ОСОБЕННОСТИ ОБВОДНЕНИЯ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН И ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОНОСНЫХ ИНТЕРВАЛОВ В ЮРСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОСТОЧНЫЙ БЕРДАХ–УЧСАЙ

Шомуродов Шохбоз Эрол угли
Каршинский государственный технический университет, г.Карши.
PhD, старший преподаватель.
Тел:+998904426065
Эшмуротов Отабек Раджабович
Каршинский государственный технический университет, г.Карши.
PhD, старший преподаватель.

Аннотация: В статье показано, что обводнение газовых скважин месторождения Шаркий Бердак-Учсай связано с макроразнообразием юрских терригенных отложений, высокопроницаемыми слоями и дефектами цементации. Основными механизмами проникновения воды являются локальное поднятие газоводяного контакта, прорыв воды из-за трубы и тяга по высокопроницаемым линзам. Для уменьшения проблемы использовали управление депрессией, восстановление герметичности задней части трубы, селективную химическую обработку и пенообразование. Пенная технология временно блокирует водные зоны, увеличивая дебит газа до 70%. Термометрия позволяет определить водные интервалы. Результаты послужат повышению эффективности эксплуатации скважин в условиях терригенных коллекторов сложного юрского периода.

Ключевые слова: Обводнение скважин; газовые залежи; юрские терригенные отложения; газоводяной контакт; макронеоднородность; заколонный прорыв воды; высокопроницаемые пропластки; накопление жидкости; критическая скорость газа; пенная обработка; термометрия; интенсификация отбора газа.

Annotatsiya: Maqolada Sharqiy Berdaq-Uchsoy konlarining gaz quduqlaridagi suvlanishi yura terrigen yotqiziqlarining makro harxilligi, yuqori o‘tkazuvchan qatlamlar va sementlash nuqsonlari bilan bog‘liqligi ko‘rsatildi. Suv kirishining asosiy mexanizmlari - gaz-suv kontaktining lokal ko‘tarilishi, quvur ortidan suv yorib o‘tishi va yuqori o‘tkazuvchan linzalar bo‘ylab tortilishdir. Muammoni kamaytirish uchun depressiyani boshqarish, quvur ortini germetikligini tiklash, selektiv kimyoviy ishlov va ko‘pikli usul qo‘llanildi. Ko‘pikli texnologiya suv zonalarini vaqtincha bloklab, gaz debitini 70% gacha oshiradi. Termometriya esa suvli intervallarni aniqlash imkonini beradi. Natijalar murakkab yura davrining terrigen kollektorlari sharoitida quduqlar ekspluatatsiyasining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: Quduqlarni suv bosishi; gaz uyumlari; yura davri terrigen yotqiziqlari; gaz-suv kontakti; makroharxillik; suvning ustun bo‘ylab yorib chiqishi; yuqori o‘tkazuvchan qatlamchalar; suyuqlikning to‘planishi; gazning kritik tezligi; ko‘pikli ishlov berish; termometriya; gaz olishni jadallashtirish.

Abstract: The article shows that waterlogging in gas wells of the Eastern Berdakh-Uchsay field is associated with the macro-diversity of Jurassic terrigenous deposits, high permeability layers, and cementation defects. The main mechanisms of water penetration are local elevation of the gas-water contact, water penetration from behind the pipe, and attraction along high-permeability lenses. To reduce the problem, depression control, restoration of backfitting, selective chemical treatment, and foam method were used. Foam technology temporarily blocks water zones and increases gas flow rates by up to 70%. Thermometry allows for the determination of aqueous intervals. The results serve to increase the efficiency of well operation in the conditions of terrigenous collectors of the complex Jurassic period.

Keywords: Well waterlogging; gas deposits; Jurassic terrigenous deposits; gas-water contact; macro-heterogeneity; column breakthrough of water; highly permeable layers; fluid accumulation; critical gas velocity; foam treatment; thermometry; intensification of gas extraction.

1. ВВЕДЕНИЕ

Восточно-Бердахское и Учсайское месторождения расположены в пределах Бердахского вала Устюртского региона и характеризуются сложным геологическим строением, обусловленным развитием терригенных отложений верхней и средней юры. Продуктивные пласты представлены преимущественно песчаниками, алевролитами и глинистыми породами, отличающимися хорошими коллекторскими свойствами, высокой пористостью и значительными значениями проницаемости [1].

