



О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ CO₂ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Н.А.Велиев^{*1}, М.А.Джамалбеков², Х.М.Ибрагимов², И.Р.Гасанов²

¹SOCAR, Баку, Азербайджан; ²НИПИ «Нефтегаз» SOCAR, Баку, Азербайджан

On the Prospects for the use of CO₂ to Enhance Oil Recovery in the Fields of Azerbaijan

N.A.Valiyev¹, M.A.Jamalbayov², Kh.M.Ibrahimov², I.R.Hasanov²

¹SOCAR, Baku, Azerbaijan, ²SOCAR «OilGasScientificResearchProject» Institute, Baku, Azerbaijan

Abstract

Studied modern scientific research and world practice of the use of carbon dioxide CO₂ in order to intensify production and increase oil recovery. On its basis, taking into account the existing potential opportunities, the possibilities of using CO₂ at most of the fields of Azerbaijan were studied, which were classified in terms of the use of CO₂ technologies. Taking into account the presence of CO₂ sources in Azerbaijan and its unique physicochemical features, great prospects for its application have been established in intensifying production and increasing oil recovery in the fields of Azerbaijan.

Keywords:

Carbon dioxide;
Production intensification;
Increased oil recovery;
Supercritical state.

© 2021 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Введение

В настоящее время, в Азербайджане ряд месторождений, находится на поздней стадии эксплуатации, характеризующихся большими запасами остаточной нефти. Увеличение эффективности разработки путем привлечения трудноизвлекаемых запасов к эксплуатации играет большое значение для увеличения конечного коэффициента нефтеотдачи на этих месторождениях [1-4]. По этой причине, наряду с созданием более эффективных методов и технологий для разработки пластов, верное и в то же время эффективное применение существующих технологий для интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи также имеет очень важное значение [5-8]. Целью статьи является изучение перспектив применения CO₂ для интенсификации добычи и увеличения нефтеотдачи на нефтяных месторождениях Азербайджана.

Применение различных методов воздействия на пласт для увеличения нефтеотдачи может привести к возникновению различных, весьма сложных процессов, таких как адсорбция и десорбция химических реагентов, разрушение структур жидкостей и сложных молекул и другим подобным процессам [9-12]. По этой причине выбор метода воздействия для конкретного месторождения должен опираться на научные принципы. С этой точки зрения, в статье определены требуемые по месторождению показатели

для успешного применения диоксида углерода на месторождениях Азербайджана. Основой для этих факторов служат специфические физико-химические особенности CO₂ и геотермобарические условия в пластах [13, 14].

Физико-химические особенности CO₂

Углекислый газ – нетоксичный, бесцветный газ без запаха и тяжелее воздуха. В нормальных условиях его плотность составляет 1.98 кг/м³ [15]. В пластовых условиях, в зависимости от температуры и давления, CO₂ может находиться в газообразном, жидком и сверхкритическом состоянии [16]. Критическая точка характеризуется температурой 31.2 °С и давлением 7.2 МПа. Ниже этой температуры CO₂ переходит в жидкую фазу, а выше – становится газообразной при любом давлении. В сверхкритическом состоянии плотность CO₂ равна плотности жидкости, а вязкость и плотность соответствуют тем же параметрам газа.

Для повышения нефтеотдачи CO₂ обладает рядом уникальных особенностей. Так, растворяясь в воде, углекислый газ повышает его вязкость, а растворяясь в нефти, наоборот, понижает его. Эта особенность углекислого газа делает его весьма полезным при повышении нефтеотдачи. При температуре 20 °С и давлении 11.7 МПа вязкость воды с растворенным в нем углекислым газом составляет 1.21 мПа·с. С увеличением концентрации CO₂ в воде приводит к увеличению его вязкости. При повышении давления углекислый газ начинает еще более активно растворяться в воде

*E-mail: mehemmed.camalbeyov@socar.az
<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20210100484>

