

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2025.2.21-33>

EDN YNKVYB

УДК 622.276.1/.4.003

**Оценка влияния темпа ввода в разработку небольшой по
размеру залежи нефти в терригенных отложениях
Беркет-Ключевского нефтяного месторождения
на технико-экономические показатели**

^{1,3}Петров В.Н., ^{1,3}Хакимзянов И.Н., ²Хуснутдинов Р.Н.,
²Сайфутдинов М.А., ³Нафикова Р.А.

¹Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина,
Альметьевск, Россия

²ЗАО «Охтин-Ойл», Лениногорск, Россия

³Институт нефти и газа филиал ФГБОУ ВО УГНТУ, Октябрьский, Россия

**Assessing the impact of the rate of introduction into development
of a small-sized oil deposit in terrigenous sediments of
the Berket-Klyuchevskoye oil field on the technical
and economic indicators**

^{1,3}V.N. Petrov, ^{1,3}I.N. Khakimzyanov, ²R.N. Khusnutdinov,
²M.A. Sayfutdinov, ³R.A. Nafikova

¹TatNIPIneft Institute of PJSC Tatneft, Almetyevsvk, Russia

²ZAO "Okhtin-Oil", Leninogorsk, Russia

³Institute of Oil and Gas branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of
Higher Education USPTU, Oktyabrsky, Russia

E-mail: PetrovVladimirN@tatnpi.ru

Аннотация. Многолетний опыт разработки многих нефтяных месторождений показывает, что вовлечение запасов новых эксплуатационных объектов переводом добывающих скважин с одного объекта на другой может иметь низкую рентабельность. Однако,

при определенных геологических условиях, использование оборудования для одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ) позволяет эффективно вводить в разработку запасы новых залежей. ОРЭ позволяет вовлекать в разработку запасы, сосредоточенные в нижних и верхних горизонтах, одновременно, не дожидаясь истощения нижних пластов. Время начала ввода в разработку и продолжительность эксплуатации залежей нефти в первую очередь зависит от величины запасов. В данной статье рассматривается оценка влияния динамики геолого-технических мероприятий (ГТМ) на темпы ввода тульского горизонта нефтяной залежи нижнего карбона Кзыл-Кочского поднятия Беркет-Ключевского нефтяного месторождения Республики Татарстан с помощью ОРЭ. Рассмотрено несколько вариантов дальнейшей разработки залежей нефти в отложениях бобриковского и тульского горизонтов с использованием геолого-гидродинамического моделирования и проведена технико-экономическая оценка предлагаемых ГТМ.

Ключевые слова: *месторождение, залежь нефти, проницаемость, пористость, геологическое строение, одновременно-раздельная эксплуатация, скважина, свойства нефти, коэффициент извлечения нефти, экономическая эффективность*

Для цитирования: Петров В.Н., Хакимзянов И.Н., Хуснутдинов Р.Н., Сайфутдинов М.А., Нафикова Р.А. Оценка влияния темпа ввода в разработку небольшой по размеру залежи нефти в терригенных отложениях Беркет-Ключевского нефтяного месторождения на технико-экономические показатели // Нефтяная провинция.-2025.-№2(42).-С. 21-33. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.2.21-33>. - EDN YN-KVYB

Abstract. Many years of experience in the development of many oil fields shows that the involvement of reserves of new production facilities by transferring production wells from one facility to another can have low profitability. However, under certain geological conditions, the use of equipment for simultaneous-separate exploitation (SSE) allows for the efficient introduction of reserves of new deposits into development. SSE allows for the involvement of reserves concentrated in the lower and upper horizons into development simultaneously, without waiting for the depletion of the lower layers. The start time of commissioning and the duration of exploitation of oil deposits primarily depend on the size of reserves. This article examines the impact of the dynamics of geological and technical measures (GTM) on the rate of commissioning of the Tula horizon of the Lower Carboniferous oil deposit of the Kzyl-Koch uplift of the Berket-Klyuchevskoye oil field in the Republic of Tatarstan using the WEM. Several options for further development of oil deposits in the deposits of the Bobrikov and Tulska horizons were considered using geological and hydrodynamic modeling, and a technical and economic assessment of the proposed geological and technical measures was carried out.

