

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/30_2017

УДК 622.691.24(479.24)

Фейзуллаев А.А.

Институт геологии и геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан

Годжаев А.Г.

Управление эксплуатации газовых хранилищ ПО «Азнефть» Государственной Нефтяной Компании Азербайджана (ГНКАР), Баку, Азербайджан

Исмаилова Г.Г., Мирзоева Д.Р.

Институт геологии и геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЛИТОФАЦИАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ РЕЗЕРВУАРА НА РЕЖИМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНОГО ГАЗОХРАНИЛИЩА ГАЛМАС (АЗЕРБАЙДЖАН)

Дан анализ результатов 40-летнего мониторинга эксплуатационных параметров подземного газохранилища газа Галмас, созданного в одноименном истощенном газоконденсатном месторождении Азербайджана. Объектом хранения газа являются продуктивные терригенные толщи нижнеплиоценового возраста.

Объяснены существующие проблемы при эксплуатации хранилища не только техническими, технологическими, но и геологическими причинами, связанными с пространственной неоднородностью литологического состава пород и их фильтрационно-емкостных свойств.

Ключевые слова: *подземное хранение газа, литофациальная неоднородность, фильтрационно-емкостные свойства пород, закачка и отбор газа, истощенное газоконденсатное месторождение Галмас, Азербайджан.*

Введение

Идея создания подземных хранилищ газа (ПХГ) в истощенных нефтегазовых месторождениях, а позднее в водоносных пластах, солевых пустотах (кавернах), а также в горных выработках залежей каменного угля, возникла в связи с большой сезонной неустойчивостью между спросом и предложением в газоснабжении населения. Эта актуальная идея очень быстро нашла претворение в жизнь и в настоящее время в мире уже действует 688 ПХГ общей активной ёмкостью более 377 млрд. м³. Кроме того, планируются или создаются еще 236 ПХГ [Underground gas..., 2013]. Причем, наибольший объём газа приходится на ПХГ, созданные на базе истощенных газовых и газоконденсатных месторождений [Study on..., 2013].

В Азербайджане в настоящее время функционируют 2 ПХГ, соответственно, с 1974 и с 1986 гг. в истощенных газовых и газоконденсатных залежах месторождений Гарадаг и Галмас (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения месторождений / подземных газохранилищ газа Гарадаг и Галмас в Азербайджане

Красным цветом обозначены газовые/газоконденсатные, зеленым – нефтяные месторождения.

Опыт изучения особенностей геологического строения нефтегазовых месторождений, имеющий важное значение при создании ПХГ, показал, что при всем их разнообразии в тектоническом, литологическом и гидрогеологическом отношении все они характеризуются пространственной макро- и микронеоднородностью продуктивного пласта. Даже мощные пласты песчаников, на первый взгляд однородные, существенно меняют свои свойства по площади и разрезу ([Белозёров, 2011; Обухов, 1964; Пулькина, Зимина, 2012; Семин, 1962; Берман и др., 1983] и др.). Неоднородность пласта проявляется пространственной изменчивостью его вещественного состава и литолого-физических свойств: гранулометрического состава, пористости, проницаемости, структуры и текстуры порового пространства, карбонатности, удельного электрического сопротивления, нефте- и водонасыщенности и др.

Очевидно, что чем сложнее геологическое строение эксплуатационного объекта, тем сложнее обеспечить эффективную систему эксплуатации ПХГ. В связи с этим, изучению неоднородности резервуара и ее влияния на эффективность эксплуатации ПХГ посвящен целый ряд специальных работ ([Берман, Нейман, 1972; Зубарев, 2010; Семенов, 2010; Hewett, Behrens, 1990] и др.).

Целью данной статьи является анализ режима многолетней эксплуатации ПХГ Галмас

и его зависимости от пространственной неоднородности петрофизических свойств резервуара.

Краткая характеристика объекта исследования

Брахантиклинальная складка Галмас с широким пологим сводом и крыльями, падающими под углом 10-15⁰ (с размерами 12 км x 4-4,5 км), была выявлена геофизическими методами в Нижнекуринской впадине и подтверждена структурным и глубоким бурением. В центре складки расположен потухший одноименный грязевой вулкан.

В геологическом строении структуры принимают участие четвертичные отложения (1370 м), отложения верхнего (240 м) и нижнего плиоцена (до 3015 м). Последние литологически представлены чередованием глинистых и песчано-алевритовых пород и присутствием около 20 песчаных прослоев.