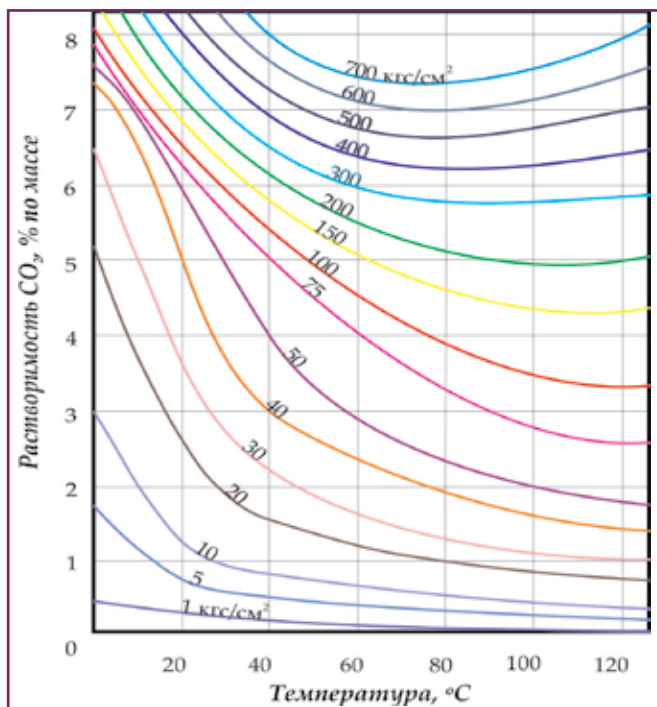


Рис.1. Зависимость растворимости CO₂ от давления и температуры

(рис.1). Однако, увеличение температуры до 80° С и повышение минерализации воды ухудшает растворимость углекислого газа [15, 17].

На рисунке 1 показаны зависимости растворимости CO₂ от температуры и давления [15].

Как было отмечено, растворение CO₂ в нефти снижает его вязкость в десятки раз, что в результате повышает его текучесть. Помимо этого, растворение CO₂ в нефти в значительной степени снижает поверхностное натяжение на границе нефть-вода. Последнее четко можно наблюдать на рисунке 2, где приведены кривые «Давления насыщения нефти газом CO₂ – Вязкость нефти без CO₂ – Вязкость нефти, насыщенной CO₂».

Помимо указанных особенностей CO₂ надо

также отметить факт увеличения объема нефти во время его насыщения [15, 18]. Например, при массовом содержании CO₂ в нефти 22.2%, объемный коэффициент поднимется с 1.07 до 1.33 и для этого увеличения потребуется 1.3 т/т CO₂. В результате нефтенасыщенность в призабойной зоне увеличится, что позволит в значительной степени увеличить и нефтеотдачу.

Другой положительной особенностью CO₂ является то, что под его воздействием увеличивается кислотность глин, предотвращается их набухание и происходит их сжатие, что, в свою очередь, служит причиной повышения проницаемости. Помимо этого, в результате реакции угольной кислоты, образующейся при растворении в воде CO₂ в призабойной зоне, с цементом и некоторыми пластовыми породами, происходит увеличение проницаемости этой зоны. В песчаниках это увеличение составляет 5-15%, в доломитах – до 6-75%.

CO₂ может также применяться с целью охлаждения призабойной зоны и увеличения эффективности использования кислоты при химической обработке призабойной зоны скважин.

Растворение CO₂ в воде и в нефти улучшает смачиваемость пород водой и в результате в порах происходит смывание нефтяного слоя с поверхности пород.

И наконец, применение технологий по повышению нефтеотдачи с использованием CO₂ одновременно позволяет утилизировать газ CO₂, получаемый при различных производственных процессах, и уменьшать его концентрацию в атмосфере.

Имеется большое количество исследований, посвященных задачам применения углекислого газа для повышения нефтеотдачи. Труды [19-24] посвящены именно этим исследованиям. Полученные научные результаты успешно применяются на ряде мировых месторождений. Однако, несмотря на указанные положительные особенности CO₂, существует ряд отрицательных