Key words: *field, oil deposit, permeability, porosity, geological structure, simultaneous-separate exploitation, well, oil properties, oil recovery factor, economic efficiency*

For citation: V.N. Petrov, I.N. Khakimzyanov, R.N. Khusnutdinov, M.A. Sayfutdinov, R.A. Nafikova. Otsenka vliyaniya tempa vvoda v razrabotku nebol'shoy po razmeru zalezhi nefi v terrigennykh otlozhe-niyakh Berket-Klyuchevskogo neftyanogo mestorozhdeniya na tekhniko-ekonomicheskiye pokazateli [Assessing the impact of the rate of introduction into development of a small-sized oil deposit in terrigenous sediments of the Berket-

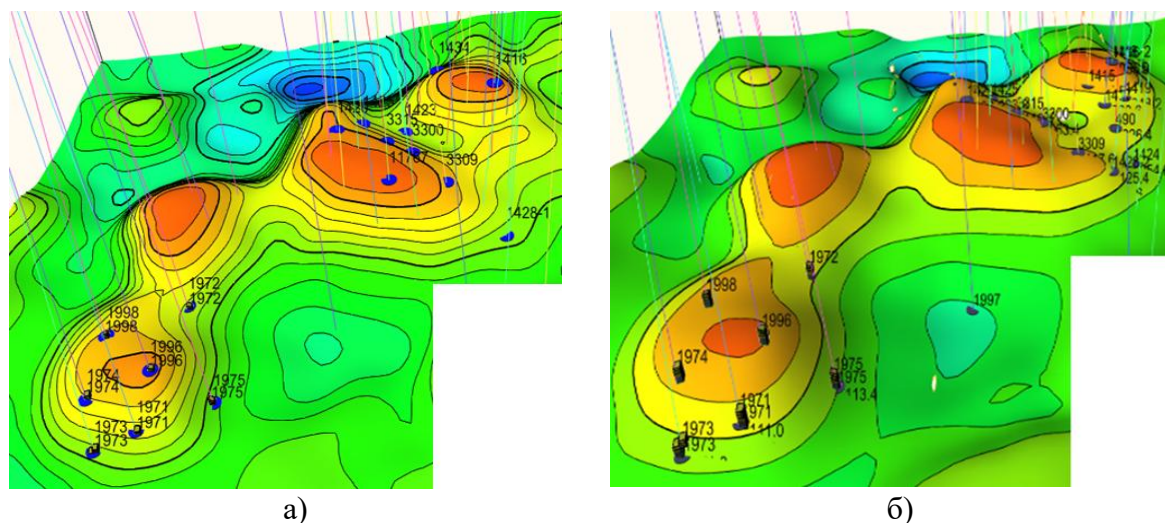
Klyuchevskoye oil field on the technical and economic indicators]. Neftyanaya Provintsiya, No. 2(42), 2025. pp. 21-33. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.2.21-33>. EDN YNKVYB (in Russian)

Введение.

Общеизвестно, что основными качественными критериями за объединение пластов для совместной эксплуатации скважин являются: схожие физико-химические свойства нефти, совпадение в плане площадей залежей, близкие по значению пластовые давления, одинаковые режимы залежей.

Выбор объекта исследований.

Продуктивными пластами в нежнекаменноугольных отложениях на территории Беркет-Ключевского месторождения являются терригенные отложения тульского и бобриковского горизонтов. Залежи в отложениях бобриковского и тульского горизонтов пластово-сводового типа с литологическим ограничением (Рис. 1).



Пласты тульского и бобриковского характеризуются существенной вариацией геолого-физических параметров пластов и физико-химических свойств пластовых флюидов (Табл. 1).

Таблица 1

Геолого-физическая характеристика продуктивных пластов

Беркет-Ключевского месторождения

Параметры	Размерность	Продуктивные пласты	
		C1bb	C1tl
Средняя эффективная нефтенасыщенная толщина	м	4	1,8
Коэффициент пористости	доли ед.	0,24	0,21
Коэффициент нефтенасыщенности пласта	доли ед.	0,87	0,80
Проницаемость	мкм ²	0,795	0,54
Коэффициент песчанистости	доли ед.	0,842	1
Расчлененность	ед.	2,2	1
Начальное пластовое давление	МПа	10,9	10,8
Вязкость нефти в пластовых условиях	мПа·с	41,9	20,0
Плотность нефти в пластовых условиях	г/см ³	0,880	0,880
Плотность нефти в поверхностных условиях	г/см ³	0,904	0,901
Давление насыщения нефти газом	МПа	3,9	2,3
Газосодержание	м ³ /т	12,1	11,9

В настоящее время залежь нефти, представленная в отложениях бобриковского горизонта Кызыл-Кочского поднятия, разрабатывается самостоятельной сеткой скважин (Рис. 2б).

Залежь нефти, представленная в отложениях тульского горизонта Кызыл-Кочского поднятия, не разрабатывается (Рис. 2а).

Верхняя залежь тульских отложений меньше как по запасам, так и по площади и частично совпадает в плане с нижележащим бобриковским горизонтом. Залежи тульского и бобриковского горизонтов по расположению преимущественно совпадают в плане друг с другом по контурам нефтеносности и это является, как было сказано выше, одним из основных критериев приобщения этих пластов (Рис. 2в).

