DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-1-9-18
УДК 622.279:553

Д.В. Гришин (ООО «Газпром ПХГ», г. Москва, Российская Федерация),
А.Г. Губайдуллин (Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация), **С.В. Позднухов** (ООО «Газпром ПХГ», г. Москва,
Российская Федерация), **А.И. Пономарёв** (Уфимский государственный нефтяной
технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН С ОТКРЫТЫМ ЗАБОЕМ НА ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩАХ ГАЗА В НЕУСТОЙЧИВЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

Dmitriy V. Grishin (Gazprom UGS LLC, Moscow, Russian Federation),
Azat G. Gubaydullin (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa,
Russian Federation), **Sergey V. Pozdnukhov** (Gazprom UGS LLC, Moscow,
Russian Federation), **Aleksandr I. Ponomarev** (Ufa State Petroleum
Technological University, Ufa, Russian Federation)

GEOMECHANICAL JUSTIFICATION OF WELL CONSTRUCTION IMPROVEMENT WITH AN OPEN BOTTOM AT UNDERGROUND GAS STORAGES IN UNSTABLE RESERVOIR

Введение

Рассмотрены особенности эксплуатации скважин подземных хранилищ газа, созданных в водоносных пластах с неустойчивыми коллекторами. Показана актуальность обеспечения устойчивости околоскважинной зоны и предупреждения пескопроявлений.

Цели и задачи

Целью исследования является геомеханическое обоснование технологических мероприятий по реконструкции забоя скважин, направленных на повышение технико-экономических показателей эксплуатации подземных хранилищ газа и снижения пескопроявлений. Ключевым геолого-техническим мероприятием комплексной технологии реконструкции забоя скважин подземных хранилищ газа в неустойчивых коллекторах является расширение открытого забоя скважин.

Background

The features of the operation of wells in underground gas storages in water-bearing layers are considered. The urgency of ensuring stability of the bottom-hole formation zone and prevention of sand production is shown.

Aims and Objectives

The aim of the study is the geomechanical justification of technological actions for well bottom reconstruction directed to increase in technical and economic indexes of underground gas storages exploitation and decrease of sand production. A key geological and technical action of complex technology of well bottom reconstruction of underground gas storages in unstable reservoir is the well bottom expansion.

Результаты

Выполнено исследование напряженного состояния призабойной зоны пласта вертикальной скважины по данным Касимовского подземного хранилища газа. Моделирование напряженного состояния горной породы выполнялось в условиях гравитационного поля напряжений в массиве горных пород с учетом нелинейной фильтрации газа по двухчленному закону при допущении плоской деформации горной породы. Определено распределение напряжений в призабойной зоне пласта в условиях стандартного и расширенного диаметров открытого забоя вертикальной газовой скважины. С применением критерия прочности Мора-Кулона определены значения радиусов зон пластического течения горной породы в призабойной зоне пласта до и после реконструкции забоя скважины и проведена их сравнительная оценка. Установлено, что при расширении диаметра открытого забоя скважины в 2 раза происходит уменьшение в 2,6 раза ширины области пластического течения горной породы в призабойной зоне пласта, что, в свою очередь, повышает ее устойчивость.

Таким образом, с позиции механики горных пород обосновано расширение диаметра открытого забоя газовой скважины в интервале пласта-коллектора, входящее в комплексную технологию реконструкции вертикальных скважин подземных хранилищ газа в водоносных пластах, предложенную ранее одним из авторов.

Results

The research of a stressed state of the bottom-hole formation zone of the vertical well according to the Kasimovskoye Underground Gas Storage is executed. Rock stressed state model was carried out in the conditions of gravitational stress field in the rocks massif taking into account of gas nonlinear filtration under the binomial law at assumption of the plane deformation. The stress distribution in a bottom-hole formation zone in the conditions of standard and expanded diameters of open bottom of the vertical gas well is defined. With use of the Mohr-Coulomb criterion of strength defined values of radius of the rock plastic flow zone in the bottom-hole reservoir zone before and after well bottom reconstruction and their comparative assessment is also carried out. It is established that at twice expansion of well bottom diameter decrease by 2.6 times of width of rock plastic flow area in a bottom-hole formation zone increases its stability.

