

DOI 10.24412/2949-4052-2023-4-52-68

УДК 550.8.05

ОЦЕНКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СКВАЖИН И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАВОДНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГОПРОМЫСЛОВЫХ ДАННЫХ

© Котенёв Юрий Алексеевич, © Халиков Альмир Наилевич,
© Шабрин Никита Владиславович, © Чибисов Александр Вячеславович
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Научный центр мирового уровня «Рациональное освоение запасов жидких
углеводородов планеты», г. Уфа, Российская Федерация

Аннотация. В данной работе рассматривается эффективность реализованной системы заводнения для пластов девонского возраста, представленного рифовыми карбонатными коллекторами. Проведена адаптация экспресс-методики оценки гидродинамической связи между нагнетательными и добывающими скважинами, а также интерференции между добывающими скважинами. Выполнен анализ промысловых данных, с учетом различных фациальных зон пластов, особенностей геологического строения, характера распределения ФЕС по продуктивному разрезу. Проанализирована адекватность полученных результатов оценки взаимосвязей статистическими методами и дана интерпретация полученных данных. Изучение гидродинамической связи актуально на этапе принятия решений по регулированию системы поддержания пластового давления на участках, не охваченных заводнением. Исследования в перспективе косвенным путем могут позволить установить по участкам залежи направления преимущественной фильтрации. Полученные результаты могут быть использованы для решения задачи создания алгоритмов геолого-промыслового обоснования применения ГТМ в том числе: для оптимизации системы ППД; для выработки остаточных недренируемых запасов с учетом высокой изменчивости геолого-промысловых условий.

Ключевые слова: система, пластовое давление, заводнение, ранговая корреляция, гидродинамическая связь, скважина, карбонатный коллектор, песчанность, пористость, проницаемость.

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF HYDRODYNAMIC CONNECTION OF WELLS BASED ON THE ANALYSIS OF FIELD DATA AND GEOLOGICAL STRUCTURE

© Kotenev Yuriy Alekseevich, © Khalikov Almir Nailevich,
© Shabrin Nikita Vladislavovich, © Chibisov Alexander Vyacheslavovich
FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University», Ufa, Russian Federation

Для цитирования: *Котенёв Ю.А., Халиков А.Н., Шабрин Н.В., Чибисов А.В.*
Оценка гидродинамического взаимодействия скважин и эффективности заводнения на основе геологопромысловых данных // Геология. Известия
Отделения наук о Земле и природных ресурсов. 2023. №4. С.52-68.
DOI: 10.24412/2949-4052-2023-4-52-68.

*Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов / Geology.
Proceedings of the Department of Earth Sciences and Natural Resources, 2023, № 4 (33)*

Summary. This paper examines the effectiveness of the implemented flooding system for the Devonian age strata, represented by reef carbonate reservoirs. An express method for assessing the hydrodynamic connection between injection and production wells, as well as interference between production wells, was adapted. An analysis of field data was carried out, taking into account various facies zones of the formations, features of the geological structure, and the nature of the distribution of reservoir properties along the productive section. The adequacy of the obtained results of assessing relationships using statistical methods is analyzed and the interpretation of the data obtained is given. The study of hydrodynamic communication is relevant at the stage of decision-making on regulating the system for maintaining reservoir pressure in areas not covered by waterflooding. In the future, indirect research may make it possible to determine the direction of preferential filtration in areas of deposits. The results obtained can be used to solve the problem of creating algorithms for geological and field substantiation of the use of geological and technical measures, including: to optimize the reservoir pressure maintenance system; for the development of residual undrained reserves, taking into account the high variability of geological and field conditions.

Key words: system, reservoir pressure, waterflooding, rank correlation, hydrodynamic connection, well, carbonate reservoir, sandiness, porosity, permeability.

Введение. Целью исследования является выработка рекомендаций по оптимизации и совершенствованию реализованной системы ППД и повышение выработки запасов нефти на ранних стадиях разработки месторождения.

К задачам исследования можно отнести следующее:

- 1) выявления участков с низкой эффективностью системы заводнения;
- 2) оценка гидродинамической взаимосвязи между добывающими и нагнетательными скважинами по временным рядам на основе объемов закачки воды и добычи жидкости;
- 3) оценка гидродинамической связи между добывающими скважинами на основе сопоставления временных рядов отборов жидкости;
- 4) анализ и привязка полученных данных к геологическому строению пласта;
- 5) разработка комплекса мероприятий по оптимизации системы заводнения.

Методы исследования. Для выделения участков с низкой эффективностью системы заводнения на текущем этапе разработки объекта исследования проведен анализ карт накопленных отборов жидкости и закачки воды, удельной компенсации отборов жидкости закачкой воды, накопленного водонефтяного фактора, обводненности, текущих и начальных пластовых и забойных давлений [1].

Для оценки гидродинамической связи между скважинами используются методы математической статистики, дающие возможность принятия решений по ограниченному объему текущей геолого-промысловой информации, основу которых составляют дебиты жидкости, обводненность и объемы закачки воды.

Поставленная задача решена методом ранговой корреляции Спирмена. Качественная оценка тесноты связи между параметрами (временными рядами) выполнена по шкале Чеддока [2,14].

Результаты исследования. Формирование системы заводнения на месторождении начато с 2015 года. Средняя приёмистость скважин в первом году составляла 240 м³/сут, на текущую дату она составляет 494 м³/сут.

Таблица 1 – Средняя приёмистость и соотношение действующих добывающих и нагнетательных скважин

Год	Средняя приёмистость, м ³ /сут	Количество действующих добывающих скважин, шт.	Количество действующих нагнетательных скважин, шт.	Соотношение добывающих и нагнетательных скважин, шт.
2012	-	3	-	-
2013	-	8	-	-
2014	-	14	-	-
2015	240	17	1	17
2016	376	17	2	8,5
2017	628	18	1	18
2018	312	29	3	9,7
2019	449	35	7	5
2020	494	33	10	3,3

В целом по месторождению выделяется два продуктивных пласта «А», «В», средняя величина начального пластового давления составляет 40 МПа, при среднем давлении насыщения 21,9 МПа. На рисунке 1 приведена динамика изменения среднего пластового давления для горизонтов «А» и «В».