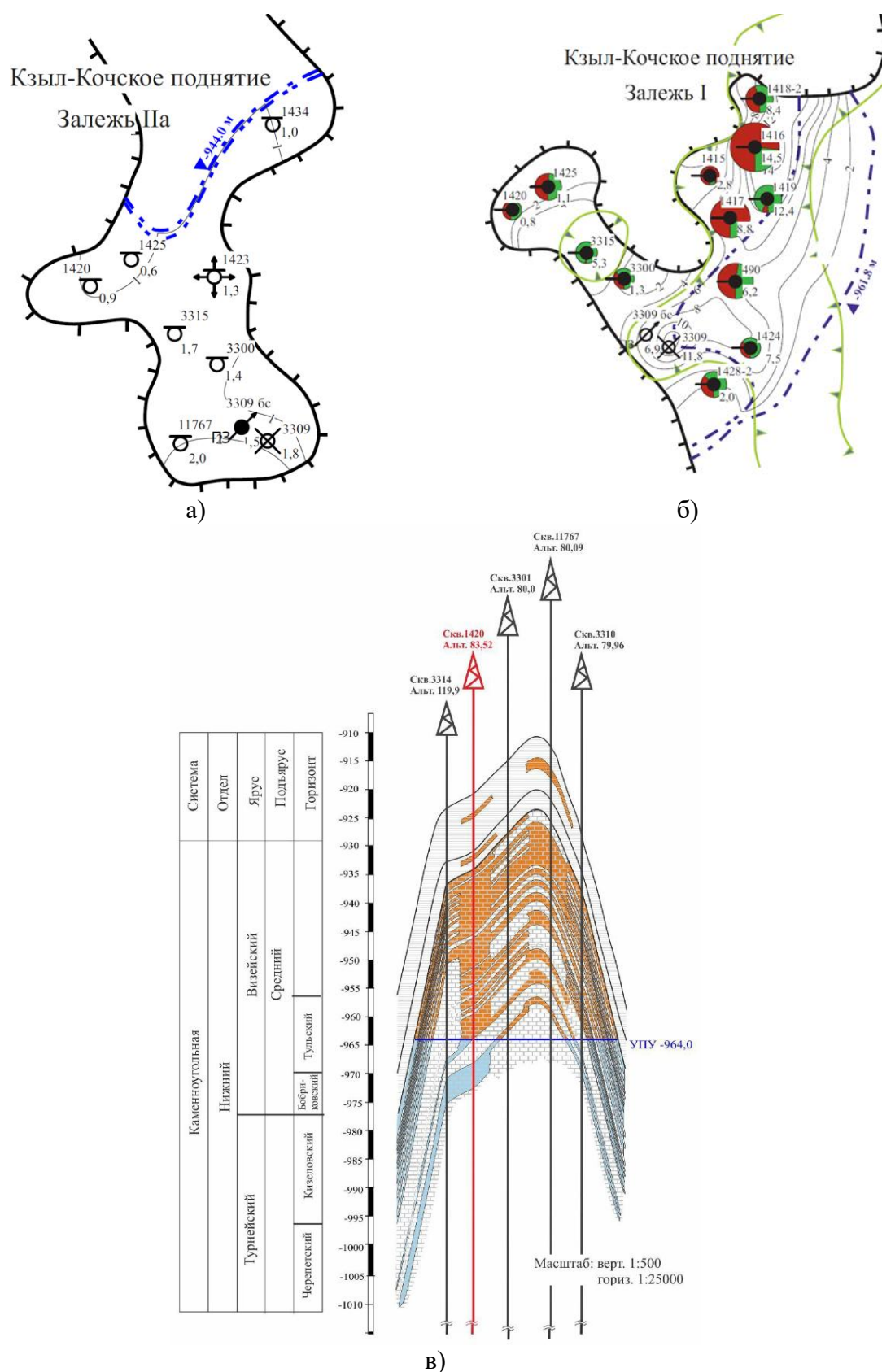


Рис. 2. Выкопировка из карты разработки Кзыл-Кочского поднятия по отложениям: а) тульского, б) бобринского горизонта, в) из геологического профиля по линии скважин 3314, 1420, 3301, 11767, 3310

С целью оценки степени влияния темпов ввода тульского и бобриковского горизонта на залежи Кзыл-Кочского поднятия Беркет-Ключевского месторождения на технико-экономические показатели, с использованием геолого-технологической модели проведены прогнозные расчеты технологических показателей по нескольким вариантам.

Рассмотрены следующие варианты: **1 (базовый)** при сложившейся системе разработки, в котором началом ввода в разработку отложений тульского горизонта Кзыл-Кочского поднятия является момент выбытия нерентабельного отработавшего фонда скважин бобриковского горизонта; **2** - совместная разработка бобриковского и тульского горизонтов Кзыл-Кочского поднятия общим фильтром, где началом ввода в разработку отложений тульского горизонта - приобщение скважин бобриковского горизонта (Рис. 3).