Месторождение Галмас введено в промышленную разработку в 1956 г. с 44 пробуренными скважинами.

Объектом подземного хранения газа здесь являются истощенные, ранее промышленно газоносные I и II горизонты продуктивной толщи (нижний плиоцен) на глубине 1500-1800 м. Горизонт I общей мощностью 125 м содержит 4 высоко-песчаные пачки, толщиной 10-15 м, которые хорошо фиксируются на каротажных диаграммах. В горизонте II мощностью 140 м выделяется 3-5 высоко-песчаных интервалов. Породы этого горизонта в отличие от горизонта I более плотные и имеют более мелкозернистый состав.

Емкостно-фильтрационные свойства пород изменяются в пространстве в широких пределах, составляя в среднем: пористость 1 горизонта – 21,3%, 2-3 горизонта - 22,7%, а проницаемость, соответственно, 84,4 и $33,8 \times 10^{-3}$ мкм².

Методическая основа исследования неоднородности объекта хранения газа на площади Галмас и ее влияния на режим эксплуатации ПХГ заключалась в анализе составленных двухмерных интерполяционных карт параметров пласта, созданных по данным анализов керна скважин, геофизических исследований скважин (ГИС), результатов мониторинга эксплуатационных параметров ПХГ и пространственной корреляции исследуемых параметров.

Результаты исследований и их обсуждение

Пробные закачки газа в ПХГ Галмас в малых объемах без его отбора были начаты еще в 1974 г. Однако фактической датой ввода ПХГ Галмас в эксплуатацию считается 1976 г., когда был начат режим закачки-отбора газа в промышленных масштабах. Мониторинг режима эксплуатации за 1976-2010 гг. показал неравномерный характер изменения во

времени закачиваемых и отбираемых объемов газа и, соответственно, изменения давлений в резервуаре (рис. 2).