Открытая пористость песчано-алевролитовых пород верхне- и среднеюрского разреза месторождения Восточный Бердах изменяется в пределах 1,74–17,84%, тогда как газопроницаемость варьирует от 0 до $75{,}0\times10^{-3}$ мкм². Для пород продуктивных горизонтов месторождения Учсай характерны значения пористости 2,17–20,89% и проницаемости $0\text{-}67{,}1\times10^{-3}$ мкм². Коллекторы Бердахского вала отличаются сложной внутренней структурой: значительной изменчивостью гранулометрического состава, степени глинистости, песчанистости, а также неоднородностью фильтрационно-ёмкостных свойств, что оказывает непосредственное влияние на газоотдачу пластов. Существенную роль играют и такие факторы, как количество остаточной воды, пластовая температура, начальное и текущее пластовые давления [2-3].

ISSN 3030-3907

Промышленная газоносность участка Шаркий Бердах–Учсай связана с терригенными отложениями юрского возраста. На участке Восточный Бердах выделено 27 продуктивных пластов, из которых 24 относятся к промышленной категории C_1. Среди них 13 пластов вскрыты в отложениях верхней юры (J_3^1, J_3^{1a}, J_3^{1a-1}, J_3^{1a-2}, $J_3^{1б}$, $J_3^{1б-1}$, J_3^2, J_3^{2a}, J_3^{2a-1}, J_3^3, J_3^{3a}, J_3^4, J_3^{4a}), а 11 - в средней юре (J_2^1, J_2^2, J_2^{2a}, J_2^3, J_2^{3a}, J_2^4, J_2^5, J_2^6, J_2^7, J_2^{7a}, J_2^9). Кроме того, три пласта верхнеюрского комплекса ($J_3^{1в}$, $J_3^{1г}$, $J_3^{3б}$) отнесены к категории C_2 [4-5].

На участке Учсай установлено 20 продуктивных пластов, среди которых 14 относятся к категории C_1, а 6 - к категории C_2 ($J_3^{1б}$, $J_3^{1в}$, $J_3^{1в-1}$, $J_3^{1г}$, J_3^2, J_3^{2a}). Юрская продуктивная толща отличается высокой неравномерностью распространения коллекторов, которые представлены преимущественно линзовидными и плохо коррелируемыми песчаниками мощностью от нескольких десятков сантиметров до 55 м. Большинство песчаных тел имеют ограниченную площадь развития и разделены плотными и глинистыми породами, что существенно осложняет геолого-разведочные и добычные работы [5].

Одной из значимых проблем эксплуатации юрских газовых залежей Устюртского региона является накопление жидкости в стволе скважины, возникающее при недостаточном дебите газа для её выноса на поверхность. Это приводит к снижению добычи, падению газоотдачи и сокращению срока эффективной эксплуатации скважин. Обводнение добывающих скважин юрских горизонтов обусловлено комплексом геолого-физических и гидродинамических факторов, которые в совокупности формируют динамику изменения коэффициента газоотдачи пластов.

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Анализ причин обводнения скважин

Для установления факторов, определяющих характер и интенсивность обводнения добывающих скважин Шаркий-Бердахского и Учсайского месторождений, был выполнен комплексный анализ геолого-промысловых данных. В рамках исследования использовались результаты каротажа, термометрии, гидродинамических исследований, данные по эксплуатации скважин, а также сведения о литолого-петрографическом строении продуктивных пластов. Анализ причин обводнения включал оценку структуры коллекторов, их прерывистости, степени цементации, а также фильтрационных характеристик пропластков [6]. Наиболее характерными механизмами поступления воды в ствол газовых скважин являются следующие:

1. Подъём газоводяного контакта (ГВК)

ISSN 3030-3907

В условиях полностью однородного пласта при снижении забойного давления происходило бы формирование классического водяного конуса, высота которого регулируется величиной депрессии. Однако продуктивные юрские толщи характеризуются высокой прерывистостью, наличием множества отдельных пропластков - до двух десятков лишь в одном разрезе.

В таких условиях подъём воды происходит локально в пределах наиболее проницаемых песчаниковых слоев. Достигнув непроницаемого или малопроницаемого барьера, вода начинает распространяться в обход и проникать в скважину через более высокорасположенные участки разреза. Данный процесс повторяется многократно, в соответствии с количеством разделяющих пластов глинистых и уплотнённых пород.

Такой механизм является типичным для сложнопостроенных коллекторов Бердахского вала, где вертикальная однородность практически отсутствует [4].

2. Прорыв пластовой воды по заколонному пространству

Одним из наиболее распространённых техногенных факторов обводнения является нарушение герметичности заколонного пространства. Причины могут быть связаны с низким качеством цементирования, разрушением цементного камня под воздействием давления, температуры или коррозионной активности флюидов.

