ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЁМКОСТНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАБОТКИ ЗАПАСОВ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЮЖНЫЙ МУБАРЕК

Бекзод Хусанович Беков

Д -р философии по техн. наукам (PhD), зав. отделом проектирования и мониторинга разработки месторождений углеводородов, АО «O'ZLITINEFTGAZ», Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: b.bekov@liting.uz

Тел.:+998 90 949 44 47

Бахром Бахтиёрович Буваназаров

Начальник отдела геологии ООО «Uz-Gas Projects», Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: bahrombuvanazarov@gmail.com

Тел.:+998 93 555 72 79

Аннотация. Рассмотрено влияние литологической и фильтрационно-ёмкостной неоднородности продуктивных горизонтов на характер выработки запасов длительно эксплуатируемого газоконденсатного месторождения Южный Мубарек (Жанубий Муборак). Анализ основан на материалах геолого-промысловых исследований, построения трёхмерной геологической модели и оценки текущего состояния разработки. Показано, что различия в распространении коллекторов, эффективной газонасыщенной толщине и свойствах пород наряду с неодинаковым энергетическим состоянием горизонтов определяют неравномерность дренирования залежей и необходимость дифференцированного подхода к доразработке. Предложены направления уточнения геологической модели и выбора геолого-технических мероприятий.

Ключевые слова: газоконденсатное месторождение, Южный Мубарек, фильтрационно-ёмкостные свойства, неоднородность коллектора, эффективная газонасыщенная толщина, геологическая модель, остаточные запасы, доразработка.

Annotation. The influence of lithological and filtration-capacitance heterogeneity of productive horizons on the nature of the reserves of the long-term exploited Yuzhny Mubarek gas condensate field (Zhanubiy Muborak) is considered. The analysis is based on materials from geological and field research, the construction of a three-dimensional geological model and an assessment of the current state of development. It is shown that differences in reservoir distribution, effective gas-saturated thickness, and rock properties, along with the unequal energy state of horizons, determine the uneven drainage of deposits and the need for a differentiated approach to additional development. The directions

ISSN 3030-3907

of refinement of the geological model and the choice of geological and technical measures are proposed.
Keywords: gas condensate field, Yuzhny Mubarek, filtration and capacitance properties, reservoir heterogeneity, effective gas-saturated thickness, geological model, residual reserves, additional development.
Annotatsiya. Ishlab chiqarish gorizontlarining litologik va filtrlash-kapasitiv heterojenligining Janubiy muborak (Janubiy muborak) gaz kondensat konining uzoq muddatli zaxiralarini ishlab chiqarish xususiyatiga ta'siri ko'rib chiqildi. Tahlil geologik va tijorat tadqiqotlari materiallariga, uch o'lchovli geologik modelni yaratishga va rivojlanishning hozirgi holatini baholashga asoslangan. Kollektorlarning tarqalishidagi farqlar, samarali gaz bilan to‘yingan qalinligi va tog‘ jinslarining xususiyatlari, gorizontlarning turlicha energetik holati bilan birga, konlarning drenajlanishining notekisligini va qayta o‘zlashtirishga tabaqalashtirilgan yondashuv zarurligini ko‘rsatadi. Geologik modelni aniqlashtirish va geologik-texnik tadbirlarni tanlash yo‘nalishlari taklif etildi.
Kalit so‘zlar: gazkondensat koni, Janubiy Muborak, filtratsiya-sig‘im xususiyatlari, kollektorning bir jinssizlikligi, samarali gaz bilan to‘yingan qalinligi, geologik model, qoldiq zaxiralar, qayta o‘zlashtirish.

ВВЕДЕНИЕ.

Для длительно эксплуатируемых газоконденсатных месторождений характерно постепенное снижение пластового давления, уменьшение дебитов скважин и усложнение условий извлечения остаточных запасов. При этом накопленная добыча сама по себе не отражает полноту выработки каждой части залежи: в пределах одного продуктивного горизонта могут сохраняться участки с различной эффективной толщиной, пористостью, проницаемостью и степенью гидродинамической связи.

В таких условиях важным фактором эффективности доразработки становится фильтрационно-ёмкостная неоднородность (ФЁН) продуктивных горизонтов. Она влияет на распределение притока между отдельными интервалами, скорость снижения давления, охват пласта дренированием и достоверность оценки остаточных извлекаемых запасов.

Цель настоящей работы — на основе имеющихся материалов газоконденсатное месторождение Южный Мубарек оценить, каким образом неоднородность строения и свойств продуктивных горизонтов отражается на выработке запасов, и определить практические направления повышения эффективности дальнейшей эксплуатации.