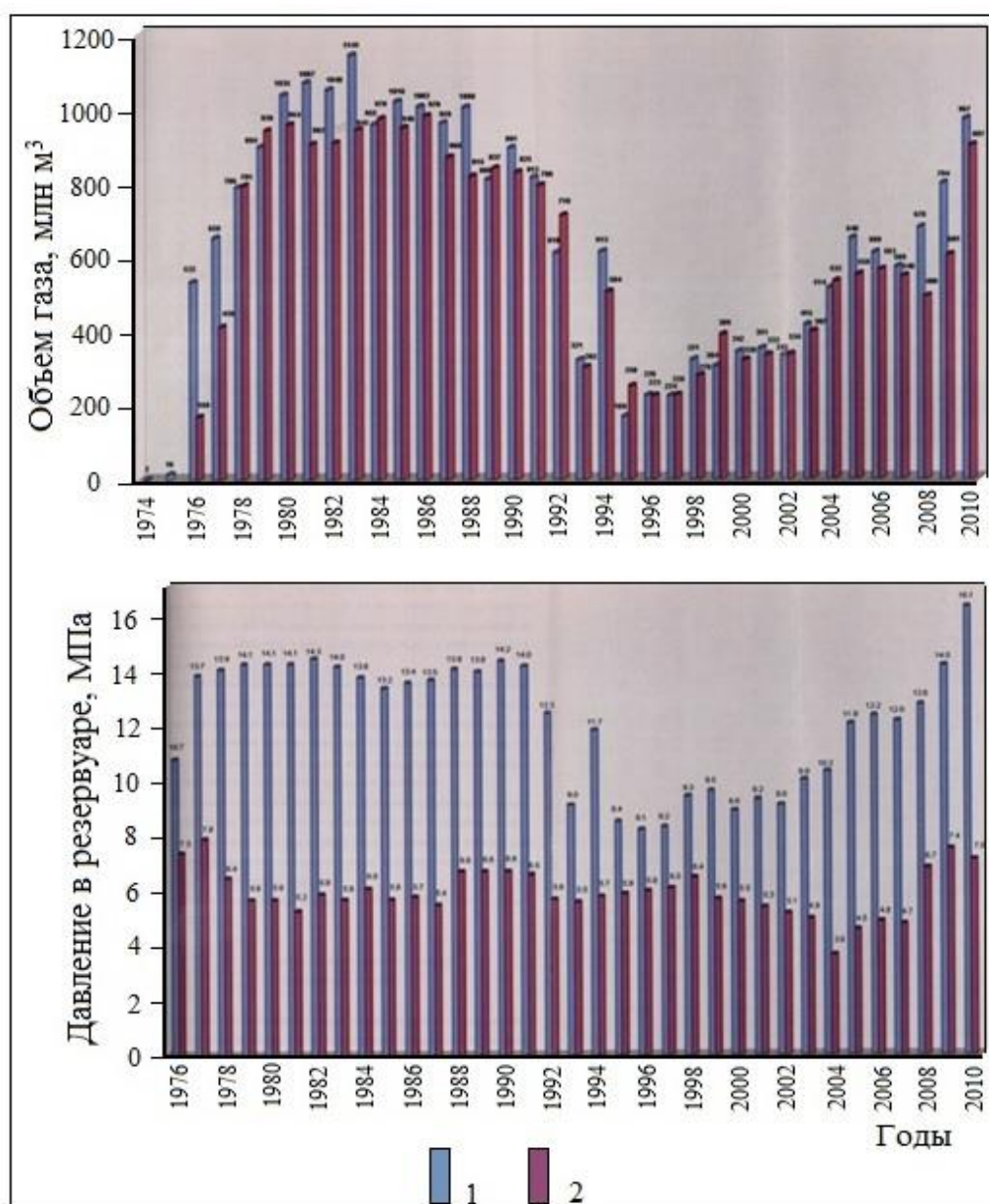


Рис. 2. Изменение во времени объемов закачиваемого (1) и отбираемого (2) газа и изменения давления в резервуаре в конце закачки (1) и в конце отбора (2) газа на подземном газохранилище газа Галмас за период 1976-2010 гг.

Основные параметры эксплуатации ПХГ Галмас за указанный период (35 лет) сведены в табл. 1. Анализ данных табл. 1 и рис. 2 позволяет заключить нижеследующее:

➤ за 35-летний период эксплуатации ПХГ Галмас в 25 случаях (более 71%) объем закачиваемого газа превышал объем отбираемого газа. Разница между среднегодовыми величинами объемов закаченного и отобранного газа равняется 60,9 млн. м³, что составляет около 9% от объема закачанного газа.

➤ циклическая закачка и отбор газа сопровождается колебаниями давления в резервуаре в пределах 16,1-3,6 МПа; максимальная разница между давлением в конце закачки и в конце отбора газа равна 8,9 МПа.

➤ объем буферного газа принят в 710 млн. м³, исходя из пластового давления 7,5 МПа. Однако средняя величина пластового давления в конце отбора газа составляет 5,84 м³, указывая, что фактический объем буферного газа, вероятнее всего, ниже принятой величины.

Таблица 1

Основные показатели режима эксплуатации подземного газохранилища газа Галмас за период 1976-2010 гг.

Параметр	Объем газа, млн. м ³		Пластовое давление, МПа	
	За 1976-2010 гг	Средняя за год	Пределы	Средняя
В конце закачки газа	23610	674,6	8,1-16,1	12,03
В конце отбора газа	21481	613,7	3,6-7,8	5,84
Разница	2129	60,9		6,19

Приведенные выше результаты анализа показывают лишь режим эксплуатации ПХГ в целом и не отражают эксплуатационные характеристики отдельных скважин. В связи с этим ниже приведен анализ вклада отдельных скважин, в общий объем закачиваемого и отбираемого газа. Этот анализ выполнен на основании данных по 75 скважинам за последний 5-летний (2012/2013-2016/2017 гг.) период эксплуатации ПХГ Галмас.

Мониторинг эксплуатации ПХГ в 2016/2017 гг. показал, что сезонная закачка и отбор газа распределяется по месяцам неравномерно: пик закачки приходится на июнь-август, а пик отбора на декабрь (преобладающий) и январь.

Результаты анализа показали также, что из 49 скважин было отобрано больше газа, чем закачено, в 23, наоборот, закачено больше, чем отобрано и только в 3-х скважинах объемы отобранного и закаченного газа примерно равны. Как и за период 1976-2010 гг., объем закачанного в ПХГ газа за последний 5-летний период превышал объем отобранного газа; разница равна 213 млн. м³, что составляет примерно 5,2% от суммарного объема закачанного газа. Ежегодный недобор газа за этот период составляет около 43 млн. м³.

Причиной выявленного различия в эксплуатационных показателях различных скважин могут быть, как технический, технологический, так и геологический факторы. Среди наиболее вероятного геологического фактора, контролирующего функционирование скважин, может быть пространственная неоднородность литофациального состава пород и их емкостно-фильтрационных свойств (ФЕС). Для проверки этого предположения были

выполнены соответствующие графические построения, которые отражены на рис. 3.