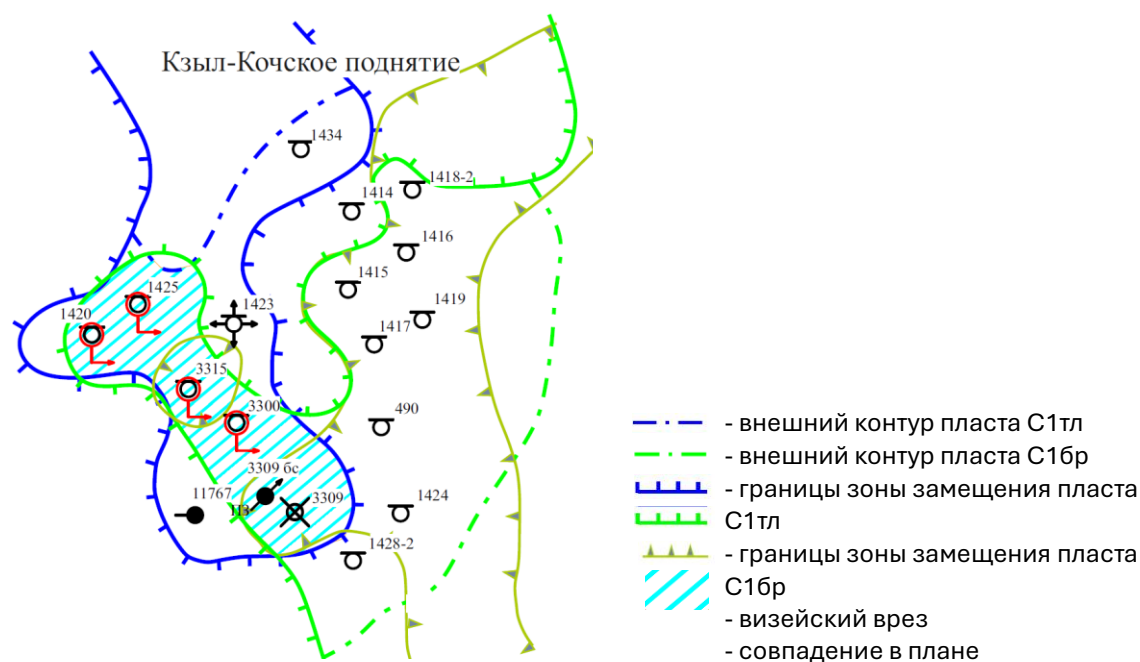


Рис. 3. Выкопировка из карты совмещенных контуров

Но в данном случае совместная эксплуатация двух объектов общим фильтром связана с целым рядом сложностей и проблем, в частности с такими, как отсутствие депрессии на каждый пласт в отдельности, возникновение перетоков из одного пласта в другой вследствие различных пластовых давлений, что ведет к потере дебита скважины на 15÷25 %.

При этом также нужно помнить, что приобщение не всегда возможно в связи с жесткими требованиями «Правил разработки нефтяных и газонефтяных месторождений» и «Правил охраны недр», предъявляемых к многопластовым объектам.

Выходом из данной ситуации может служить применение оборудования ОРЭ объектов, разработка которых общим фильтром может стать неэффективным по геолого-промысловым параметрам данных пластов.

В связи с этим, был рассмотрен вариант **3** - одновременная разработка бобриковского и тульского горизонтов Кзыл-Кочского поднятия с ввода в разработку отложений тульского горизонта путем приобщения скважин бобриковского горизонта с использованием оборудования ОРД.

Анализ результатов прогнозных расчетов технологических показателей разработки по рассмотренным вариантам показывает, что выработка объектов Кзыл-Кочского поднятия происходит неравномерно, что выражается в значениях КИН в сумме по двум объектам. На рис. 4 представлено распределение КИН по вариантам в сумме по двум объектам и по объектам отдельно (тульский, бобриковский).

Из рис. 4в видно, что по 1 (базовому) варианту конечный КИН конец разработки составляет 0,405 доли ед., по объектам разработки конечный КИН достигает следующих значений: по тульскому объекту - 0,421 доли ед., при утвержденном 0,473 доли ед., по бобриковскому – 0,394 доли ед., при утвержденном 0,388 доли ед. (Рис. 4а, б).

По варианту 2 при эксплуатации скважин общим фильтром конечный КИН достигает величины 0,326 доли ед. (на 20% ниже, чем в варианте 1) (Рис. 4в). По объектам разработки конечный КИН достигает следующих значений: по тульскому объекту - 0,318 доли ед. (на 24% ниже), по бобриковскому – 0,332 доли ед. (на 16% ниже) (Рис. 4а, б).