Из рисунка 1 видно, что с начала разработки месторождения наблюдается постоянное снижение пластового давления. В середине 2019 года происходит незначительное увеличение, связанное с вводом новых нагнетательных скважин и развитием системы ППД. Таким образом, на 01.01.2020 текущее пластовое давление ниже начального пластового на 12,4 МПа для пластов «А» и «В». Данное падение давления отрицательно сказывается на дебитах нефти и жидкости добывающих скважин (рисунок 2).



Рисунок 1 – Динамика изменения пластового давления по годам

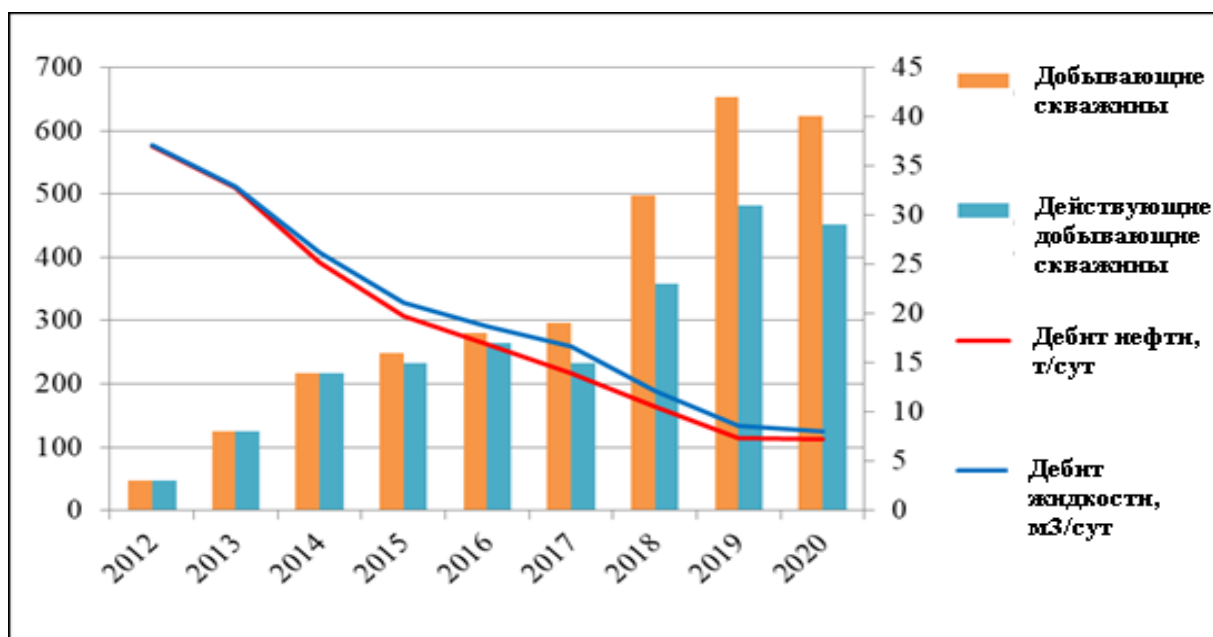


Рисунок 2 – Динамика дебитов нефти, жидкости и фонда добывающих скважин

На рисунке 3А наблюдается заметное снижение давления в центральной части месторождения, где влияние краевых вод минимально и ещё не полностью сформирована система ППД. Из рисунка 3Б можно отметить, что снижение давления наблюдается в северо-западной и центральной частях залежи. В северо-западной части залежи добыча, в центральной только закачка, тем не менее повсеместно наблюдаются зоны пониженного давления.

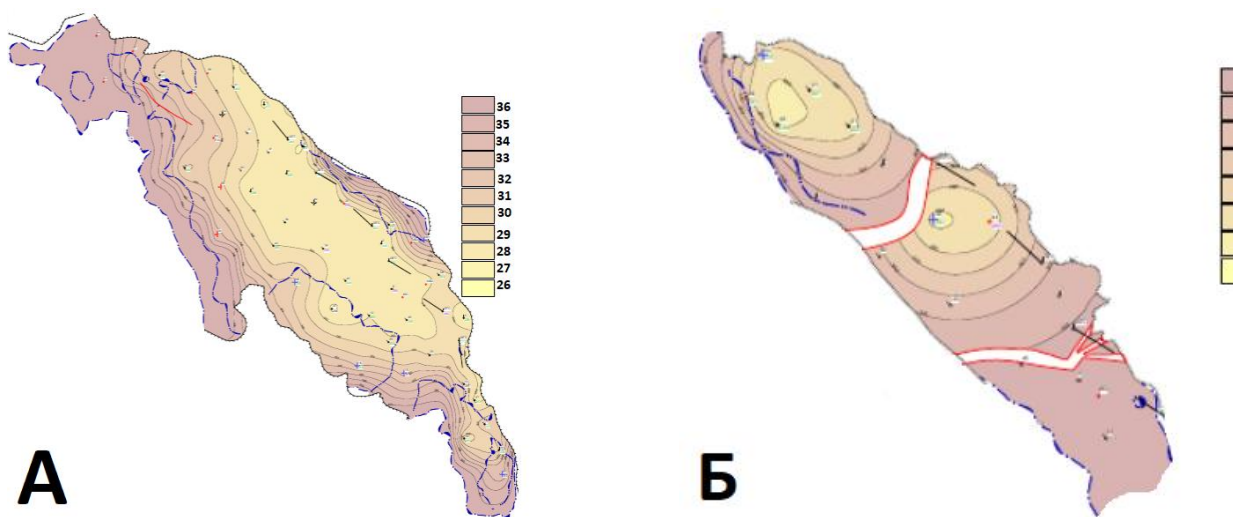


Рисунок 3 – Карты изобар: А – пласт «А»; Б – пласт «В»

Для оценки степени взаимодействия скважин в работе используется инструмент математической статистики - коэффициент ранговой корреляции Спирмена, который широко применяется в задачах нефтегазодобычи. Данный метод позволяет установить степень взаимовлияния для любого количества объектов за рассматриваемый промежуток времени. Здесь, в качестве исходного информационного массива, используются временные ряды дебитов жидкости, нефти, воды и водного воздействия по согласованности изменений которых определяется степень их взаимодействия [3].