Как видно из представленных на рис. 3 схем, распределение по площади скважин, которые отличаются по соотношению объемов закачанного и отобранного газа, не хаотичное, а имеет зональный характер. Зональный характер установлен также в изменении по площади литофациального состава пород и их ФЕС.

Сопоставление эксплуатационных характеристик скважин с литофациальными условиями позволили выявить очевидную пространственную корреляцию этих параметров (см. рис 3). Как правило, скважины, в которых отношение отобранного объема газа к закаченному <1 , расположены в зоне с меньшими значениями содержания в породе песчаной фракции (песчано-глинисто-алевритовые породы), но с относительно более высокими значениями пористости и проницаемости. Это более наглядно видно на примере данных некоторых характерных скважин, приведенных в табл. 2.

Представляет интерес, что определенному интервалу значений содержания в породе песчаной фракции (60-70%) и их пористости (22-26%) приурочены пиковые значения объемов закачки/отбора газа (рис. 4).

Экспериментально установлено, что прочность породы при динамической пульсирующей нагрузке снижается на 40-50%. В результате уже после небольшого числа циклов переменных нагрузок в породе появляются микротрещины, приводящие к разрушению скелета породы и интенсивному выносу песка в период отбора газа из ПХГ [Калиниченко, 2009; Кольчицкая, Михайлов, 2000; Яковлева, 2005]. Так по наблюдениям Евик В.Н. и др. [Евик и др., 2009] за 34 цикла закачки и отбора газа из Щелковского ПХГ не было отмечено ни одной скважины, которая не выносила бы твердую фазу, являющейся продуктом разрушения коллектора.

Такое явление наблюдается и ПХГ Галмас, где в конце каждого сезона в сепараторе и резервуаре для жидкости оседает примерно 15-17 тонн песка, что является очевидным показателем разрушения пород подземного резервуара, приводящего к необратимым изменениями ФЕС горных пород. При этом важно отметить, что наибольший вынос песка наблюдается в скважинах, в которых объем отбираемого газа больше объема закачиваемого газа – величина отношения этих объемов изменяется от 1,2 (скв. 214) до 3,4 (скв. 226).

Существует мнение, что одной из возможных причин разрушения скелета продуктивного коллектора ПХГ являются неконтролируемые потери или уходы буферного газа в процессе циклических закачек и отборов, которые приводят к увеличению амплитуды колебаний пластового давления.