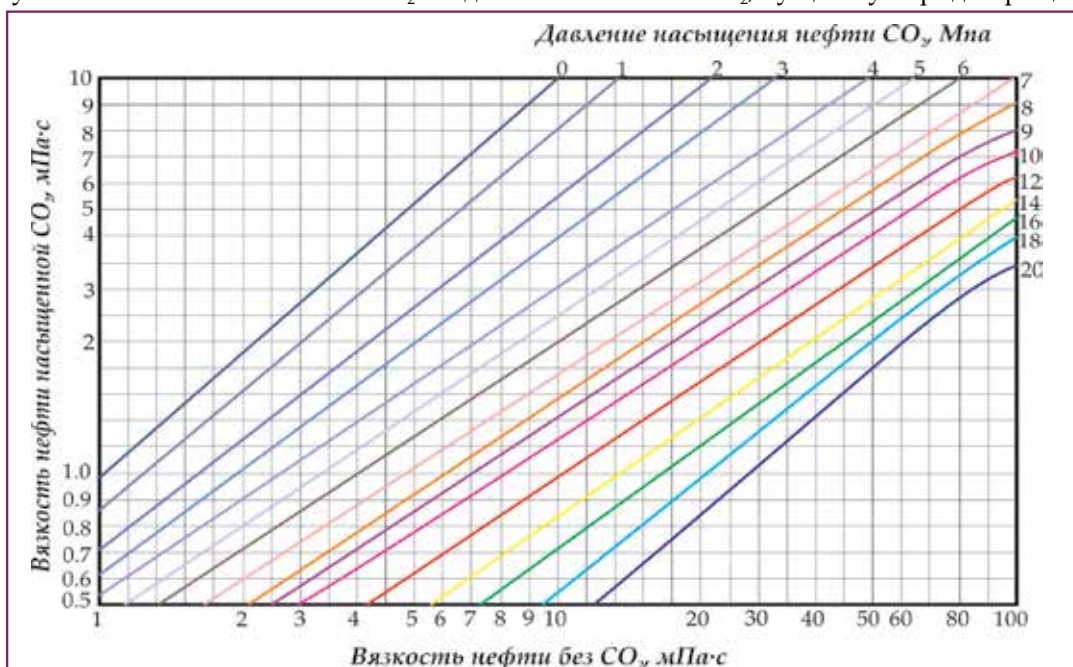


Рис.2. Зависимость вязкости нефтей от давления насыщения газом CO₂

особенностей, ограничивающих его применение. Первой из них является высокая коррозионная активность CO_2 . Это требует применения специального оборудования при перевозке, хранении и закачке CO_2 в пласт, что является причиной повышения технологических рисков и увеличения себестоимости добываемой нефти при использовании данных технологий [25].

Другой нежелательной особенностью углекислого газа является его распад на компоненты легче нефти в случае неполного растворения газа в нефти, что может привести к падению вязкости нефти. В результате растворения водяного пара в CO_2 могут возникнуть гидраты, что является еще одной его отрицательной особенностью.

Перспективы применения CO_2 при повышении нефтеотдачи

Существует несколько способов закачки CO_2 в пласт для увеличения нефтеотдачи:

- Закачка в пласт карбонизированной воды;
- Непосредственная закачка CO_2 в пласт в газообразном или жидком виде;
- Закачка в пласт CO_2 в сверхкритическом состоянии.

Во время закачки карбонизированной воды в пласт CO_2 ведет себя подобно вытесняющему пластовые флюиды агенту. Этот способ эффективнее способа заводнения пласта. Причиной тому повышение вязкости воды при растворении CO_2 в воде [19].

Также известно, что способ закачки CO_2 в пласт в газообразном или жидком виде с последующим его вытеснением водой или углекислой водой является более эффективным [20]. Эта особенность, возможно, связана с увеличением объема нефтяной пленки на стенках пор под воздействием CO_2 и превращением его в капельную, или текучую жидкость.

Еще одним, относительно новым методом, является метод закачки в пласт CO_2 в критическом и сверхкритическом состоянии, который может быть более эффективным при вытеснении тяжелых нефтей. В Азербайджане имеются месторождения с пластовой температурой, близкой к температуре сверхкритического состояния углекислого газа, то есть к 31.1°C . Примером этому может служить месторождение Бузовна-Маштага. В таких пластах CO_2 будет находиться в жидком состоянии. И поэтому он будет обладать более высокой вязкостью и растворимостью, чем в газовом состоянии, что при вытеснении нефти из пласта является более эффективным по сравнению с вытеснением нефти водой [21].

При постоянной температуре способность растворимости CO_2 в сверхкритическом состоянии с увеличением давления возрастает [26]. В этом состоянии CO_2 является экологически чистым и более эффективным растворителем. Этот метод относительно менее изучен. В крайнем критическом состоянии разница между жидкой и газообразной фазами флюида исчезает. Плотность такого флюида близка к жидкой фазе, а сжимаемость близка к газовой фазе. По этой причине в сверхкритическом состоянии, изменяя давление