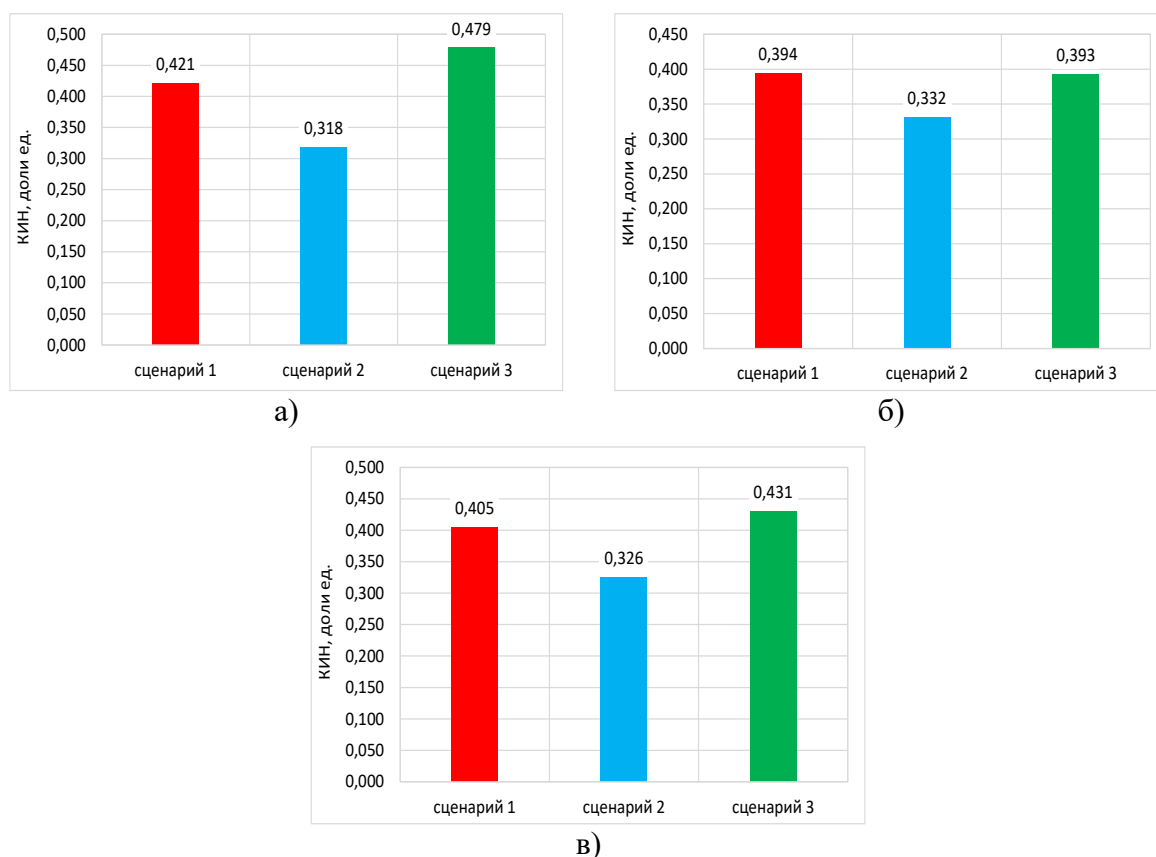


Рис. 4. Распределение КИН по вариантам: а) тульский объект, б) бобриковский объект, в) сумма по двум объектам

По варианту 3 при эксплуатации скважин с внедрением ОРЭ конечный КИН достигает величины 0,431 доли ед. (на 32% выше, чем в варианте 2) (Рис. 4в). По объектам разработки конечный КИН достигает следующих значений: по тульскому объекту - 0,479 доли ед. (на 51% выше, чем в варианте 2), по бобриковскому – 0,393 доли ед. (на 18% выше, чем в варианте 2) (Рис. 4а, б).

Таким образом, анализ полученных результатов прогнозных расчетов технологических показателей по трем вариантам позволяет утверждать, что на Кзыл-Кочском поднятии существует возможность для интенсификации выработки балансовых запасов как путем приобщения нижнего пласта эксплуатируемыми скважинами №№1420,1425,3300,3315 общим фильтром, так и с внедрением ОРЭ для приобщения тульского и бобриковского объектов. Причем если приобщение общим фильтром позволяет отобрать в сумме

по двум объектам 119,8 тыс. т. нефти, то внедрение ОРЭ дает возможность увеличить добычу нефти на 32,5% (158,7 тыс. т.).