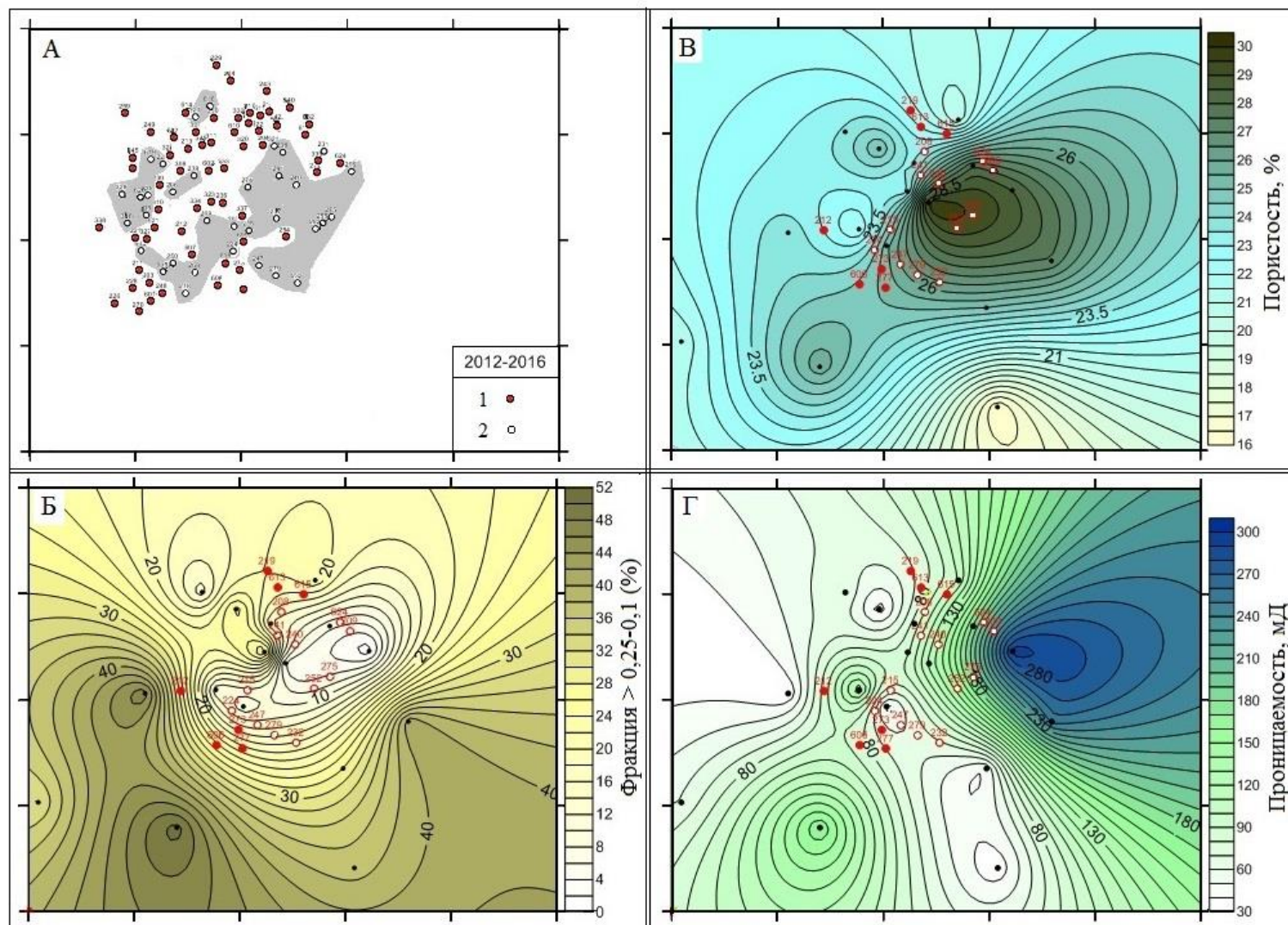


Рис. 3. Схемы, отображающие распределение по площади скважин, в которых объем отобранного газа больше объема закаченного газа (А-1) и наоборот (А-2), а также связь их положения с литофациальным составом пород (Б) и их фильтрационно-емкостными свойствами (пористости - В и проницаемости - Г), в подземном газохранилище газа Галмас

Таблица 2

Литофациальные и фильтрационно-емкостные свойства пород в скважинах, с различным режимом эксплуатации на подземном газохранилище газа Галмас

Номер скважины	Отношение отобранного к закаченному объему газа	Содержание в породе песчаной фракции, %	Пористость, %	Проницаемость, мд
240	0,7	8,6	27,8	130,3
252	0,7	7,7	29,2	145,3
275	0,8	6,6	29,3	182,6
624	0,9	9,2	27,5	198,2
273	1,3	16,2	24,8	65,2
219	4,1	19,8	25,6	68,1
606	1,3	25,1	24,7	84,2
277	1,4	21,6	24,5	69,3