В процессе твердения цементного раствора возможно образование усадочных микротрещин и вакуумных полостей, включая разрушение глинистой корки на стенках скважины. Эти участки заполняются газом или жидкостью, теряют изолирующие свойства и превращаются в проводящие каналы.

При низком сопротивлении заколонного затрубного пространства водяной флюид беспрепятственно поднимается на поверхность и поступает в интервал перфорации, вызывая резкое и часто необратимое повышение обводненности продукции.

3. Подтягивание воды по высокопроницаемым пропласткам

Даже при наличии частично непроницаемых покрышек или подошв вода способна перемещаться по высокопроницаемым песчаникам значительно быстрее, чем происходит подъём общего ГВК. В результате фронт водонасыщенности достигает забоя намного раньше, чем фиксируется движение основного уровня контакта газ–вода [7].

Этот механизм особенно актуален для Восточно-Бердахского участка, где распространены линзовидные песчаники с локально высокой проницаемостью, обеспечивающие гидравлическую связь с зонами исходного ГВК.

ISSN 3030-3907

2.2. Анализ динамики накопления жидкости в стволе

Для оценки процессов накопления жидкости использованы данные по изменению забойного давления, газодинамические характеристики скважин, информация о дебитах, а также результаты исследований методом установившихся и неустановившихся режимов.

Накопление жидкости фиксируется в тех случаях, когда фактическая скорость газового потока оказывается недостаточной для ее непрерывного выноса. При этом:

- увеличивается градиент давления в лифтовой колонне,
- растёт противодавление на пласт,
- снижается газовый дебит,
- уменьшается депрессия на пласт.

По мере повышения столба жидкости давление на забое возрастает, и при достижении критических значений скважина переходит в режим низкодебитной работы или полностью заглохает. На поздней стадии эксплуатации уровень жидкости может подниматься выше интервала перфорации, что приводит к добыче газа в так называемом «пузырьковом режиме». Внешне такая скважина может выглядеть низкопроизводительной, однако истинной причиной снижения дебита является скрытое накопление жидкости в стволе.

Подобные проявления наиболее характерны для скважин, вскрывающих плотные и низкопроницаемые пропластки средне- и верхнеюрских отложений, где газожидкостный фактор на практике оказывается недостаточным для естественного дренирования жидкости.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Поведение и накопление жидкости в газовых скважинах

Анализ работы скважин Восточно-Бердахского и Учсайского месторождений показывает, что процесс накопления жидкости в стволе является естественным следствием падения пластового давления, развития неоднородности коллектора и изменения фильтрационных параметров в процессе эксплуатации. В условиях значительной макронеоднородности юрских пластов жидкость распределяется неравномерно, формируя локальные зоны повышенной влажности, которые впоследствии объединяются и образуют устойчивый столб в стволе [8].

На раннем этапе эксплуатации скорость газового потока, как правило, достаточна для выноса жидкой фазы. Однако по мере снижения пластового давления и увеличения обводнённости продуктивных интервалов критическая скорость газа уменьшается, а жидкость начинает задерживаться

ISSN 3030-3907

в нижней части лифтовой колонны. Это приводит к следующим последствиям:

- рост гидростатического давления и увеличение противодавления на пласт;
- снижение притока газа за счёт уменьшения эффективной депрессии;
- переход скважины на пузырьковый или эмульсионный режим работы;
- формирование скрытого столба жидкости, который не всегда фиксируется стандартными промыслами.

Исследования на ряде скважин показали, что до 30–50% снижения дебита связано не с истощением запасов, а с накоплением жидкости. В отдельных случаях уровень жидкости поднимается выше интервала перфорации, что приводит к резкому изменению газодобычи и ложному впечатлению о «старении скважины».

Таким образом, накопление жидкости следует рассматривать как ключевой фактор, определяющий производительность юрских газовых скважин.

3.2. Методы борьбы с водопритоком в условиях макронеоднородных пластов.

Характер причин обводнения на рассматриваемых месторождениях подтверждает необходимость комплексного подхода к выбору методов борьбы с водопритоком [9]. Полевые исследования показывают, что водоприток в скважину формируется сразу по нескольким каналам:

1. Подъём газоводяного контакта (ГВК) в наиболее проницаемых пропластках.
2. Прорыв воды по заколонным каналам, обусловленный дефектами цементного камня.
3. Подтягивание воды по высокопроницаемым линзам, находящимся в гидравлической связи с водонасыщенной частью пласта.

Поэтому методы борьбы должны учитывать конкретный механизм притока воды. На практике применяются следующие технологические решения (Таблица1).