Практический расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена включает следующие этапы:

- 1) Сопоставить каждому из признаков их порядковый номер (ранг) по возрастанию (или убыванию).
- 2) Определить разности рангов каждой пары сопоставляемых значений.
- 3) Возвести в квадрат каждую разность, и суммировать полученные результаты.
- 4) Вычислить коэффициент корреляции рангов по формуле:

$$r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

где d^2 – сумма квадратов разностей рангов, а n – число парных наблюдений [4].

Следует отметить, что коэффициент линейной корреляции Спирмена может быть положительным и отрицательным, характеризую направленность связи между двумя признаками, измеренными в ранговой шкале [4,5].

При этом отрицательный коэффициент корреляции позволяет принять гипотезу о наличии монотонной отрицательной связи, т.е. увеличение значения одной переменной ведет к уменьшению значения коррелирующей с ней

переменной. Положительный коэффициент корреляции свидетельствует о положительной связи между переменными: увеличение одной переменной соответствует увеличению другой или наоборот (снижение одной переменной приводит к снижению другой) [6].

Качественная оценка тесноты связи величин x_i , y_i выявлена на основе шкалы Чеддока, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 – Шкала Чеддока для оценки корреляционных связей [3]

№	Теснота связи	Значение коэффициента Спирмена
0	Нет связи	0
1	Слабая	0,1-0,3
2	Умеренная	0,3-0,5
3	Заметная	0,5-0,7
4	Высокая	0,7-0,9
5	Весьма высокая	>0,9

В сопоставлении добычи-закачки использовался временной интервал в 24 месяца. Результаты оценки тесноты связи между нагнетательными и добывающими скважинами приведены в таблице 2. В данной таблице представлены результаты «умеренной» и выше тесноты связи по шкале Чеддока.

Таблица 2 – Результаты оценки тесноты связи между нагнетательными и добывающими скважинами.

№ нагнет. скв.	№ добыв. скв.	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена (объем закачки воды - дебит жидкости)	Оценка тесноты связи по шкале Чеддока
13	3	0,486	Умеренная
13	29	0,600	Заметная
13	59	0,455	Умеренная
44	7P	0,733	Высокая
54	21	0,496	Умеренная
60	57	-0,624	Умеренная
1K	29	0,518	Умеренная
33H	45	0,788	Высокая
33H	27ГС	-0,770	Высокая
33H	32H	-0,685	Заметная
40	56	-0,423	Умеренная

В северной части залежи наблюдается умеренная связь между нагнетательной скважиной №54 и добывающей скважиной №21. В центральной части залежи отмечается высокая корреляционная связь между нагнетательной скважиной №33H и добывающей скважиной №45, заметная связь нагнетательной скважины №13 с добывающей скважиной №29, умеренная связь со скважинами №№59 и 3. Высокая корреляционная связь отмечается между нагнетательной скважиной №44 и добывающей скважиной №7. Между

нагнетательной скважиной №1К отмечается умеренная связь с добывающей скважиной №29.

В южной части залежи отмечена слабая степень влияния нагнетательной скважины №60 на работу окружающих добывающих скважин. Нагнетательные скважины, находящиеся в эксплуатации менее 3 месяцев в анализе не участвовали.

Следует отметить, что по анализируемым участкам заводнения получены результаты с отрицательными коэффициентами корреляции, указывающими на наличие умеренной и высокой гидродинамической связи между скважинами [7,8].

По результатам расчетов можно отметить, что в большинстве случаев существенной статистически значимой связи между объемами закачки воды и отборами жидкости по окружающим скважинам не выявлено. По отдельным направлениям отмечено наличие умеренной, заметной и высокой связи по следующим участкам расположения нагнетательных скважин (рисунок 4) [5].