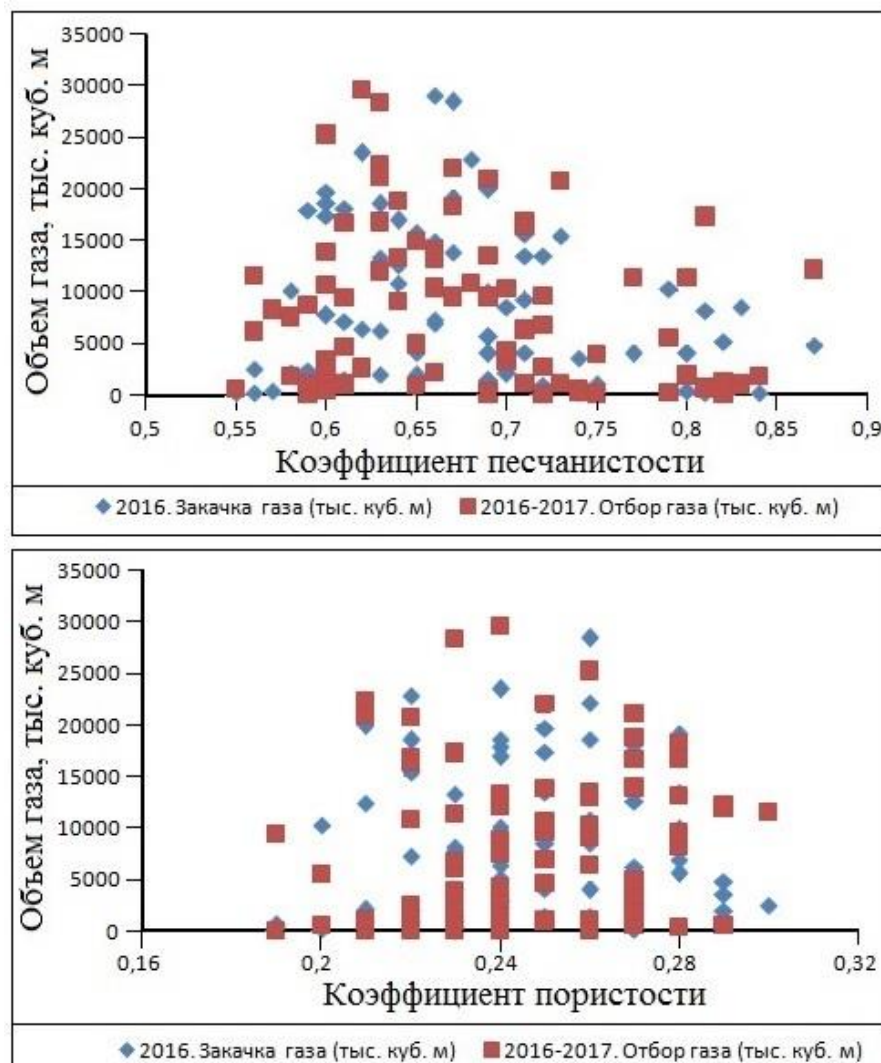


Рис. 4. Графики зависимости объемов закаченного и отобранного газа в подземном газохранилище газа Галмас от коэффициента песчаности и пористости породы по данным ГИС

Для уменьшения депрессии и предотвращения выноса песка из скважин, рекомендуется сокращать объем активного или увеличивать объем буферного газа, то есть уменьшать отношение объемов активного и буферного газа [Яковлева, 2005; Яковлева, Лурье, Дидковская, 2004].

По результатам настоящих исследований следует лишь добавить, что существенное значение для эффективной эксплуатации ПХГ имеет также применение наиболее оптимального режима закачки и отбора газа.

Заключение

Обобщение результатов проведенных исследований позволяют заключить, что в режиме эксплуатации ПХГ Галмас наряду с техническими и технологическими имеются определенные проблемы и геологического характера, связанные с пространственной неоднородностью литологического состава пород и их ФЕС.

Установлен зональный характер изменения в пространстве литологического состава и ФЕС пород, а также соотношения объемов закачиваемого и отбираемого газа в отдельных скважинах. При этом, как правило, скважины, в которых объемы закачиваемого в ПХГ газа превышают объемы отобранного газа, тяготеют к зоне с относительно низким содержанием в породах песчаной фракции (песчано-глинисто-алевритовые породы) и высокими ФЕС пород (пористости и проницаемости).

Выявлена приуроченность пиковых значений объемов закачки/отбора газа в скважины связаны с определенным интервалом значений содержания в породе песчаной фракции (60-70%) и их пористости (22-26%).

Циклическая закачка и отбор газа в ПХГ Галмас, сопровождающаяся колебаниями давления в резервуаре в пределах 3,6-16,1 МПа, приводит к разрушению слагающих его пород. Это проявляется оседанием в сепараторе и резервуаре для жидкости в конце каждого сезона примерно 15-17 тонн песка. При этом установлено, что, наибольший вынос песка отмечается в скважинах, где объем отбираемого газа, как правило, превышает объем закачиваемого газа.

Судя по среднему значению пластового давления в конце отбора газа, который составляет около 6 МПа, объем буферного газа в ПХГ Галмас ниже принятого для пластового давления 7,5 МПа (710 млн. м³). Этот факт может способствовать нарушению энергетического баланса в подземном резервуаре с соответствующими нежелательными последствиями.

Ежегодный недобор газа на ПХГ Галмас, обусловленный комплексом технических, технологических и геологических факторов, составляет около 59 млн. м³ (средняя за 40-

летний период).

Принятие во внимание полученных в настоящем исследовании результатов может способствовать повышению эффективности дальнейшей эксплуатации ПХГ Галмас.

Литература

Белозёров В.Б. Влияние фациальной неоднородности терригенных коллекторов на разработку залежей углеводородов // Известия Томского политехнического университета. - 2011. - Т. 319. - №1. - С. 123-130.