Для выбора наиболее эффективного варианта разработки проведена технико-экономическая оценка рассмотренных вариантов, которые были взаимосвязаны от последовательности ввода в разработку верхнего неразрабатываемого тульского горизонта.

Экономическая оценка технологических вариантов была проведена, исходя из цены реализации марки Urals 63 долл./барр., курса доллара – 84 руб., и затратах, сложившихся по данным недропользователя. Расчеты выполнены с учетом налогов и обязательных платежей, установленных действующим законодательством.

Сравнение вариантов разработки выполнено с помощью показателя «чистый дисконтированный доход» (ЧДД). Результаты расчетов, представленные на рис. 5а, показывают, что максимальный ЧДД достигается в варианте с применением оборудования ОРД. Следует отметить, что этот вариант имеет преимущество по показателю ЧДД по сравнению с первыми двумя вариантами в размере 81% и 21% соответственно.

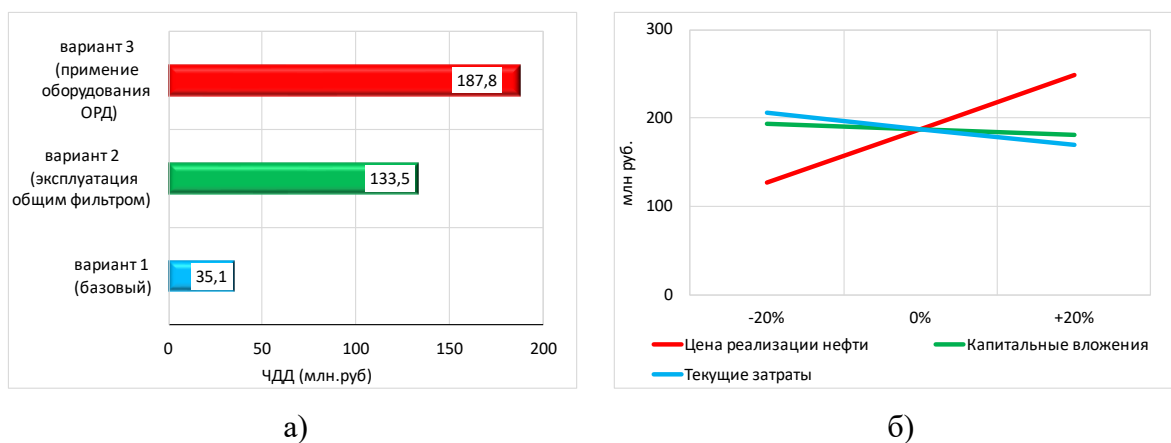


Рис. 5. а) сопоставление ЧДД по вариантам и б) анализ чувствительности ЧДД по 3 варианту

Также был выполнен анализ чувствительности ЧДД к изменению ключевых факторов: цена реализации нефти, капитальные вложения и теку-

щие затраты (Рис. 5б). Изменение факторов предусмотрено в диапазоне $\pm 20\%$. Результаты анализа чувствительности показали, что все три технологических варианта устойчивы к изменению рассматриваемых параметров, ЧДД остается положительным.

Основные выводы

1. Проведенные численные расчеты показали, что разная стратегия выработки запасов нефти двухпластовой залежи небольшого размера при неизменной системе скважин может изменить КИН залежи в пределах нескольких процентов.

2. Анализ полученных результатов прогнозных расчетов технологических показателей по всем вариантам позволяет утверждать, что для условий терригенных отложений Кзыл-Кочского поднятия существует возможность интенсификации выработки балансовых запасов как путем приобщения всех пластов эксплуатирующимися скважинами №№1420,1425,3300,3315 общим фильтром, так и внедрением ОРЭ для приобщения тульского и бобриковского объектов. Причем если приобщение скважин общим фильтром позволяет отобрать в сумме по двум объектам 119,8 тыс. т. нефти, то внедрение ОРЭ дает возможность увеличить добычу нефти до 158,7 тыс. т.

3. Результаты технико-экономической оценки показали, что максимальное значение ЧДД достигается в варианте с применением оборудования ОРД, также данный вариант устойчив к изменению цены реализации нефти, капитальных вложений и текущих затрат в диапазоне $\pm 20\%$.

4. Резюмируя, можно сказать, что при соблюдении основных качественных критериев по приобщению нескольких объектов появляется возможность для решения множества важнейших задач, таких как: повышение производительности скважин, повышение темпа ввода месторождений в разработку, приобщение к разработке объектов с непромышленными и низкорентабельными запасами нефти, интенсификация разработки отдельных объектов за счет уплотнения сетки скважин.