3.3. Результаты применения пенного метода на месторождениях Шаркий Бердах и Учсай

Применение пенного метода дало ряд существенных технологических результатов, подтверждающих его эффективность:

Таблица 1.

Сравнительная таблица методов снижения водопритока

№	Метод	Суть метода	Преимущества	Ограничения	Наиболее эффективен, когда…

ISSN 3030-3907

1	Регулирование депрессии на пласт	Снижение забойного давления для частичного стабилизирования водяного конуса	Быстрый и простой метод; низкие затраты	В сильно слоистых пластах эффект краткосрочный; не устраняет проблему полностью	При локальном поднятии ГВК (водяного конуса)
2	Восстановление герметичности заколонного пространства	Ликвидация вертикальных каналов миграции воды с помощью цементных, полимерных и других составов	Позволяет полностью перекрыть пути движения воды; повышает надежность конструкции	Эффективность зависит от состояния скважины; при неправильном выполнении может ухудшить фильтрацию газа	При заколонной миграции воды вдоль обсадной колонны
3	Химическая селективная изоляция водопритока	Снижение проницаемости водоносных зон при сохранении проницаемости газоносных интервалов	Высокая эффективность при точном определении зоны притока; долгосрочный эффект	Требуется точная локализация водоносных пропластков; чувствителен к условиям пласта	Когда вода поступает из конкретного водоносного пропластка или линзы
4	Пенный метод избирательного	Введение в пласт пены, временно блокирующей	Особенно эффективен в условиях высокой неоднородн	Эффект временный; требуется корректный подбор	В слоисто-переслоенных разрезах, при наличии водоносных

ISSN 3030-3907

	воздействия	водоносные зоны	ости; не ухудшает фильтрацию газа	состава пены	линз и высокой макронеоднородности

1. Избирательное воздействие на газоносные и водоносные зоны

Пена глубоко проникает в поровое пространство, но её поведение различается:

- **в газоносных интервалах**: конденсат действует как пеногаситель пена быстрее деградирует происходит раскольматация газ начинает поступать активно;
- **в водоносных интервалах:** пена сохраняет структуру намного дольше (в 4–5 раз), что обеспечивает временную блокировку притока воды.

2. Увеличение дебита газа

После проведения работ фиксируются:

- рост дебита газа от 15 до 70%,
- снижение доли жидкости в продукции,
- стабилизация забойного давления.

На ряде скважин Учсайского месторождения удалось возобновить работу давно заглохших скважин.

3. Диагностический эффект: термометрия после пенной обработки

Температурные исследования показали чёткое разделение интервалов:

- газоносные зоны характеризуются отрицательными температурными аномалиями (эффект Джоуля–Томсона),
- водоносные пропластки дают положительные температурные отклонения**,** что позволяет точно выделить зоны водопритока.

В ряде случаев удалось установить ранее невыявленные заколонные каналы и подтягивающие водоносные линзы.

4. Улучшение условий газодобычи

После проведения обработки:

- уменьшилась высота столба жидкости,
- снизилось гидростатическое давление в стволе,
- восстановилась критическая скорость газа,
- скважины вышли на стабильный режим эксплуатации.

Таким образом, пенный метод способствует как временной ликвидации водопритока, так и точной диагностике водонасыщенных зон.

4. ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показывают, что обводнение залежей обусловлено комплексом геологических и технических факторов, таких как макронеоднородность, нарушенная цементация и различия в

ISSN 3030-3907

фильтрационных свойствах пропластков. В контексте Шаркий-Бердах-Учсайские месторождения это проявляется следующим образом:

1. Геологические особенности: В месторождениях юрские отложения представлены прерывистыми, часто трещиноватыми пропластками с высокой вертикальной сообщаемостью. Это способствует более быстрой миграции воды по зонам с повышенной проницаемостью, создавая риск обводнения добывающих скважин.

2. Технические аспекты добычи: Нарушение цементации и неравномерная проницаемость пластов требуют селективного подхода при разработке месторождения. Без таких технологий как пенный метод, скважины быстрее попадают под влияние водоносных слоёв, что снижает эффективность добычи газа.

3. Применение пенного метода:

Селективное воздействие: Газовые пропласты в Шаркий-Бердах-Учсайских месторождениях очищаются быстрее, обеспечивая стабильный приток газа, а водоносные интервалы блокируются.

Диагностическая функция: Термометрия после пенной обработки позволяет точно определить, какие интервалы подвержены водоносности, что критично для локальных условий месторождений.