Thus, expansion of open bottom diameter of the gas well in the productive layer interval had justify from rocks mechanics position. Such expansion is entering in the complex technology of vertical well reconstruction on underground gas storages in water-bearing reservoirs offered earlier by one of authors.

Ключевые слова: подземные хранилища газа, устойчивость призабойной зоны скважины, пескопроявления, нелинейная фильтрация газа, вертикальная скважина, расширение ствола скважины, открытый забой скважины

Key words: underground gas storages, bottom-hole formation zone stability, sand production, gas nonlinear filtration, vertical well, well bottom expansion, open bottom of the well

В Российской Федерации функционирует развитая система подземного хранения газа (ПХГ), которая выполняет следующие функции: регулирование сезонной и суточной неравномерности газопотребления; регули-

рование неравномерности экспортных поставок газа; обеспечение подачи газа в случае нештатных ситуаций в единой системе газоснабжения (ЕСГ); создание и хранение долгосрочных резервов газа на случай форс-

мажорных обстоятельств при добыче или транспортировке газа. Подземные хранилища газа являются неотъемлемой частью Единой системы газоснабжения России и расположены в основных районах потребления природного газа [1].

Значительная доля ПХГ создана в водоносных структурах с неустойчивыми коллекторами, что обуславливает при их эксплуатации наличие таких осложнений, как пескопроявления, которые происходят вследствие разрушения пород под действием поля горного давления и фильтрационного напора при определенном градиенте давления в призабойной зоне пласта (ПЗП) [2]. Вынос частиц из пласта приводит к нарушению устойчивости горных пород в призабойной зоне пласта, к обвалу пород и кавернообразованию, образованию песчаных пробок в обсаженном стволе скважины, а впоследствии к деформациям эксплуатационных колонн, эрозионному износу металла труб и скважинного оборудования [3, 4]. Проблема разрушения ПЗП скважин на ПХГ в неустойчивых коллекторах особенно проявляется при максимальных депрессиях на пласт в период пиковых отборов газа. Механические характеристики горных пород, оборудование забоев скважин и технологические режимы их эксплуатации оказывают определяющее влияние на состояние призабойных зон пласта [3, 5-7]. При больших депрессиях и соответствующих им градиентах давления на стенке забоя скважины давление горных пород передается на скелет пласта-коллектора, что приводит к вязкоупругопластическим деформациям слабосцементированной породы и ее разрушению [3].

Результаты исследований ряда авторов показали, что при эксплуатации скважин, ПЗП которых представлены слабосцементированными песчаниками, подверженными интенсивным разрушениям, на забой скважины поступает значительное количество твердых фракций. Как правило, это частицы разрушающегося пласта-коллектора (песок), продукты износа обсадной колонны, фракции глинистого раствора и др. [3, 5, 8, 9].

Среди других причин выноса песка различными авторами выделяются следующие:

глубина залегания пласта и величина пластового давления; величина депрессии при эксплуатации скважины; обводненность добываемой продукции и минерализация пластовых вод; физико-механические свойства горной породы и др. [8].

Основная гипотеза возникновения пескопроявления, принятая многими исследователями, связана с напряжённо-деформированным состоянием горной породы в ПЗП. Вынос песка в скважину обусловлен разрушением ПЗП вследствие возникновения напряжений в породе при фильтрации пластовой жидкости (газа, воды и их смесей) [3, 4, 6, 10]. Разрушение ПЗП происходит при условии превышения напряжениями предела прочности горной породы.

Пескопроявления вызывают следующие потенциально опасные дорогостоящие осложнения [10]:

- снижение дебитов из-за образования песчаных пробок;
- нарушение целостности обсадных колонн;
- перекрытие интервала перфорации;
- абразивный износ подземного и наземного оборудования скважин и систем сбора и подготовки газа (трубопроводов, запорной арматуры, сепарационного оборудования);
- возникновение необходимости очистки газа от песка и его утилизация.

Традиционно при эксплуатации скважин в неустойчивых коллекторах применяются различные методы борьбы с пескопроявлениями (широко рассмотренные в научнотехнической литературе), и в том числе выбирается конструкция забоя и технологический режим эксплуатации скважин [1, 3, 6].