Геолого-промысловая характеристика объекта.

ISSN 3030-3907

Газоконденсатное месторождение (ГКМ) Южный Мубарек (Жанубий Муборак) расположено в Кашкадарьинской области Республики Узбекистан, в пределах Мубарекского поднятия. Структура выявлена по результатам структурного бурения, проводившегося в 1955–1958 гг. Промышленная газоносность установлена в XI, XII, XIII, XVa и XVIII продуктивных горизонтах.

Разработка месторождения началась в октябре 1966 г. с ввода в эксплуатацию XII и XIII горизонтов. XVIII горизонт введён в разработку в 1976 г., XVa — в 1977 г.; освоение XI горизонта началось позднее.

Первый подсчёт запасов газа и конденсата по XII и XIII горизонтам меловых отложений выполнен в 1962 г. В 1973 г. произведён подсчёт запасов газа и конденсата XVa горизонта юрских карбонатных отложений. В 1977 г. разработан проект разработки газоконденсатной залежи XVIII горизонта месторождения Жанубий Муборак. В 1980 г. утверждены запасы газа по XII, XIII, XV, XVa и XVIII горизонтам. В 2015 г. выполнен очередной пересчёт запасов по XII, XIII, XVa и XVIII горизонтам [3].

По состоянию на 1 января 2026 г. на месторождении было пробурено 54 скважины, из которых 7 находились в действующем фонде, 14 — в ожидании ликвидации, 29 были ликвидированы, 2 относились к нагнетательному фонду и 2 находились в бездействии.

Накопленная добыча газа составила 85,77 % начальных балансовых запасов. Данный показатель характеризует отношение накопленной добычи к начальным балансовым запасам и не должен отождествляться с коэффициентом извлечения газа, определяемым с учётом утверждённых извлекаемых запасов и принятой методики оценки. Арифметическая разность между начальными балансовыми запасами и накопленной добычей составляет 4,812 млн.т.у.т, однако она не равнозначна объёму экономически извлекаемых остаточных запасов. Накопленная добыча конденсата достигла 60,8 % начальных геологических запасов конденсата.

Из 54 пробурённых скважин в 48 были получены промышленные притоки углеводородов. В шести скважинах (№ 7, 8, 9, 12, 13 и 15) промышленные притоки углеводородов не получены в связи с заложением за контура газоносности. Средний удельный начальный запас газа в расчёте на одну пробурённую результативную скважину составляет около 0,770 млн. т.у.т., а средний удельный накопленный отбор газа — около 0,644 млн. т.у.т на скважину при расчёте по всему пробурённому результативному фонду.

Приведённые показатели свидетельствуют о высокой степени выработки начальных балансовых запасов газа месторождения в целом. Вместе с тем значительная накопленная добыча не исключает наличия

ISSN 3030-3907

остаточных запасов, освоение которых может быть осложнено неоднородностью фильтрационно-ёмкостных свойств продуктивных горизонтов, неравномерным распределением пластового давления и ухудшением условий фильтрации газа к скважинам. Дополнительными ограничивающими факторами могут выступать низкое пластовое давление в отдельных залежах и невозможность подачи добываемого газа потребителю при существующих технологических условиях.

В связи с этим оценка остаточного потенциала месторождения должна проводиться дифференцированно по продуктивным горизонтам и отдельным участкам. При этом необходимо учитывать не только величину остаточных запасов, но и фильтрационную связь между продуктивными интервалами и скважинами, пространственную неоднородность коллекторов, текущее пластовое давление и технические возможности дальнейшей эксплуатации. Такой подход позволит выявить участки с потенциально извлекаемыми остаточными запасами и обосновать направления геолого-технических мероприятий, направленных на повышение эффективности разработки месторождения.

Проявления фильтрационно-ёмкостной неоднородности

Геологический разрез месторождения характеризуется сложным литологическим строением. Терригенные горизонты представлены песчаниками, гравелитами и алевролитами, переслаивающимися с глинами. Карбонатная часть разреза сложена известняками, различающимися по структуре, крепости и степени трещиноватости. Чередование пород-коллекторов и пород-неколлекторов обусловливает неоднородность фильтрационных свойств продуктивных горизонтов и формирование пространственно изменчивой системы фильтрационных каналов.