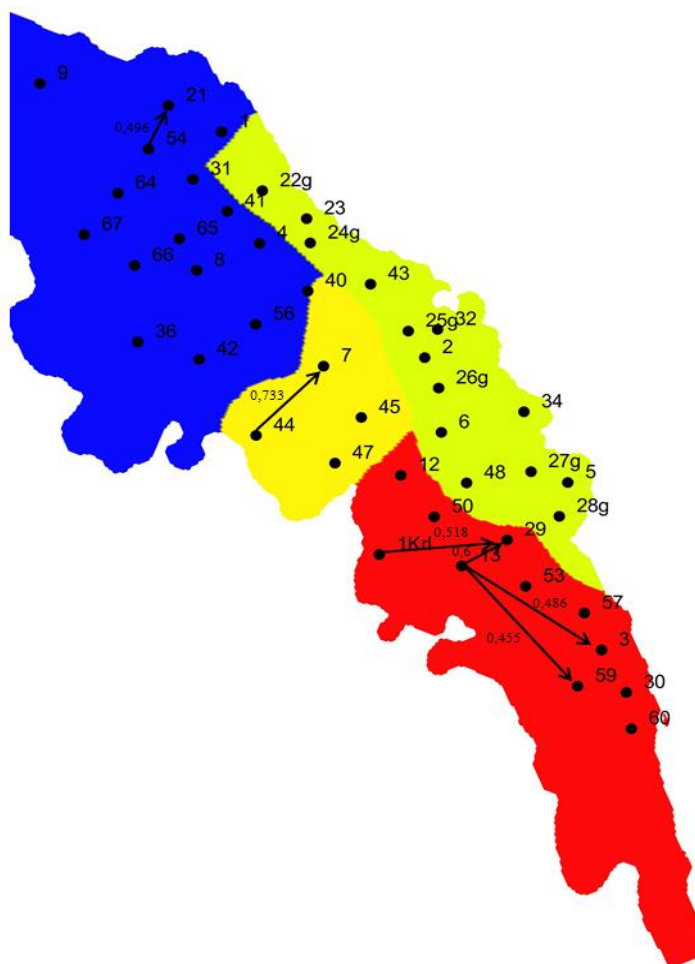


Рисунок 4 – Карта-схема расположения разных уровней ВНК с корреляционной связью по нагнетательным скважинам

Таблица 3 - Результаты оценки тесноты связи между добывающими скважинами

№ добыв. скв.	№ добыв. скв.	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена (дебит жидкости-дебит жидкости)	Оценка тесноты связи по шкале Чеддока
48	5	-0,762	Высокая
41	22гс	-0,531	Умеренная
31	22гс	-0,462	Умеренная
48	27гс	-0,452	Умеренная
59	30	0,445	Умеренная
23	24гс	0,448	Умеренная
25гс	2	0,462	Умеренная
50	53	0,471	Умеренная
8	56	0,517	Умеренная
29	50	0,543	Умеренная
4	56	0,552	Умеренная
45	7р	0,580	Умеренная
26гс	2	0,587	Умеренная
7р	2	0,608	Умеренная
4	24гс	0,657	Умеренная
31	41	0,692	Заметная
48	50	0,714	Заметная
48	29	0,714	Заметная
29	53	0,757	Заметная
22гс	4	0,762	Заметная
27гс	5	0,769	Заметная
7р	26гс	0,832	Высокая
7р	25гс	0,881	Высокая
8	4	0,965	Высокая

Результаты степени взаимовлияния работы добывающих скважин (интерференции) показали наличие тесной связи между отборами жидкости по скважинам №№31-41, 48-50, 48-29, 29-53, 22ГС-4, 27ГС-5, 7Р – 26 ГС, 7Р-25, 8-4. Тесноту связи с положительным значением коэффициента Спирмена в данном случае следует рассматривать как результат ухудшения энергетического состояния пласта, приводящий к общему снижению дебитов (рисунок 5).

По приведенным в таблице результатам видно наличие монотонной отрицательной связи (высокой и умеренной) по скважинам 48-5, 41-22ГС, 31-22ГС, 48-27ГС. Полученные результаты следует интерпретировать как наличие интерференции между скважинами, когда интенсивные отборы жидкости по одной скважине оказывают влияние на снижение добычи жидкости по другой.

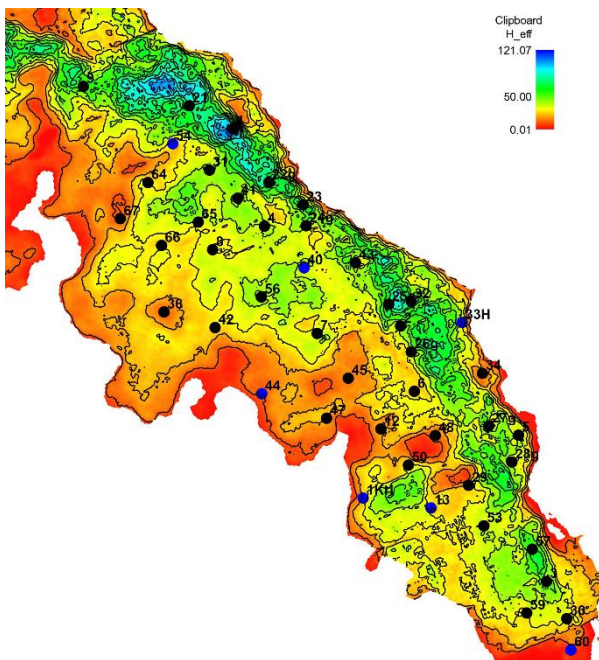


Рисунок 5 – Карта эффективных толщин, м.

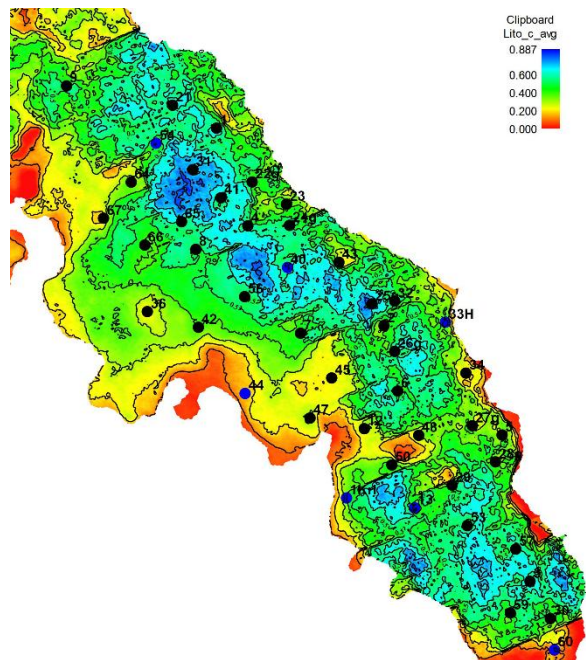


Рисунок 6 – Карта песчаности, д.ед.