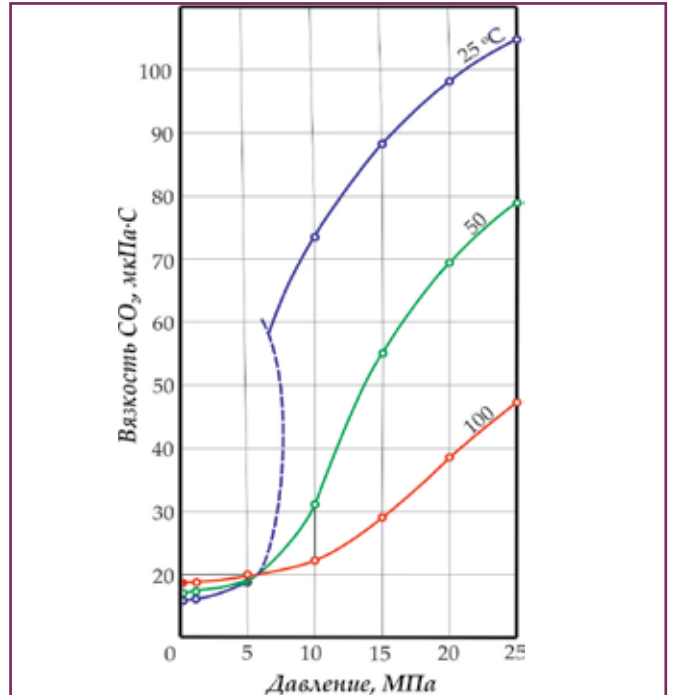


Рис.3. Зависимость вязкости CO_2 от давления при различных температурах

и температуру, возможно управление особенностями флюида – «приближение» его к газовому или же к жидкому состоянию [27]. На рисунке 3 показаны кривые зависимости вязкости CO_2 от давления при различных температурах.

Еще одним преимуществом CO_2 по сравнению с другими газами является то, что его легче перевести в сверхкритическое состояние. Для этого, как видно на рисунке 4 [26], необходимо создать давление 7.38 МПа при температуре выше 31.1°C . Эти термобарические условия являются, как мы видим, реальными для ряда месторождений Азербайджана. Такое положение еще больше увеличивает практическую значимость применения CO_2 в сверхкритическом состоянии на нефтяных месторождениях Азербайджана.

Необходимым фактором для применения CO_2 с целью повышения нефтеотдачи, несмотря на известные факты из литературы, является наличие источника CO_2 . В противном случае все перечисленное выше представляло бы всего лишь теоре-

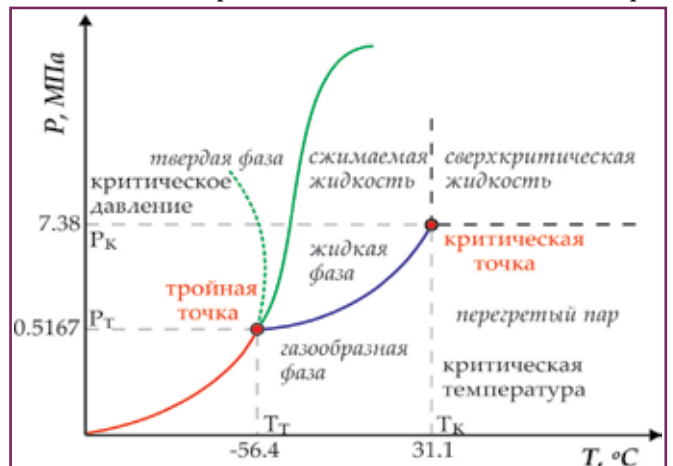


Рис.4. Диаграмма фазового перехода газа CO_2

тическое значение. С этой точки зрения необходимо отметить, что появление в последние годы источников CO₂ промышленного значения делает возможным широкое применение существующих технологий с использованием CO₂ для повышения нефтеотдачи на месторождениях Азербайджана. С учетом сказанного, несложно заметить, насколько важным является изучение перспектив применения технологий CO₂ на месторождениях Азербайджана.

Обобщая вышеуказанные факты об особенностях CO₂ и технологиях CO₂, нефтяные месторождения, с учетом возможности использования технологий, можно сгруппировать в следующем виде:

- Месторождения с активным внешним водным бассейном. На месторождениях данного типа может дать эффект вытеснения нефти углекислой водой.
- Месторождения с высокой вязкостью нефти. С целью уменьшения вязкости нефти на месторождениях этого типа возможна закачка CO₂ в продуктивную часть пласта.
- Месторождения, представленные глинистыми пластами. На месторождениях данного типа возможно увеличение проницаемости под воздействием CO₂. Для