При подсчёте запасов месторождения Южный Муборак приняты средневзвешенные параметры северного и южного куполов. По горизонтам XII, XIII, XVa и XVIII пористость (север/юг) составляет 0,215/0,215; 0,18/0,18; 0,17/0,15 и 0,185/0,17, а эффективная толщина — 15,5/17,6; 20/22; 22/15 и 8/12,5 м соответственно [3]. Для количественной характеристики межкупольных различий использован относительный размах $D = (X_{max} - X_{min})/X_{ср} \times 100$ %, где $X_{ср}$ — среднее двух значений. По эффективной толщине D составляет соответственно 12,7; 9,5; 37,8 и 43,9 %, а по пористости — 0; 0; 12,5 и 8,5 %. Наибольшая неоднородность по толщине среди приведённых горизонтов наблюдается в XVIII и XVa, что указывает на необходимость раздельной оценки их продуктивного объёма и охвата дренированием.

ISSN 3030-3907

Полученные показатели количественно подтверждают различие подсчётных параметров между куполами, но сами по себе не доказывают величину влияния неоднородности на фактическую выработку запасов. Для установления такой связи необходимы сопоставимые по горизонтам данные о накопленной добыче, текущем пластовом давлении, проницаемости и газонасыщенности, а также результаты гидродинамического моделирования. Поэтому вывод о потенциально неравномерном дренировании рассматривается как геолого-промысловая интерпретация, требующая дополнительной проверки.

Сам факт необходимости пересмотра площадей, объёмов и распределения эффективных толщин показывает, что представление о строении залежи зависит от качества и полноты исходных данных и от выбранной модели корреляции скважин.

Влияние неоднородности на выработку запасов

Неравномерное дренирование продуктивного объёма

При прочих равных условиях интервалы с более высокой проницаемостью и лучшей связностью коллектора обеспечивают преимущественный приток газа. Слабопроницаемые прослои, линзы и изолированные участки могут медленнее вовлекаться в разработку, даже если по геологической модели они содержат газ. Поэтому высокая накопленная добыча по месторождению не означает одинаковой степени выработки всех частей продуктивного объёма.

Для Южного Мубарека это особенно важно ввиду сочетания терригенных и карбонатных коллекторов, неодинаковой эффективной газонасыщенной толщины и различной истории эксплуатации горизонтов. При интерпретации результатов следует разделять объём запасов, наличие эффективного коллектора и реальную способность этого объёма отдавать газ при текущем пластовом давлении.

Влияние неоднородности на дебиты и энергетическое состояние.

Неодинаковые ФЕС по площади и разрезу приводят к различию продуктивности скважин и отдельных интервалов перфорации. По мере снижения пластового давления продуктивность слабосвязанных или низкопроницаемых участков может снижаться быстрее, чем у хорошо дренируемых зон. В результате часть остаточных запасов становится технологически труднодоступной без восстановления работоспособности скважин, избирательного воздействия на пласты или изменения схемы эксплуатации.

Материалы проекта разработки месторождение Южный Муборак указывают, что эксплуатация XVIII горизонта прерывалась в 1990–2015 гг.

ISSN 3030-3907

из-за низкого пластового давления и невозможности подачи газа потребителю; добыча из XV горизонта прекращалась в 1986 г. по аналогичной причине. Эти сведения демонстрируют взаимосвязь геолого-фильтрационных условий и наземных ограничений: даже наличие газонасыщенного коллектора не гарантирует экономически приемлемого отбора при недостаточном энергетическом потенциале [2].

Влияние на оценку остаточных запасов и проектные решения.

Неоднородность влияет на неопределённость оценки запасов через выделение эффективной толщины, распространение коллектора, пористость, насыщенность и положение газоводяного контакта. Ошибки в этих параметрах способны приводить как к завышению ожидаемого извлечения, так и к недооценке локальных участков, перспективных для доразработки. Поэтому объёмная геологическая модель должна рассматриваться как основа для дальнейшей гидродинамической проверки, а не как самостоятельное доказательство извлекаемости всего рассчитанного объёма.

В проекте доразработки Южного Мубарека рассмотрены отдельные варианты по горизонтам XI, XII+XIII, XVa и XVIII: рекомендованы соответственно варианты 3, 1, 3 и 1. Максимальные годовые отборы по этим вариантам составляют 40,4; 3,4; 58,0 и 42,2 млн м³, а указанный в проектных вариантах фонд — 6, 1, 3 и 4 скважины соответственно [2]. Эти значения относятся к расчётным вариантам проекта и не характеризуют фактический одновременно действующий фонд на 01.01.2026, составлявший 7 скважин. Суммировать проектные фонды (14 скважин) и сопоставлять полученную величину с фактическим фондом без проверки состава, периода и условий ввода скважин некорректно. Различие решений по горизонтам подтверждает целесообразность дифференцированного подхода к доразработке.

Направления повышения эффективности доразработки.