В работах [1, 7, 11, 12] предложены комплексные технологические мероприятия и технические средства реконструкции действующих скважин ПХГ, эксплуатируемых в водоносных пластах. Одним из важных этапов такой реконструкции является расширение ствола скважины в интервале пласта-коллектора.

С целью геомеханического обоснования принятых технологических решений выполним расчет напряженного состояния ПЗП

вертикальной скважины ПХГ. Для приближенного решения данной задачи использована пороупругая модель пласта-коллектора при нелинейном притоке газа по двучленному закону и допущении плоской деформации

горной породы в условиях гравитационного поля напряжений в массиве горных пород. Расчетная схема данной задачи представлена на рисунке 1.

Рисунок 1. Расчетная схема напряженного состояния горных породы в околоскважинной зоне пласта-коллектора ПХГ

Для расчета напряжений в ПЗП вертикальной скважины (ВС) применялись следующие соотношения, приведенные в работе [10]:

$$\sigma_r(r) = \frac{2vp_r + \beta p_{пл}(1-2v) - (0,5-v)\beta\alpha}{2(1-v)} \left(1 - \frac{R_c^2}{r^2}\right) + \frac{R_c^2}{r^2} p_c + \left(\frac{R_c}{r^2} - \frac{1}{r}\right)\beta b \frac{(1-2v)}{2(1-v)} + \frac{(1-2v)}{2(1-v)}\beta \left[p(r) - \frac{R_c^2}{r^2} p_c\right], \quad (1)$$

$$\sigma_\theta(r) = \frac{2vp_r + \beta p_{пл}(1-2v) - (0,5-v)\beta\alpha}{2(1-v)} \left(1 - \frac{R_c^2}{r^2}\right) - \frac{R_c^2}{r^2} p_c - \left(\frac{R_c}{r^2} - \frac{1}{r}\right)\beta b \frac{(1-2v)}{2(1-v)} + \frac{(1-2v)}{2(1-v)}\beta \left[p(r) + \alpha + \frac{R_c^2}{r^2} p_c + \frac{b}{2}\right], \quad (2)$$

$$\sigma_z(r) = p_r + \frac{(1-2v)}{2(1-v)}\beta [p(r) - p_{пл}], \quad (3)$$

где σ_r - радиальное напряжение в горной породе;

σ_θ - тангенциальное напряжение в горной породе;

σ_z - осевое напряжение в горной породе;

β - коэффициент, характеризующий отношение сжимаемостей пласта и материнской породы;

ν - коэффициент Пуассона горной породы;

p_r - горное давление;

p_c - забойное давление;

$p(r)$ - давление газа на радиальном расстоянии r от центра скважины.

Для определения радиуса зоны пластического течения горной породы в ПЗП запишем условие прочности Кулона-Мора [10]:

$$\sigma_1 - p(r) = 2C \times \operatorname{tg}(a) + (\sigma_3 - p(r)) \times \operatorname{tg}^2(a), \quad (4)$$

где σ_1 - максимальное главное напряжение;

σ_3 - минимальное главное напряжение;

C - сцепление горной породы;

a - угол разрушения горной породы.

Распределение напряжений в ПЗП вертикальной скважины, рассчитанное по исход-

ным данным Касимовского ПХГ, приведено в таблице 1.

В расчетах в качестве напряжения σ_1 применено осевое напряжение σ_z , а в качестве напряжения σ_3 - радиальное напряжение σ_r .

Давление $p(r)$ и градиент давления dp/dr определялись по известным соотношениям теории нелинейной фильтрации газа [13, 14].

На рисунках 2 и 3 приведены распределения напряжений в ПЗП вертикальной скважины Касимовского ПХГ при дебите 250 тыс. м³/сут для открытых забоев скважин стандартного и расширенного диаметров в интервале пласта-коллектора. Как следует из анализа рисунков 2 и 3, по мере удаления от оси скважины радиальные и тангенциальные напряжения в горной породе возрастают до некоторого предела и далее на определенном расстоянии от забоя стабилизируются.

Радиус зоны пластического течения горной породы в ПЗП определяется из условия Кулона-Мора на пересечении графиков левой и правой частей уравнения (4), как показано на рисунках 4 и 5.