Таблица Особенности месторождений и мероприятия, которые необходимо провести с CO₂. KSV- закачка углекислой воды в пласт, KQV- прямая закачка CO₂ в пласт в жидком или газообразном виде, İKV- закачка в пласт CO₂ в крайнем критическом состоянии						
Месторождение	Характеристика	Месторождение с активным внешним водным бассейном	Месторождение с высокой вязкостью нефти	Месторождение, представленное глинистыми пластами	Месторождение с высоким процентом обводненности	Мероприятия, которые необходимо провести с CO ₂
Пираллахи			+	22-36	64.3	KQV, İKV
Гюргян-дениз				26-36		KSV
Банка Дарвина			+	21-30		KQV, İKV
Западный Абшерон		+	+			KQV, İKV
Банка Абшерон				26	53.4	KSV
Нефтяные Камни				22-47		KSV
Грязевая Сопка				25-36		KSV
Чилов			+	24-47	79	KQV, İKV
Южная				30		KSV
Ази Асланов				39		KSV
Гюнешли				22-29		KSV
Песчаный-море			+	13-35		KQV, İKV
Бахар						KSV
Бакинский архипелаг: Сангачал-Дуванный-Хара-Зирия				18-27		KSV
Булла-дениз				21-28	32.3	KSV
Алят-дениз				21	55	KSV
8 Марта				27		KSV
Балаханы-Сабунчи-Раманы				26-36		KSV
Кюрдаханы				37		KSV
Биби Эйбат				23-56	90.4	KSV
Гала+Старый Гала				25-45	96	KSV
Бузовна-Маютага			+	22-60	87	KQV, İKV
Зирия					99	KSV
Локбатан-Пути-Гушхана				15-40	92	KSV
Шабандаг-Шубаны-Ясамальская долина-Аташгя				35-39	86	KSV
Карадаг					73	KSV
Коргез-Гызылтепе-Шонгар			+	37	81.3	KQV, İKV
Гюздек				30		KSV
Гара Эйбат						KSV
Бинагады			+	21-39	90	KQV, İKV
Чахнагляр				28	89	KSV
Сулутепе				33	86.4	KSV
Гырмаки			+	33	80	KQV, İKV
Фатмаи (Сианшор, Махаммады)			+	20-35	74.2	KQV, İKV
Масазыр			+		94	KQV, İKV
Сураханы				19-38	96	KSV
Гарачухур				20-40	97	KSV
Зых				19-35	96	KSV
Говсаны				33	88.3	KSV
Умбаки			+	20	82.4	KQV, İKV
Дашгиль-Делениз					90	KSV
Восточный Гадживели						KSV
Сиазаньская моноклиналь					85	KSV
Шурабад					96	KSV
Кюровдаг				14-34	89	KSV

претворения этого в жизнь необходима разработка метода воздействия на пласт и призабойную зону.

- Месторождения с высоким процентом обводненности. На месторождениях данного типа применение CO_2 для гидрофилирования пород прискважинной зоны является перспективным.
- Помимо отмеченных случаев, применение всех прочих технологий CO_2 для воздействия на продуктивную часть пласта с целью увеличения объема нефти может дать положительный результат.

Отметим, что при выборе месторождений эти критерии, естественно, должны ограничиваться некоторыми достаточными условиями. Например, при выборе применяемой технологии также должны учитываться термобарические параметры, литология пластовых пород и прочие подобные показатели пласта. Это значит, что при выборе технологии CO_2 для его применения на конкретном месторождении, необходимо выяснить, к какой из выше перечисленных групп это месторождение относится. С этой целью в таблице приведен ряд месторождений Азербайджана и их некоторые параметры. В последней колонке таблицы приведены условные обозначения мероприятий, которые необходимо провести для месторождения соответственно его показателям. Как видно из таблицы, на подавляющем большинстве месторождений Азербайджана возможно применение технологий CO_2 . Особенно актуально здесь применение закачки в пласт карбонизированной воды.

Основные особенности применения CO_2

При применении CO_2 необходимо уделить особое внимание защите арматуры и труб от коррозии. Отметим, что сухой углекислый газ – слабо агрессивный с точки зрения коррозии. Однако, высокая скорость потока и турбулентность углекислого газа в трубопроводах во многих случаях являются первейшими из причин увеличения

коррозии в этих трубах. Материал арматуры, в основном, представлен низкоуглеродистой сталью. Поэтому, по причине высокой турбулентности, во многих случаях становится невозможным создание и сохранение пленки карбоната железа на поверхности таких металлов, необходимой для защиты их от коррозии. При невозможности предотвращения высокой турбулентности становится необходимым использование устойчивой к коррозии стали или же применение антикоррозионных красок.

При закачке в пласт чистого газа он смешивается в трубе с газом, добытым из пласта, но прошедшим на поверхности сепарацию. Отметим, кстати, что нефть, солевой раствор и CO_2 разделяются на специально предусмотренном для этого оборудовании. По своим габаритам это оборудование схоже с небольшим нефтеперерабатывающим заводом.

Также еще отметим, что в результате особенностей взаимодействия привлеченных к процессу различных средств и различий в проницаемости различных пород нефтяного пласта использование углекислого газа для вытеснения нефти не так эффективно, как применение циклической закачки CO_2 и воды. Данная технология требует много воды, однако, обычно это бывает вода, вернувшаяся из процесса. Эта вода должна быть закачана в пласт со значением давления, большим, чем значение давления CO_2 в пласте. В противном случае его невозможно будет ввести в пласт. Для повышения давления закачиваемой воды используются насосы высокого давления, чтобы давление в это время было выше давления сверхкритического состояния CO_2 .