Берман Л.Б., Жабрев И.П., Рыжик В.М., Юдин В.А. Фильтрационные модели неоднородных газовых залежей // НТО Сер. Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений. – М.: Изд. ВНИИЭгазпром, 1983. - N4. - С. 26-32

Берман Л.Б., Нейман В.С. Исследование газовых месторождений и ПХГ методами промысловой геофизики. - М.: Недра, 1972. - 216 с.

Евик В.Н., Варягов С.А., Павлюкова И.В., Смирнов Ю.Ю. Мониторинг геологической среды при эксплуатации Щелковского подземного хранилища газа // Нефть и газ. - 20 апреля 2009 г. Neftegaz. RU.

Зубарев С.А. Развитие технологий мониторинга за объектом подземного хранения газа (на примере Центрального ПХГ) // Автореферат дис. ... канд. техн. наук. - Ухта, 2010. - 24 с.

Калиниченко И.В. Экспериментальное моделирование изменения деформационных и емкостных свойств пористых коллекторов в связи с эксплуатацией подземных хранилищ газа // Диссертация ... канд. геол.-минер. наук: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. - Москва, 2009. - 208 с.

Кольчицкая Т.Н., Михайлов Н.Н. Поведение глинистых пород при циклических нагрузках // Геология нефти и газа. - 2000. - №2. - С. 52-55.

Обухов О.К. Изучение выдержанности коллектора в связи с его неоднородностью для целей разработки месторождений // Тр. КФ ВНИИ. - М.: Гостоптехиздат, 1964. - №14. - С. 67-76.

Пулькина Н.Э., Зимина С.В. Изучение неоднородности продуктивных пластов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 79 с.

Семенов Е.О. Особенности формирования и оценка коллекторских и экранирующих свойств терригенных пород при создании подземных хранилищ газа в водоносных пластах // Автореферат дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Москва, 2010. - 24 с.

Семин Е.И. Геологическая неоднородность пластов и некоторые способы ее изучения // Труды ВНИИ. - 1962. - №34. - С. 3-43.

Яковлева Н.В. Совершенствование методов мониторинга параметров подземных

хранилищ газа с целью предотвращения осложнений при эксплуатации // Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – Москва, 2005. – 24 с.

Яковлева Н.В., Лурье М.В., Дидковская А.С. Увеличение доли буферного газа в ПХГ как эффективное средство предотвращения разрушения порового коллектора // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2004. - №3/4. - С.65-67.

Hewett T.A., Behrens R.A. Conditional simulation of reservoir heterogeneity with fractals. SPE Form. Eval. 1990. N. P.217–225. DOI: <https://doi.org/10.2118/18326-PA>

Study on Underground Gas Storage in Europe and Central Asia. United Nations Publication. Geneva. 2013. 116 pp.

Underground gas storage in the world. EXECUTIVE SUMMARY. - 2013. - <http://www.enerdata.net/>

Feyzullayev A.A.

Institute of Geology and Geophysics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

Gojayev A.G.

Department of underground gas storage operation Industrial Union «Azneft» of State Oil Company of Azerbaijan Republik (SOCAR), Baku, Azerbaijan

Ismaylova G.G., Mirzoyeva D.R.

Institute of Geology and Geophysics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

ANALYSIS INFLUENCE OF THE RESERVOIR LITHOFACIAL HETEROGENEITY OF THE OPERATING MODE OF THE UNDERGROUND GAS STORAGE GALMAS (AZERBAIJAN)

In the paper analyzes of the monitoring results of the operational parameters of the Galmas underground gas storage, created in the same-named depleted gas-condensate field of Azerbaijan is given. The object of gas storage is the terrigenous rocks of the Lower Pliocene age - the Productive series. The generalization of the results of the executed studies allows to conclude that in the operation mode of the Galmas underground gas storage, along with technical and technological, there are certain geological problems associated with the spatial heterogeneity of the lithological composition of the rocks and its capacity-filtration features.

Keywords: *underground gas storage, lithofacial heterogeneity, capacity-filtration feature, injection and extraction of gas, depleted gas condensate field Galmas, Azerbaijan.*

References

Belozerov V.B. *Vliyanie fatsial'noy neodnorodnosti terrigennykh kollektorov na razrabotku zalezhey uglevodorodov* [Influence of facial granulometry of terrigenous reservoirs on the development of hydrocarbon deposits]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2011, vol. 319, no.1, pp. 123-130.

Berman L.B., Neiman V.S. *Issledovanie gazovykh mestorozhdeniy i PKhG metodami promyslovy geofiziki* [Study of gas deposit and UGS by methods of petroleum geophysics]. Moscow, Nedra, 1972, 216 p.

