа

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно отметить следующее. Несмотря на наличие несопоставимости сравниваемых данных, связанной с отбором проб по неэксплуатируемым (немоделируемым) скважинам, отбором проб не по всему окружению, отмечается прямая положительная корреляция между данными оценки по индикаторным закачкам и данными многофакторного математического анализа (рис. 11, 12). Сходимость результатов составляет 65 %.

Библиографический список

1. Аширов К. Б. Трециноватость коллекторов месторождений Куйбышевской области // Геология и разработка нефтяных месторождений: тр. Гипровостокнефть. – 1961. – Вып. 3. – С. 3–21.
2. Соколовский Э. В., Соловьев Г. Б., Тренчиков Ю. И. Индикаторные методы изучения нефтегазовых пластов. – М.: Недра, 1986. – 158 с.
3. Дягилев В. Ф., Кононенко А. А., Леонтьев С. А. Анализ результатов трассерных исследований на примере пласта ЮВ₁¹ Чистинного месторождения // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 1. – С. 93–101.
4. Чернокожев Д. А. Совершенствование технологии индикаторных исследований для оценки фильтрационной неоднородности межскважинного пространства нефтяных пластов: дис. ... канд. техн. наук. – Дубна, 2008. – 141 с.
5. Физические основы разработки нефтяных месторождений и методов повышения нефтеотдачи / В. А. Коротенко [и др.]. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 104 с.

Сведения об авторах

Дягилев Валерий Федорович, к. т. н., доцент кафедры нефтегазового дела, филиал Тюменского индустриального университета, г. Нижневартовск, тел. 89199367828, e-mail: glibazval.dyagilev@yandex.ru

Полищук Сергей Тимофеевич, старший преподаватель кафедры нефтегазового дела, филиал Тюменского индустриального университета, г. Нижневартовск, e-mail: 201819@bk.ru

Леонтьев Сергей Александрович, д. т. н., профессор кафедры нефтегазового дела, филиал Тюменского индустриального университета, г. Нижневартовск, профессор, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: leontevsa@tyuiu.ru

Спасибов Виктор Максимович, д. т. н., профессор кафедры кибернетических систем, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: spasi-bovvtm@tyuiu.ru

Information about the authors

Dyagilev V. F., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Petroleum Engineering, Nizhnevartovsk branch of Industrial University of Tyumen, phone: 89199367828, e-mail: glibazval.dyagilev@yandex.ru

Polishchuk S. T., Senior Lecturer at the Department of Petroleum Engineering, Nizhnevartovsk branch of Industrial University of Tyumen, e-mail: 201819@bk.ru

Leontev S. A., Doctor of Engineering, Professor at the Department of Petroleum Engineering, Nizhnevartovsk branch of Industrial University of Tyumen, Professor, Industrial University of Tyumen, e-mail: leontevsa@tyuiu.ru

Spasibov V. M., Doctor of Engineering, Professor at the Department of Cybernetic Systems, Industrial University of Tyumen, e-mail: spasi-bovvtm@tyuiu.ru