Список литературы

1. Петров В.Н., Яртиеv А.Ф., Туйчин Д.Р., «Дополнение к технологическому проекту разработки Беркет-Ключевского нефтяного месторождения Республики Татарстан», Книга 1, стр.63, 2022 г.
2. Яртиеv А.Ф., Хакимзянов И.Н., Петров В.Н., Идиятуллина З.С. Совершенствование технологий по выработке запасов нефти из неоднородных и сложнопостроенных коллекторов Республики Татарстан / А.Ф. Яртиеv, И.Н. Хакимзянов, В.Н. Петров, З.С. Идиятуллина – Казань: Изд-во «Ихлас», 2016. –192 с.
3. А.Г. Хабибрахманов, А.Т. Зарипов, И.Н. Хакимзянов, Р.И. Шешдиpов, Д.К. Шайхутдинов, А.Ф. Яртиеv Оценка эффективности уплотнения сетки скважин на низкопроницаемых карбонатных коллекторах (на примере месторождений Республики Татарстан) / А.Г. Хабибрахманов, А.Т. Зарипов, И.Н. Хакимзянов, Д.К. Шайхутдинов, А.Ф. Яртиеv. – Казань: Изд-во «Ихлас», 2017. – 199 с.
4. Установка для одновременно-раздельной эксплуатации трех объектов в скважине, с использованием дифференциального насоса УОРЭ 3-ДН-146 (168) [Текст] / Руководство по эксплуатации ЗДН 146.11 РЭ. – Бугульма: ТатНИПИнефть, 2011. – 18 с.
5. Хисамов, Р.С. Геолого-экономические перспективы развития ресурсной базы Волго-Уральской нефтегазоносной провинции [Текст] / Р.С. Хисамов, А.Ф. Яртиеv, В.Г. Базаревская. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2007. – 264 с.
6. Лушпеев В.А., Цику Ю.К., Федоров В.Н. / Технологии добычи нефти из возвратных объектов разработки (на примере ОАО «Сургутнефтегаз») //Нефтегазовое дело. 2014, том 12, № 3.
7. Цику Ю.К. / Исследование и разработка методов контроля и оптимизации выработки запасов многопластовых объектов при одновременно-раздельной эксплуатации: дис. канд. техн. наук: 25.00.17: защищена: утв. / Ю.К. Цику. - М., 2015. - с. 150.
8. Афанасьев В.А. / Проблемы внедрения технологии одновременно-раздельной эксплуатации на многопластовых месторождениях России [и др.] //Нефтяное хозяйство. 2011. № 7. с. 94-97.
9. Каналин В.Г. Геолого-промысловые основы оценки целесообразности объединения продуктивных пластов в один эксплуатационный объект / В.Г. Каналин // Известия вузов. Нефть и газ. - №1. С. 35-40.
10. Леонов В.А. Разукрупнение объектов разработки как метод повышения нефтеотдачи / В.А. Леонов // Вестник недропользователя ХМАО. – 2008. №16. С. 1-6.
11. Базив В.Ф. Объединять или не объединять пласты в один объект разработки? / В.Ф. Базив // Нефтяное хозяйство. – 2005.- №4. С. 104 - 106.
12. Обобщение опыта и совершенствование принципов разработки малоэффективных нефтяных месторождений Республики Татарстан: отчет по Государственному контракту № 1.5.4.2/05 / ООО «Наука»; И. Н. Хакимзянов. – Бугульма, 2007.

References

1. Petrov V.N., Yartiev A.F., Tuichin D.R., “Addition to the technological project for the development of the Berket-Klyuchevskoye oil field of the Republic of Tatarstan”, Book 1, p.63, 2022. (in Russian)
2. Yartiev A.F., Khakimzyanov I.N., Petrov V.N., Idiyatullina Z.S. Improving technologies for the development of oil reserves from heterogeneous and complex reservoirs of the Republic of Tatarstan / A.F. Yartiev, I.N. Khakimzyanov, V.N. Petrov, Z.S. Idiyatullina - Kazan: Publishing house "Ikhlas", 2016. -192 p. (in Russian)
3. A.G. Khabibrakhmanov, A.T. Zaripov, I.N. Khakimzyanov, R.I. Sheshdirov, D.K. Shaikhutdinov, A.F. Yartiev Evaluation of the efficiency of wellbore grid compaction