Berman L.B., Zhabrev I.P., Ryzhik V.M., Yudin V.A. *Fil'tratsionnye modeli neodnorodnykh gazovykh zalezhey* [Filtration models of heterogeneous gas deposits]. NTO Ser. Razrabotka i ekspluatatsiya gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdeniy, Moscow, Izd. VNIIEgazprom, 1983, no. 4, pp. 26-32.

Evik V.N., Varyagov S.A., Pavlyukova I.V., Smirnov Y.Y. *Monitoring geologicheskoy sredy pri ekspluatatsii Shchelkovskogo podzemnogo khranilishcha gaza* [Monitoring of the geological environment during the operation of the Shchelkovo underground gas storage]. *Neftgaz.RU*, 20 aprelya 2009 g.

Hewett T.A., Behrens R.A. Conditional simulation of reservoir heterogeneity with fractals. *SPE Form. Eval.* 1990, pp. 217–225. DOI: <https://doi.org/10.2118/18326-PA>

Kalinichenko I.V. *Ekspierimental'noe modelirovanie izmeneniya deformatsionnykh i emkostnykh svoystv poristyykh kollektorov v svyazi s ekspluatatsiey podzemnykh khranilishch gaza* [Experimental modeling of the change in deformation and capacity properties of porosity reservoir in connection with the operation of underground gas storage facilitie]. *Dissertatsiya ... kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk*, Moskovskiy gosudarstvennyy universitet imeni M.V. Lomonosova, Moscow, 2009, 208 p.

Kol'chitskaya T.N., Mikhaylov N.N. *Povedenie glinistyykh porod pri tsiklicheskikh nagruzkakh* [Behavior of clay rocks under cyclic loads]. *Geologiya nefi i gaza*, 2000, no. 2, pp. 52-55.

Obukhov O.K. *Izuchenie vyderzhannosti kollektora v svyazi s ego neodnorodnost'yu dlya tseley razrabotki mestorozhdeniy* [Study of the behavior of the reservoir due to its heterogeneity for

the purpose of developing deposits]. Trudy KF VNII, Moscow, Gostoptekhizdat, 1964, no.14, pp. 67-76.

Pul'kina N.E., Zimina S.V. *Izuchenie neodnorodnosti produktivnykh plastov* [Study of reservoir heterogeneity]. Tomsk, Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2012, 79 p.

Semenov E.O. *Osobennosti formirovaniya i otsenka kollektorskiikh i ekraniruyushchikh svoystv terrigennykh porod pri sozdanii podzemnykh khranilishch gaza v vodonosnykh plastakh* [Features of the formation and assessment of reservoir and sealing properties of terrigenous rocks in the creation of underground gas storage facilities in aquifers]. Avtoreferat dissertatsii ... kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk, Moscow, 2010, 24 p.

Semin E.I. *Geologicheskaya neodnorodnost' plastov i nekotorye sposoby ee izucheniya* [Geological heterogeneity of stratum and some ways of research it]. Trudy VNII, 1962, no.34, pp. 3-43.

Study on Underground Gas Storage in Europe and Central Asia. United Nations Publication. Geneva. 2013. 116 p.

Underground gas storage in the world. EXECUTIVE SUMMARY. 2013. <http://www.enerdata.net/>

Yakovleva N.V. *Sovershenstvovanie metodov monitoringa parametrov podzemnykh khranilishch gaza s tsel'yu predotvrashcheniya oslozhneniy pri ekspluatatsii* [Improvement of methods for monitoring the parameters of underground gas storages in order to prevent difficulties during operation]. Avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk, Moscow, 2005, 24 p.

Yakovleva N.V., Lur'e M.V., Didkovskaya A.S. *Uvelichenie doli bufernogo gaza v PKhG kak effektivnoe sredstvo predotvrashcheniya razrusheniya porovogo kollektora* [Increasing the proportion of buffer gas in UGS as an effective means of preventing the destruction of the pore collector]. Upravlenie kachestvom v neftegazovom komplekse, 2004, no. 3/4, pp.65-67.

Zubarev S.A. *Razvitie tekhnologiy monitoringa za ob'ektom podzemnogo khraneniya gaza (na primere Tsentral'nogo PKhG)* [Development of monitoring technologies for the underground gas storage facility (Based on the example of Central UGS)]. Avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk, Ukhta, 2010, 24 p.

© Фейзуллаев А.А., Годжаев А.Г., Исмаилова Г.Г., Мирзоева Д.Р., 2017