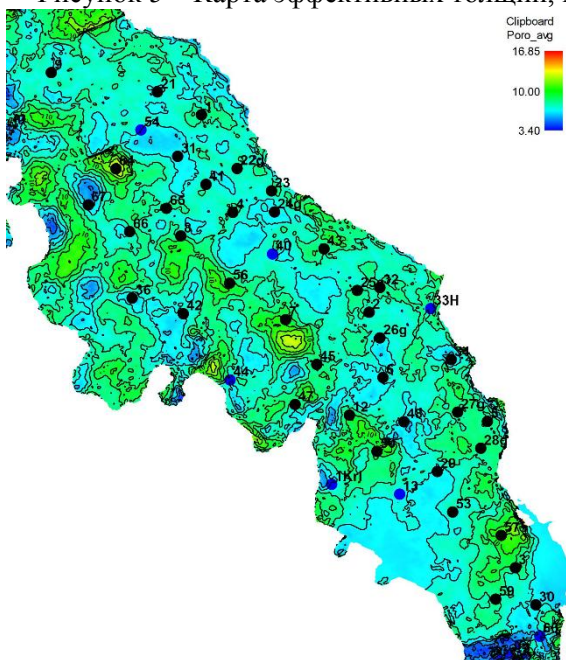


Рисунок 7 – Карта пористости, %.

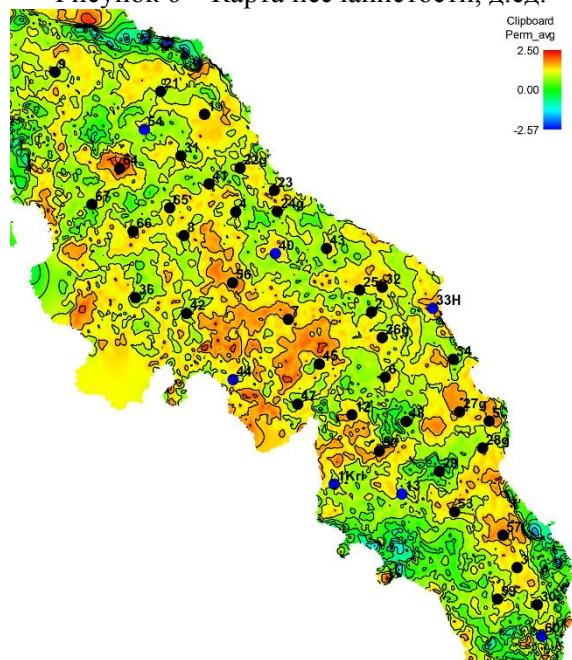


Рисунок 8 – Карта проницаемости в логарифмической шкале (log 10), мкм².

Анализируя геологическое строение в районе скважин, в которых определены «умеренная» и выше корреляционные связи, можно увидеть, что они находятся в зонах с относительно хорошими фильтрационно-емкостными свойствами, в сравнении со скважинами, между которыми не имеющими явной гидродинамической связи (по данным корреляционного анализа) [9,10].

Например, между парами скважин №№44, 7 эффективная мощность изменяется от 5 до 30 метров, песчаность изменяется в диапазоне от 0.2 до 0.6 д.ед., пористость – от 8 до 10%, проницаемость – 5 до 25 мкм².

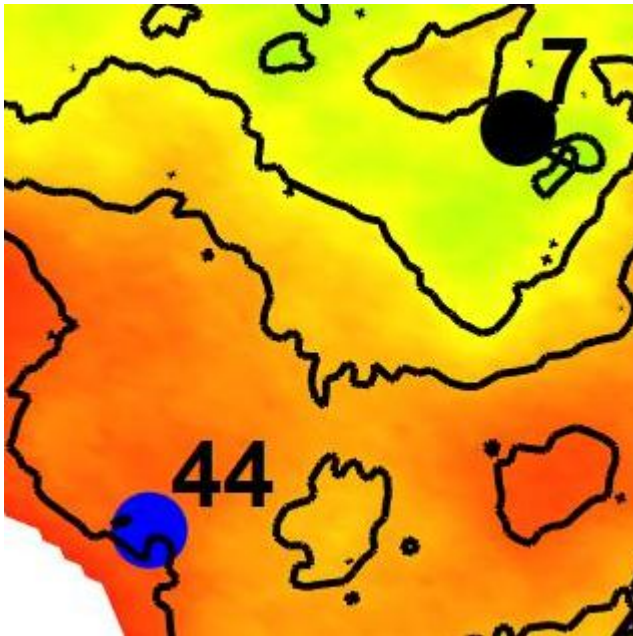


Рисунок 9 – Выкопировка с карты эффективных толщин, м.

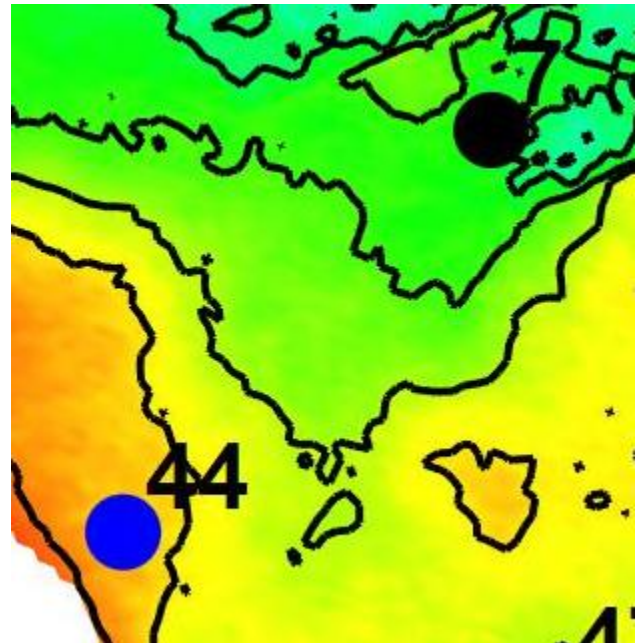


Рисунок 10 – Выкопировка с карты песчаности, д.ед.