Когда вода, закачиваемая в пласт, встречается в трубах или в арматуре, их потребность в антикоррозионной устойчивости резко повышается. Так, во время встречи этих двух агентов образуется углекислота. Как и любая другая кислота, это соединение также делает необходимым применение специальных материалов при изготовлении арматуры.

Данные о месторождениях Азербайджана представлены отделом "Управления нефтегазовыми пластами и запасами" Головного офиса SOCAR.

Литература

1. Suleimanov, B. A., Ismailov, F. S., Dyshin, O. A., Veliev, E. F. (2016, October). Screening evaluation of EOR methods based on fuzzy logic and bayesian inference mechanisms. SPE-182044-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.*
2. Велиев, Э. Ф. (2020). Обзор современных методов увеличения нефтеотдачи пласта с применением потокоотклоняющих технологий. *SOCAR Proceedings*, 2, 50-66.
3. Suleimanov, B. A., Veliev, E. F., Naghiyeva, N. V. (2021). Colloidal dispersion gels for in-depth permeability modification. *Modern Physics Letters B*, 35(01), 2150038.
4. Suleimanov, B. A., Dyshin, O. A., Veliev, E. F. (2016, October). Compressive strength of polymer nanogels used for enhanced oil recovery EOR. SPE-181960-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.*

References

1. Suleimanov, B. A., Ismailov, F. S., Dyshin, O. A., Veliev, E. F. (2016, October). Screening evaluation of EOR methods based on fuzzy logic and bayesian inference mechanisms. SPE-182044-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.*
2. Veliev, E. F. (2020). Review of modern in-situ fluid diversion technologies. *SOCAR Proceedings*, 2, 50-66.
3. Suleimanov, B. A., Veliev, E. F., Naghiyeva, N. V. (2021). Colloidal dispersion gels for in-depth permeability modification. *Modern Physics Letters B*, 35(01), 2150038.
4. Suleimanov, B. A., Dyshin, O. A., Veliev, E. F. (2016, October). Compressive strength of polymer nanogels used for enhanced oil recovery EOR. SPE-181960-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.*