На основе рассмотренных материалов целесообразно выделить следующие приоритетные направления:

- Уточнение постоянно действующей 3D геологической модели с актуализацией результатов ГИС, данных испытаний, перфорации, ремонтов, замеров давления и фактических дебитов. Необходимо сохранять раздельный учёт исходных данных, интерпретаций и модельных предположений.
- Послойное и поскважинное сопоставление эффективной газонасыщенной толщины с фактической продуктивностью. Особое внимание следует уделять интервалам, где наличие коллектора по ГИС не сопровождается ожидаемым притоком газа.

ISSN 3030-3907

•Уточнение распределения пористости и проницаемости с оценкой неопределённости. Для зон с недостаточной плотностью скважинных данных следует рассматривать несколько геологических реализаций, а не единственный детерминированный вариант.

•Проверка гидродинамической связанности отдельных пластов и блоков по динамике пластового давления, результатам газогидродинамических исследований и отклику скважин на изменение режима работы.

•Дифференцированный выбор геолого-технических мероприятий по горизонту и конкретной скважине: восстановление работоспособности скважин, оптимизация интервалов перфорации, изоляция водопритоков при подтверждении их наличия, повторные исследования и оценка возможности подключения ранее неработающих интервалов.

•Совместная технико-экономическая оценка. Приоритет следует отдавать не максимальному геологическому объёму как таковому, а вариантам, обеспечивающим приемлемые дебиты, длительность стабильной работы, доступность инфраструктуры и экономически обоснованный коэффициент извлечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

5. ГКМ Южный Мубарек характеризуется длительной историей эксплуатации: по состоянию на 1 января 2026 г. накопленная добыча газа составила 24,994 млрд м³, или 85,77 % начальных балансовых запасов. Это отношение не является коэффициентом извлечения газа.

6. Литологическое переслаивание коллекторов и неколлекторов, различия в эффективной газонасыщенной толщине и пространственном распределении ФЕС обусловливают неодинаковую продуктивность участков и неравномерность дренирования запасов. Расчётный относительный размах эффективной толщины между северным и южным куполами достигает 37,8 % для XVa и 43,9 % для XVIII горизонта; эти различия требуют проверки по фактическим показателям выработки запасов.

7. История эксплуатации отдельных горизонтов показывает, что извлекаемость остаточных запасов определяется не только их геологическим наличием, но и текущим пластовым давлением, фильтрационной связностью, состоянием фонда скважин и условиями приёма газа.

8. Применение трёхмерной геологической модели и сопоставление вариантов доразработки по отдельным горизонтам позволяют учитывать неоднородность более полно и выбирать технологические решения с учётом специфики каждого объекта.

ISSN 3030-3907

9. Для дальнейшего повышения эффективности рекомендуется актуализировать модель по новым промысловым данным, проверять её гидродинамически, оценивать неопределённость распределения ФЕС и обосновывать мероприятия на уровне отдельных скважин и интервалов. Количественный эффект таких мероприятий должен подтверждаться расчётами и последующим промысловым мониторингом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдураимов М.Х. Перспективы нефтегазоносности Мубарекского поднятия Бухаро-Хивинского региона // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2024. – Т. 19, № 3. - 16 с. – DOI: 10.17353/2070–5379/28_2024.
2. Проект доразработки газоконденсатного месторождения Южный Муборак. АО «УзЛИТИнефтгаз». – Ташкент: АО «УзЛИТИнефтгаз», 2021 (отчет).251 с..
3. Пересчет запасов газа и конденсата меловых и юрских отложений месторождения Южный Муборак. АО «ИГИРНИГМ». Ташкент. – Ташкент: АО «ИГИРНИГМ», 2015 (отчет). 282 С.
4. Каршиев О.А., Юлдашев Н.Н., Киргизов К.М., Буваназаров Б.Б. и др. На заложение оценочно-эксплуатационных скважин №12, 13 и 14 на месторождении Южный Мубарек. ГУ«ИГИРНИГМ»; ООО «Uz-Gas Projects» (рекомендация). 25 С.
5. Shahab Farhoodi, Saeid Sadeghnejad. Simultaneous effect of geological heterogeneity and condensate blockage on well test response of gas condensate reservoirs. Journal of Natural Gas Science and Engineering, June 2019, P: 192-206.
6. Т. К. Апасов, С. И. Грачев, А. Г. Кудияров. «Влияние фильтрационно-ёмкостной неоднородности низкопроницаемых коллекторов на локализацию запасов нефти на поздней стадии разработки», Актуальные проблемы нефти и газа. Вып.4(39) 2022

ISSN 3030-3907