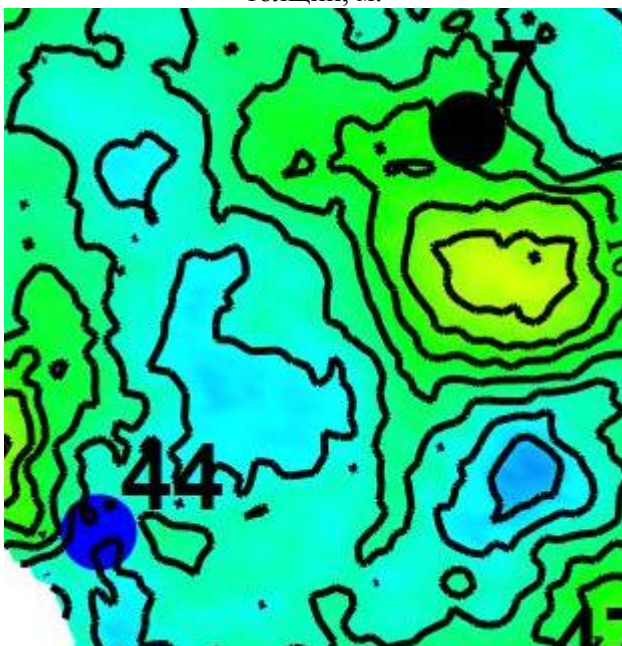


Рисунок 11 – Выкопировка с карты пористости, %.

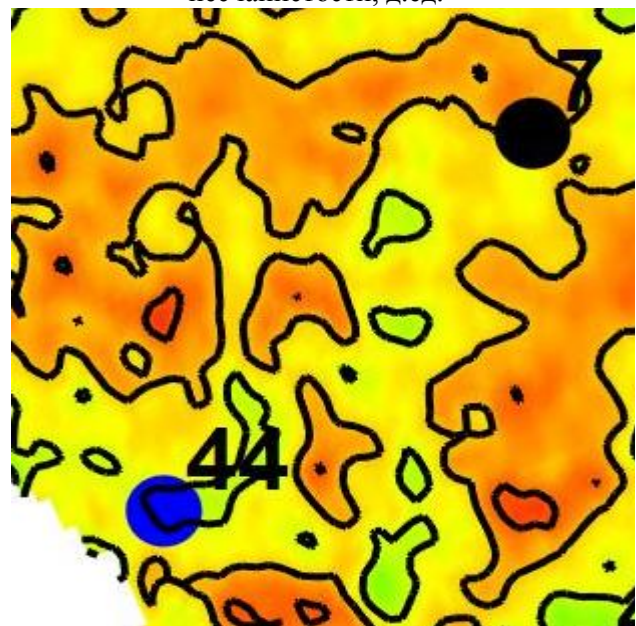


Рисунок 12 – Выкопировка с карты проницаемости в логарифмической шкале (\log_{10}), мкм².

Таким образом, на основе полученных расчетов установлены основные направления влияния закачки на отборы добывающих скважин, которые подтверждаются геологическим строением пласта. Определены зоны расположения взаимовлияющих добывающих скважин [12,15].

Полученные результаты были учтены при разработке рекомендаций по оптимизации системы разработки залежей нефти девонской системы в следующих направлениях:

- регулирование отборов нефти и закачки воды в зонах пониженных пластовых давлений;

- перевода добывающих скважин, продуцирующих с предельно низкими дебитами под нагнетание воды в зонах единой гидродинамической связи между скважинами;

- обоснование выбора нагнетательных скважин под применение потокорегулирующих технологий, с целью повышения охвата пласта заводнением, что в свою очередь сопровождается снижением обводненности продукции добывающих скважин [11, 13].

Выводы: В данной работе было проанализировано энергетическое состояние залежей нефти в карбонатных коллекторах исследуемого месторождения. На основе динамического анализа данных по методу оценки ранговой корреляции Спирмена были определены зоны высокой и низкой гидродинамической связи.

Проведенный анализ сопоставления результатов статистических исследований методом Спирмена и оценки фильтрационно-емкостных характеристик пласта с учетом генезиса образования карбонатных коллекторов позволил выявить причины низкой эффективности системы поддержания пластового давления на отдельных участках залежей. Выявлены участки с нагнетательными скважинами, которые имеют слабую или высокую гидродинамическую связь с окружающими добывающими скважинами первого и второго ряда. Установлено, что низкая эффективность нагнетания по очагам заводнения обусловлена двумя причинами: отсутствием гидродинамической связи между скважинами, что объясняется зональной неоднородностью коллекторов, связанной с разными генетическими типами карбонатов (рифовые отложения и хемогенные известняки); высокая анизотропия ФЕС.

На основе полученных результатов исследования с применением геолого-гидродинамического моделирования, статистического анализа промысловых данных и результатов промысловых гидродинамических исследований разработаны рекомендации по совершенствованию системы ППД, направленные на повышения охвата пластов заводнением как по площади, так и по разрезу.

Финансирование: работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению № 075-15-2022-297 в рамках программы развития НЦМУ.