5. Сулейманов, Б. А., Велиев, Э. Ф. (2016). О влиянии гранулометрического состава и наноразмерных добавок на качество изоляции затрубного пространства в процессе цементирования скважин. *SOCAR Proceedings*, 4, 4-10.
6. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Dyshin, O. A. (2015). Effect of nanoparticles on the compressive strength of polymer gels used for enhanced oil recovery (EOR). *Petroleum Science and Technology*, 33(10), 1133-1140.
7. Сулейманов, Б. А., Исмаилов, Ф. С., Велиев, Э. Ф. (2014). О влиянии наночастиц металла на прочность полимерных гелей на основе КМЦ, применяемых при добыче нефти. *Нефтяное хозяйство*, (1), 86-88.
8. Сулейманов, Б. А., Лятифов, Я. А., Велиев, Э. Ф. (2019). Применение умягченной воды для повышения нефтеотдачи пласта. *SOCAR Proceedings*, 1, 19-28.
9. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Azizagha, A. A. (2020). Colloidal dispersion nanogels for in-situ fluid diversion. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 193, 107411.
10. Suleimanov, B. A., Guseynova, N. I., Veliyev, E. F. (2017, October). Control of displacement front uniformity by fractal dimensions. SPE-187784-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
11. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Naghiyeva, N. V. (2020). Preformed particle gels for enhanced oil recovery. *International Journal of Modern Physics B*, 34(28), 2050260.
12. Велиев, Э. Ф. (2020). О механизмах удерживания полимера пористой средой. *SOCAR Proceedings*, 3, 126-134.
13. Балинг, В., Бан, А., Долешал, Ш. (1977). Применение углекислого газа в добыче нефти. *Москва: Недра*.
14. Martin, D. F., Taber, J. J. (1992). Carbon dioxide flooding. SPE-23564-PA. *Journal of Petroleum Technology*, 44(04), 396-400.
15. Гиматудинов, Ш. К. (1971). Физика нефтяного и газового пласта. *Москва: Недра*.
16. Сабирзянов, А. Н., Гумеров, Ф. М., Габитов, Ф. Р. (2003). Суб- и сверхкритические флюиды в процессах нефте- и битумодобычи. *Материалы 12 Европейского симпозиума «Повышение нефтеотдачи пластов»*. Казань.
17. Хромых, Л. Н., Литвин, А. Т., Никитин, А. В. (2018). Применение углекислого газа в процессах повышения нефтеотдачи пластов. *Вестник Евразийской науки*, 5(10).
18. Покрепин, Б. В. (2008). Разработка нефтяных и газовых месторождений. *Волгоград: ИнФolio*.
19. Sohrabi, M., Riazi, M., Jamiolahmady, M., Brown, Ch. (2009, December). Enhanced oil recovery and CO₂ storage by carbonated water injection. IPTC-14070-ABSTRACT. In: *International Petroleum Technology Conference, Doha, Qatar*.
20. Sohrabi, M., Jamiolahmady, M., Al Quraini, A. (2007, June). Heavy oil recovery by liquid CO₂/water injection. In: *EUROPEC/EAGE Conference and Exhibition, London, U.K.*
21. Farzaneh, S. A., Seyyedsar, S. M., Sohrabi, M. (2016, September). Enhanced heavy oil recovery by liquid CO₂ injection under different injection strategies. SPE-181635-MS. In: *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dubai, UAE*.
22. Oldenburg, C. M., Benson, S. M. (2002, February). CO₂ injection for enhanced gas production and carbon sequestration. SPE-74367-MS. In: *SPE International Petroleum Conference and Exhibition in Mexico, Villahermosa, Mexico*.
23. Izgec, O., Demiral, B., Bertin, H. J., Akin, S. (2005, March-April). CO₂ injection in carbonates. SPE-93773-MS. In: *SPE Western Regional Meeting, Irvine, California*.
5. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2016). The effect of particle size distribution and the nano-sized additives on the quality of annulus isolation in well cementing. *SOCAR Proceedings*, 4, 4-10.
6. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Dyshin, O. A. (2015). Effect of nanoparticles on the compressive strength of polymer gels used for enhanced oil recovery (EOR). *Petroleum Science and Technology*, 33(10), 1133-1140.
7. Suleimanov, B. A., Ismaylov, F. S., Veliyev, E. F. (2014). On the metal nanoparticles effect on the strength of polymer gels based on carboxymethyl cellulose, applying at oil recovery. *Oil Industry*, (1), 86-88.
8. Suleimanov, B. A., Latifov, Y. A., Veliyev, E. F. (2019). Softened water application for enhanced oil recovery. *SOCAR Proceedings*, 1, 19-28.
9. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Azizagha, A. A. (2020). Colloidal dispersion nanogels for in-situ fluid diversion. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 193, 107411.
10. Suleimanov, B. A., Guseynova, N. I., Veliyev, E. F. (2017, October). Control of displacement front uniformity by fractal dimensions. SPE-187784-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
11. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Naghiyeva, N. V. (2020). Preformed particle gels for enhanced oil recovery. *International Journal of Modern Physics B*, 34(28), 2050260.
12. Veliyev, E. F. (2020). Mechanisms of polymer retention in porous media. *SOCAR Proceedings*, 3, 126-134.
13. Балинг, В., Бан, А., Долешал, Ш. (1977). Применение углекислого газа в добыче нефти. *Москва: Недра*.
14. Martin, D. F., Taber, J. J. (1992). Carbon dioxide flooding. SPE-23564-PA. *Journal of Petroleum Technology*, 44(04), 396-400.
15. Gimatudinov, Sh. K. (1971). Physics of oil and gas reservoir. *Moscow: Nedra*.
16. Sabirzyanov, A. N., Gumerov, F. M., Gabitov, F. R. (2003). Sub- i sverhkriticheskie flyuidy v processah nefte- i bitumodobychi. *Materialy 12 Evropejskogo simpoziuma «Povyshenie nefteotdachi plastov»*. Kazan.
17. Khromykh, L. N., Litvin, A. T., Nikitin, A. V. (2018). Application of carbon dioxide in enhanced oil recovery. *The Eurasian Scientific Journal*, 5(10).
18. Pokrepin, B. V. (2008). Development of oil and gas fields. *Volgograd: InFolio*.
19. Sohrabi, M., Riazi, M., Jamiolahmady, M., Brown, Ch. (2009, December). Enhanced oil recovery and CO₂ storage by carbonated water injection. In: *International Petroleum Technology Conference, Doha, Qatar*.
20. Sohrabi, M., Jamiolahmady, M., Al Quraini, A. (2007, June). Heavy oil recovery by liquid CO₂/water injection. In: *EUROPEC/EAGE Conference and Exhibition, London, U.K.*
21. Farzaneh, S. A., Seyyedsar, S. M., Sohrabi, M. (2016, September). Enhanced heavy oil recovery by liquid CO₂ injection under different injection strategies. SPE-181635-MS. In: *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dubai, UAE*.
22. Oldenburg, C. M., Benson, S. M. (2002, February). CO₂ injection for enhanced gas production and carbon sequestration. SPE-74367-MS. In: *SPE International Petroleum Conference and Exhibition in Mexico, Villahermosa, Mexico*.
23. Izgec, O., Demiral, B., Bertin, H. J., Akin, S. (2005, March-April). CO₂ injection in carbonates. SPE-93773-MS. In: *SPE Western Regional Meeting, Irvine, California*.