- in low-permeability carbonate reservoirs (using the fields of the Republic of Tatarstan as an example) / A.G. Khabibrakhmanov, A.T. Zaripov, I.N. Khakimzyanov, D.K. Shaikhutdinov, A.F. Yartiev. - Kazan: Ikhlas Publishing House, 2017. - 199 p. (in Russian)
4. Installation for simultaneous-separate operation of three objects in a well, using a differential pump UORE 3-DN-146 (168) [Text] / Operation manual 3DN 146.11 RE. - Bugulma: TatNIPIneft, 2011. - 18 p. (in Russian)
 5. Khisamov, R.S. Geological and economic prospects for the development of the resource base of the Volga-Ural oil and gas province [Text] / R.S. Khisamov, A.F. Yartiev, V.G. Bazarovskaya. - M.: JSC "VNIOENG", 2007. - 264 p. (in Russian)
 6. Lushpeev V.A., Tsiku Yu.K., Fedorov V.N. / Technologies for oil production from returnable development objects (on the example of OJSC "Surgutneftegas") // Oil and Gas Business. 2014, Vol. 12, No. 3. (in Russian)
 7. Tsiku Yu.K. / Research and development of methods for monitoring and optimizing the development of reserves of multi-layer objects with simultaneous-separate operation: dis. candidate of technical sciences: 25.00.17: protected: approved / Yu.K. Tsiku. - M., 2015. - p. 150. (in Russian)
 8. Afanasyev V.A. / Problems of implementing the technology of simultaneous-separate operation at multi-layer fields in Russia [and others] // Oil industry. 2011. No. 7. pp. 94-97. (in Russian)
 9. Kanalin V.G. Geological and industrial principles of assessing the feasibility of combining productive formations into one production facility / V.G. Kanalin // News of universities. Oil and gas. - No. 1. P. 35-40. (in Russian)
 10. Leonov V.A. Disaggregation of development facilities as a method of increasing oil recovery / V.A. Leonov // Bulletin of the subsoil user of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug. - 2008. No. 16. P. 1-6. (in Russian)
 11. Baziv V.F. To combine or not to combine layers into one development object? / V.F. Baziv // Oil industry. - 2005.- No. 4. P. 104 - 106. (in Russian)
 12. Generalization of experience and improvement of principles of development of low-efficiency oil fields of the Republic of Tatarstan: report on State contract No. 1.5.4.2/05 / LLC "Nauka"; I.N. Khakimzyanov. - Bugulma, 2007. (in Russian)

Сведения об авторах

Петров Владимир Николаевич, кандидат технических наук, заведующий сектором отдела разработки нефтяных месторождений, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, доцент кафедры «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений» Филиал УГНТУ в г. Октябрьском
Россия, 423462, Альметьевск, ул. Советская, 186а
E-mail: v.n.petrov@inbox.ru

Хакимзянов Ильгизар Нургизарович, доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией отдела разработки нефтяных месторождений, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, профессор кафедры «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений» Филиал УГНТУ в г. Октябрьском
Россия, 423462, Альметьевск, ул. Советская, 186а
E-mail: khakimzyanov@tatnipi.ru

Хуснутдинов Рустэм Наилевич, генеральный директор ЗАО "Охтин-Ойл"
Россия, 423256, Лениногорск, ул. Заводская, 2а
E-mail: marat2964@gmail.com

Сайфутдинов Марат Ахметзиевич, главный геолог ЗАО "Охтин-Ойл"
Россия, 423256, Лениногорск, ул. Заводская, 2а
E-mail: sayfutdinov@okhtin-oil.ru

Нафикова Резеда Абузаровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений» Филиал УГНТУ в г. Октябрьском
Россия, 452607, Октябрьский, ул. Девонская, 54а
E-mail: rnafikova@gmail.com

Authors

V.N. Petrov, candidate of technical sciences, head of the sector of the oil field development department, TatNIPIneft Institute of PJSC Tatneft, Associate Professor of the Department of Exploration and Development of Oil and Gas Fields, Branch of USPTU in Oktyabrsky
186a, Sovetskaya Str., Almetyevsk, 423462, Russian Federation
E-mail: v.n.petrov@inbox.ru

I.N. Khakimzyanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Laboratory of the Oil Field Development Department TatNIPIneft Institute of PJSC Tatneft; Professor at the Department of Oil and Gas Field Exploration and Development Ufa State Petroleum Technological University, Branch of the University in the City of Oktyabrsky
186a, Sovetskaya Str., Almetyevsk, 423462, Russian Federation
E-mail: khakimzyanov@tatnipi.ru

R.N. Khusnutdinov, general director of "Okhtin-Oil"
2a, Zavodskaya Str., Leninogorsk, 423256, Russian Federation
E-mail: marat2964@gmail.com

M.A. Sayfutdinov, chief geologist of "Okhtin-Oil".
2a, Zavodskaya Str., Leninogorsk, 423256, Russian Federation
E-mail: sayfutdinov@okhtin-oil.ru

R.A. Nafikova, candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Exploration and Development of Oil and Gas Fields, Branch of USPTU in Oktyabrsky.
54a, Devonskaya Str., Oktyabrsky, 452607, Russian Federation
E-mail: rnafikova@gmail.com

Статья поступила в редакцию 07.03.2025

Принята к публикации 17.06.2025

Опубликована 30.06.2025