Funding: the work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under agreement No. 075-15-2022-297 within the framework of the development program of the National Center for Medical Sciences.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деев В.Г., Смородов Е.А., Исмаков Р.А. Методы экспресс-оценки качества фонда нефтедобывающих скважин // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2001. № 1. С. 40-45.
2. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Бахтизин Р.Н. Этюды о моделировании сложных систем нефтедобычи. Нелинейность, неравновесность, неоднородность. Уфа: Гилем, 1999. 464 с.
3. Нугайбеков Р.А., Шафигуллин Р.И., Каптелинин О.В., Котенев Ю.А., Чибисов А.В. Оценка эффективности системы заводнения на залежах нефти в карбонатных коллекторах Ново-Елховского месторождения // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. Вып. 3 (85). С. 5-12.
4. Хайрединов Н.Ш., Чижов А.П., Чибисов А.В., Волкова Н.В., Нугайбеков Р.А. Оценка степени взаимодействия добывающих и нагнетательных скважин на залежах нефти турнейского яруса Ново-Елховского месторождения // Сб. науч. тр. ЦХИМН АН РБ. 2008. Вып. 5. С. 103-109.
5. Чудинова Д.Ю., Султанов Ш.Х. Оптимизация системы заводнения месторождения Когалымского региона с учетом строения // Разведочная и промысловая геофизика: теория и практика: сб. докл. Девятой молодеж. науч.-практ. конф. Уфа: Информреклама, 2014. Вып. 8. С. 86-88.
6. Чудинова Д.Ю., Чибисов А.В. Решение задачи оптимизации системы заводнения на объектах разработки в поздней стадии методами статистического анализа геолого-промысловых данных // Современные тенденции развития науки и технологий: матер. XI Междунар. науч.-практ. конф., г. Белгород. 2016 № 2-3. С. 127-129.
7. Чудинова Д.Ю., Сиднев А.В. Геолого-технические мероприятия по контролю и регулированию разработки месторождений Когалымской группы на завершающей стадии // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2016. № 1. С. 119-137.
8. Оценка влияния свойств пород на эффективность гидравлического разрыва пласта в отложениях доманикового возраста / А.А. Нуриев, Ш.Х. Султанов, Н.В. Шабрин [и др.] // Нефть. Газ. Новации. 2022. № 5(258). С. 65-69. EDN GWNASU.
9. Махныткин, Е. М. Оценка методов гидродинамической связи скважин с учетом фациальных особенностей строения месторождения / Е. М. Махныткин, Д. Ю. Чудинова, Н. В. Шабрин // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2022: Сборник трудов международной научно-технической конференции, Октябрьский, 25 марта 2022 года. Октябрьский: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2022. С. 153-156. EDN NFULUS.
10. Совершенствование построения трехмерных геологических моделей нефтяных месторождений сложного строения / А.А. Махмутов, Н.В. Шабрин,

- А.М. Маляренко [и др.] // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов. 2023. № 30. С. 62-80. DOI 10.24412/2949-4052-2023-1-62-80. EDN SSVVHW.
11. Комплексный подход обоснования выбора скважин под технологии воздействия на остаточные запасы / А. П. Чижев, А. В. Чибисов, О. В. Терехов, В. И. Стрелков // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. № 9. С. 34-36. EDN KXQQGN.
 12. Геолого-промысловое обоснование методов воздействия на пласт на примере эксплуатационных объектов месторождений Западно-Сибирской нефтегазонасыщенной провинции / В.В. Мухаметшин, В.Е. Андреев, Р.Р. Хузин [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018. № 10. С. 40-45. DOI 10.30713/2413-5011-2018-8-40-45. EDN VJULWP.
 13. Халиков А. Н. Обоснование выбора участков для применения геолого-технических мероприятий на основе геолого-гидродинамического моделирования / А.Н. Халиков, Д.Ю. Чудинова, М.М. Хидиятов // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли: Материалы Международной научно-практической конференции, Альметьевск, 14–17 ноября 2018 года. Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2018. С. 150-153. EDN ZBCEDR.
 14. Оптимизация системы заводнения в терригенных и карбонатных коллекторах / В. Е. Андреев, Д. Ю. Чудинова, А. П. Чижев, А. В. Чибисов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. № 4(106). С. 42-53. EDN XEJOBX.
 15. Перспективы освоения трудноизвлекаемых запасов нефти карбонатных пластов с применением нестационарного заводнения / А.В. Чибисов, А.П. Чижев, Н.Н. Архипова, Е.В. Кагарманова // Сборник материалов Международной научно-практической конференции "Инновационные технологии в нефтегазовом комплексе", Уфа, 23–29 ноября 2014 года. Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. С. 166-171. EDN TRAGMF.

REFERENCES

1. Deev V.G., Smorodov E.A., Ismakov R.A. Methods for express assessment of the quality of oil production wells // News of higher educational institutions. Oil and gas. 2001. No. 1. Pp. 40-45.
2. Mirzajanzade A.Kh., Khasanov M.M., Bakhtizin R.N. Studies on modeling complex oil production systems. Nonlinearity, nonequilibrium, heterogeneity. Ufa: Gilem, 1999. 464 p.
3. Nugaibekov R.A., Shafigullin R.I., Kaptelinin O.V., Kotenev Yu.A., Chibisov A.V. Assessing the effectiveness of the waterflooding system on oil deposits in carbonate reservoirs of the Novo-Elkhovskoye field // Problems of collection, preparation and transport of oil and petroleum products. 2011. Issue 3 (85). Pp. 5-12.