24. Kalra, S., Wu, X. (2014, April). CO₂ injection for enhanced gas recovery. SPE-169578-MS. In: *SPE Western North American and Rocky Mountain Joint Meeting, Denver, Colorado*.

25. Гумеров, Ф. М. (2010). Перспективы применения диоксида углерода для увеличения нефтеотдачи пластов. В сборнике научных статей «Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов». Часть II. Москва: «Газпром ВНИИГАЗ».

26. Леменовский, Д. А., Баграташвили, В. Н. (1999). Сверхкритические среды. Новые химические реакции и технологии. *Соросовский образовательный журнал*, 10, 36-41.

27. Дадашев, М. Н., Кухаренко, А. А., Винокуров, В. А. (2004). Перспективы использования сверхкритической технологии в различных отраслях промышленности. *Материалы I Международной научно-практической конференции «Сверхкритические флюидные технологии: инновационный потенциал России»*. Ростов-на-Дону.

24. Kalra, S., Wu, X. (2014, April). CO₂ injection for enhanced gas recovery. SPE-169578-MS. In: *SPE Western North American and Rocky Mountain Joint Meeting, Denver, Colorado*.

25. Gumerov, F. M. (2010). Perspektivy primeneniya dioksida ugleroda dlya uvelicheniya nefteotdachi plastov. V sbornike nauchnykh statej «Aktual'nye voprosy issledovaniy plastovykh sistem mestorozhdenij uglevodorodov». Chast' II. Moskva: «Gazprom VNIIGAZ».

26. Lemenovsky, D. A., Bagratashvili, V. N. (1999). Supercritical fluids. new chemical reactions and technologies. *Soros Education Journal*, 10, 36-41.

27. Dadashev, M. N., Kuharenko, A. A., Vinokurov, V. A. (2004). Perspektivy ispol'zovaniya sverhkriticheskoy tekhnologii v razlichnykh otraslyah promyshlennosti. *Materialy I mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sverhkriticheskie flyuidnye tekhnologii: innovacionnyj potencial Rossii»*. Rostov-na-Donu.

О перспективах применения CO₂ для повышения нефтеотдачи на месторождениях Азербайджана

Н.А.Велиев¹, М.А.Джамалбеков², Х.М.Ибрагимов², И.Р.Гасанов²

¹SOCAR, Баку, Азербайджан;

²НИПИ «Нефтегаз» SOCAR, Баку, Азербайджан

Реферат

Для интенсификации добычи и повышения нефтеотдачи был проведен обзор по современному применению и изучению CO₂ в мировой практике. На его основе, с учетом имеющихся и потенциальных возможностей была изучена возможность применения CO₂ на большинстве месторождениях Азербайджана и эти же месторождения были классифицированы с этой позиции. Учитывая наличие в Азербайджане источников CO₂ и его уникальные физико-химические особенности, были установлены большие перспективы его применения при интенсификации добычи и увеличении нефтеотдачи на месторождениях Азербайджана.

Ключевые слова: углекислый газ; интенсификация добычи; увеличение нефтеотдачи; сверхкритическое состояние.

Azərbaycan yataqlarında neftvermənin artırılması üçün CO₂ qazının tətbiqi perspektivləri haqda

N.A.Vəliyev¹, M.A.Camalbəyov², X.M.İbrahimov², İ.R.Həsənov²

¹SOCAR, Bakı, Azərbaycan,

²SOCAR «Neftqazəlmətdəqiqatlayihə» İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

Xülasə

Neftvermənin artırılması və hasilatın intensivləşdirilməsi məqsədi ilə karbon qazının (CO₂) tətbiqi üzrə aparılan müasir elmi tədqiqatlar və dünyada mövcud olan təcrübə araşdırılmışdır. Azərbaycanda potensialın mövcudluğunu nəzərə alaraq araşdırma əsasında CO₂ qazının Azərbaycanın əksər yataqlarında tətbiqi imkanları öyrənilmiş, bu və ya digər CO₂ texnologiyasının tətbiqinin mümkünlüyü baxımından onların qruplara bölünməsi həyata keçirilmişdir. Azərbaycanda CO₂ mənbələrinin mövcudluğunu və onun unikal fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq Azərbaycan yataqlarında neftvermənin və hasilatın intensivləşdirilməsi üçün karbon qazının tətbiqinin böyük perspektivlərə malik olması müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: karbon qazı; hasilatın intensivləşdirilməsi; neftvermənin artırılması; ifrat kritik vəziyyət.