Таким образом, технология пенной обработки особенно актуальна для Шаркий Бердах-Учсайских месторождений, где сочетание высокой вертикальной сообщаемости и прерывистых пропластов требует точного и селективного подхода к разработке.

Диагностическая функция: Термометрия после пенной обработки позволяет точно определить, какие интервалы подвержены водоносности, что критично для локальных условий конлар [8-10].

Таким образом, технология пенной обработки особенно актуальна для месторождения Шаркий Бердах-Учсой, где сочетание высокой вертикальной сообщаемости и прерывистых пропластов требует точного и селективного подхода к разработке.

5. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Исследования показали, что обводнение добывающих газовых скважин месторождений Восточный Бердах-Учсай обусловлено сложной макронеоднородной структурой юрских терригенных отложений, наличием прерывистых и высокопроницаемых пропластков, а также дефектами цементного камня заколонного пространства. Анализ геолого-промысловых данных, каротажа и термометрии позволил выявить основные механизмы поступления воды в ствол скважины: локальный подъём газоводяного

ISSN 3030-3907

контакта, прорыв воды по заколонным каналам и подтягивание воды по высокопроницаемым линзам.

Для борьбы с водопритоком применялся комплекс методов: регулирование депрессии на пласт, восстановление герметичности заколонного пространства, химическая селективная обработка и, особенно, пенный метод. Пенная технология позволила избирательно блокировать водоносные интервалы, обеспечивая временный приток чистого газа и возможность точной идентификации обводнённых зон с помощью термометрии. После пенной обработки отмечено увеличение дебита газа до 70%, снижение доли жидкости в продукции и восстановление критической скорости газа в скважине.

Таким образом, комплексное применение геолого-технологического анализа и пенной обработки обеспечивает эффективное выделение водоносных интервалов, стабилизацию работы скважин и повышение эффективности эксплуатации юрских газовых залежей Восточного Бердаха-Учсай.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khalismatov I., Makhmudov N.N., Zakirov R.T., Shomurodov Sh.E., Isanova Gas recovery of jurassic terrigenous reservoirs of the Sudochiy trough of the Ustyurt oil and gas region // Technical science and innovation 2021, №3(09) P.107-117 https://uzjournals.edu.uz/btstu/.

2. Халисматов И.Х., Махмудов Н.Н., Закиров Р.Т., Шомуродов Ш.Э., Геологические факторы, влияющие на коэффициент конечной газоотдачи продуктивных горизонтов месторождения Восточный Бердах - Учсай // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2022. - Т.17. - №2 http://www.ngtp.ru/rub/2022/14_2022.html.

3. Халисматов И.Х., Махмудов Н.Н., Закиров Р.Т., Шомуродов Ш.Э., Оценка конечной газоотдачи продуктивных пластов юрских коллекторов по месторождениям Судочьего прогиба // Газовая промышленность Россия, Москва.2021. №8. С. 54-60.

4. Khalismatov I., Zakirov R., Shomurodov Sh., Isanova R., Joraev F. and Ergashev Y. Correlation analysis of geological factors with the coefficient of gas transfer of organizations 5th International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering (ICECAE 2024), Samarkand, Uzbekistan, Edited by

5. Халисматов И.Х., Махмудов Н.Н., Закиров Р.Т., Шомуродов Ш.Э., Оценка конеchной газоотдачи продуктивных пластов юрских коллекторов по месторождениям Судochего прогиба // Газовая промышленност Россия, Москва.2021. №8. С. 54-60.

ISSN 3030-3907

6. Халисматов И., Закиров Р. Т., Шомуродов Ш.Э., Исанова Р.Р. Газ ва газоконденсат уюмларида газ берувчанлик коэффициентига геологик омилларнинг эмпирик боғлиқлиги. //Геология фанлари университети хабарлари - Тошкент, 2023. -№6.- С. 5-10.
7. Ли Дж., Никенс Г., Уеллс М. Эксплуататсия обводняющихся газовых скважин. Технологические решения по удалению жидкости из скважин. М.: ООО «Премиум инжиниринг». 2008.
8. Назаров У.С. Влияние подвески фонтанных труб на величину потер давления в стволе, на забое и в призабойной зоне обводняющихся газовых скважин. Сборник научных трудов: Интенсификация добычи нефти и газа, Ташкент, 1989 г.
9. Рассохин Г.В. Завершающая стадия разработки газовых и газоконденсатных месторождений./ М., Недра, 1977, -184 с.
10. Бейли Б., Краптри М., Тайри Дж. и др. // Диагностика и ограничения водопритоков… 2010.

ISSN 3030-3907