4. Khairedinov N.Sh., Chizhov A.P., Chibisov A.V., Volkova N.V., Nugaibekov R.A. Assessment of the degree of interaction between production and injection wells in oil deposits of the Tournaisian stage of the Novo-Elkhovskoye field // Collection of articles. scientific tr. TsKHIMN AN RB. 2008. Vol. 5. Pp. 103-109.
5. Chudinova D.Yu., Sultanov Sh.Kh. Optimization of the waterflooding system of the Kogalym region field taking into account the structure // Exploration and field geophysics: theory and practice: collection. report Ninth Youth. scientific-practical conf. Ufa: Informreklama, 2014 Vol. 8 P. 86-88.
6. Chudinova D.Yu., Chibisov A.V. Solving the problem of optimizing the flooding system at development sites at a late stage using statistical analysis of geological and field data // Modern trends in the development of science and technology: material. XI International scientific-practical Conf., Belgorod. 2016 No. 2-3. Pp. 127-129.
7. Chudinova D.Yu., Sidnev A.V. Geological and technical measures to control and regulate the development of fields of the Kogalym group at the final stage // Electronic scientific journal "Oil and Gas Business". 2016 No. 1. Pp. 119-137.
8. Assessing the influence of rock properties on the efficiency of hydraulic fracturing in Domanik deposits / A.A. Nuriev, Sh.Kh. Sultanov, N.V. Shabrin [et al.] // Oil. Gas. Innovations. 2022. No. 5(258). Pp. 65-69. EDN GWNASU.
9. Makhnytkin, E. M. Assessment of methods for hydrodynamic connection of wells taking into account the facial features of the structure of the field / E.M. Makhnytkin, D.Yu. Chudinova, N.V. Shabrin // Modern technologies in oil and gas business – 2022: Collection of works of the international scientific and technical conference, Oktyabrsky, March 25, 2022. Oktyabrsky: Ufa State Petroleum Technical University, 2022. Pp. 153-156. EDN NFULUS.
10. Improving the construction of three-dimensional geological models of oil fields of complex structure / A. A. Makhmutov, N. V. Shabrin, A. M. Malyarenko [etc.] // Geology. Proceedings of the Department of Geosciences and Natural Resources. 2023. No. 30. Pp. 62-80. DOI 10.24412/2949-4052-2023-1-62-80. EDN SSVVHW.
11. Complex approach to wells selected for application of technology of affecting the remaining stocks / Chizhov A.P., Chibisov A.V., Terekhov O.V., Strelkov V.I.// Geology, Geophysics and development of oil and gas fields. 2009. No. 9. Pp. 34-36. EDN KXQQGN.
12. Geological and field substantiation of reservoir stimulation methods using the example of operational facilities of fields in the West Siberian oil and gas province / V. V. Mukhametshin, V. E. Andreev, R. R. Khuzin [etc.] // Geology, geophysics and development oil and gas fields. 2018. No. 10. Pp. 40-45. DOI 10.30713/2413-5011-2018-8-40-45. EDN VJULWP.
13. Khalikov, A. N. Justification for the selection of areas for the use of geological and technical measures based on geological and hydrodynamic modeling / A. N. Khalikov, D. Yu. Chudinova, M. M. Khidiyatov // Achievements, problems and prospects for the development of oil and gas industries: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Almet'yevsk, November 14–17,

2018. Almet'yevsk: Almet'yevsk State Oil Institute, 2018. Pp. 150-153. EDN ZBCEDR.
14. Optimization of the flooding system in terrigenous and carbonate reservoirs / V.E. Andreev, D.Yu. Chudinova, A.P. Chizhov, A.V. Chibisov // Problems of collection, preparation and transport of oil and petroleum products. 2016. No. 4(106). Pp. 42-53. EDN XEJOBX.
15. Prospects for the development of hard-to-recover oil reserves of carbonate formations using non-stationary waterflooding / A.V. Chibisov, A.P. Chizhov, N.N. Arkhipova, E.V. Kagarmanova // Collection of materials of the International scientific and practical conference "Innovative technologies in oil and gas complex", Ufa, November 23–29, 2014. Ufa: Bashkir State University, 2014. Pp. 166-171. EDN TRAGMF.

Сведения об авторах:

Котенёв Юрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», ФГБОУ ВО «Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет»; ведущий научный сотрудник, Научный Центр Международного Уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты», Уфа, Российская Федерация, эл. адрес: geokot@inbox.ru. ORCID ID: 0000-0001-8980-4897.

Халиков Альмир Наилевич, старший преподаватель кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», ФГБОУ ВО «Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет»; младший научный сотрудник, Научный Центр Международного Уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты», Уфа, Российская Федерация, эл. почта: almir94@yandex.ru. ORCID 0000-0001-6801-3770.

Шабрин Никита Владиславович, ассистент кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений» ФГБОУ ВО «Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет», младший научный сотрудник Научного Центра Международного Уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты», Уфа, Российская Федерация, эл. адрес: nikita.shabrin@yandex.ru. ORCID ID: 0000-0003-4727-6349.

Чибисов Александр Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений» ФГБОУ ВО «Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет», старший научный сотрудник Научного Центра Международного Уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты», Уфа, Российская Федерация, эл. адрес: z077@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-1382-2391.

Author's personal details:

Kotenev Yuriy Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department of «Geology and Exploration of Oil and Gas Field Department» FSBEI HE “Ufa State Petroleum Technological University”, Leading researcher of World-class Research Center "Rational development of the planet liquid hydrocarbon reserves", Ufa, the Russian Federation. E-mail: geokot@inbox.ru. ORCID ID: 0000-0001-8980-4897.

Khalikov Almir Khalikov, Senior Lecturer of «Geology and Exploration of Oil and Gas Field Department» FSBEI HE “Ufa State Petroleum Technological University”, Junior Researcher of World-class Research Center "Rational development of the planet liquid hydrocarbon reserves", Ufa, the Russian Federation. E-mail: nikita.shabrin@yandex.ru. ORCID ID: 0000-0003-4727-6349.

Shabrin Nikita Vladislavovich, Senior Lecturer of «Geology and Exploration of Oil and Gas Field Department» FSBEI HE “Ufa State Petroleum Technological University”, Junior Researcher of World-class Research Center "Rational development of the planet liquid hydrocarbon reserves", Ufa, the Russian Federation. E-mail: nikita.shabrin@yandex.ru. ORCID ID: 0000-0003-4727-6349

Chibisov Alexander Vyacheslavovich Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of «Geology and Exploration of Oil and Gas Field Department» FSBEI HE “Ufa State Petroleum Technological University”, Senior Researcher World-class Research Center "Rational development of the planet liquid hydrocarbon reserves". Ufa, the Russian Federation. E-mail: z077@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-1382-2391.

© Котенёв Ю.А., Халиков А.Н., Шабрин Н.В., Чибисов А.В.