Таблица 1. Исходные данные для геомеханического моделирования вертикальной скважины Касимовского ПХГ в интервале пласта-коллектора

Параметр	Единица измерения	Значение
Диаметр скважины до расширения	м	0,205
Диаметр скважины после расширения	м	0,430
Радиус контура дренирования	м	300
Проницаемость	Д	3,7
Плотность газа при нормальных условиях	кг/м ³	0,69
Коэффициент отношения сжимаемостей пласта и материнской породы	б/р	0,9
Пластовое давление	МПа	11,3
Горное давление	МПа	18,7
Боковое горное давление	МПа	7,27
Температура пластовая	К	303
Толщина пласта	м	10
Сцепление горной породы	МПа	1
Угол разрушения горной породы	град	60
Динамическая вязкость газа	Па·с	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Коэффициент сверхсжимаемости газа	б/р	0,8
Коэффициент инерционных потерь	б/р	3
Дебит до расширения ствола	м ³ /сут	250000
Дебит после расширения ствола	м ³ /сут	950000

Рисунок 2. Распределение напряжений в ПЗП вертикальной скважины Касимовского ПХГ при диаметре открытого забоя 0,205 м и дебите 250 тыс. м³/сут

Рисунок 3. Распределение напряжений в ПЗП вертикальной скважины Касимовского ПХГ при диаметре открытого забоя скважины 0,430 м и дебите 250 тыс. м³/сут

Рисунок 4. Определение радиуса зоны пластического течения горной породы в ПЗП вертикальной скважины Касимовского ПХГ диаметром открытого забоя 0,430 м и дебитом 250 тыс. м³/сут

Рисунок 5. Определение радиуса зоны пластического течения горной породы в ПЗП вертикальной скважины Касимовского ПХГ диаметром открытого забоя 0,430 м и дебитом 950 тыс. м³/сут

В таблице 2 представлены результаты расчетов зоны пластического течения горной породы в ПЗП вертикальной скважины Касимовского ПХГ в условиях до и после реконструкции (расширения) открытого забоя скважины.

Таблица 2. Результаты расчетов зоны пластического течения горной породы в ПЗП ВС Касимовского ПХГ

R_c , м	Q , м ³ /сут	dp/dr при $r = R_c$, МПа/м	R_n , м	$R_n - R_c$, м
0,1025	250000	1,7047	0,3417	0,2392
0,2150	250000	0,7705	0,3417	0,0917
0,1025	950000	8,2898	0,3417	0,2392
0,2150	950000	3,3415	0,3417	0,0917

Вывод

Как показали результаты расчетов, при расширении открытого забоя вертикальной скважины ширина области пластического течения горной породы в ПЗП уменьшается в 2,6 раза, что повышает устойчивость ПЗП.

Это позволяет сделать вывод об обоснованности комплексной технологии реконструкции скважин ПХГ [12].

Список литературы

1. Васильев В.А., Гришин Д.В., Голод Г.С. и др. Теория и практика эксплуатации подземных хранилищ газа в условиях разрушения пласта-коллектора. М.: ТПС Принт, 2016. 264 с.
2. Врачев В.В., Шафаренко Е.Н., Шустров В.П. и др. Пескопроявление при эксплуатации ПХГ // Газовая промышленность. 1999. № 11. С. 62.
3. Зотов Г.А., Динков А.В., Черных В.А. Эксплуатация скважин в неустойчивых коллекторах. М.: Недра, 1987. 172 с.
4. Гасумов Р.А., Варягов С.А., Серебряков Е.П., Бекетов С.Б., Минликаев В.З., Афанасьев А.В. Причины разрушения неустойчивых коллекторов и способы удаления песчаных пробок из скважин // Проблемы капитального ремонта скважин и эксплуатации ПХГ: сб. науч. тр. СевКавНИПИгаз. Ставрополь: РИЦ ООО «СевКавНИПИгаз», 2001. Вып. 34. С. 5-13.
5. Сьюмен Д., Эллис Р., Снайдер Р. Справочник по контролю и борьбе с пескопроявлениями в скважинах: пер. с англ. / Пер. и ред. под ред. М.А. Цайгера. М.: Недра, 1986. 176 с.
6. Ашрафьян М.О., Лебедев О.А., Саркисов Н.М. Совершенствование конструкции забоев скважин. М.: Недра, 1987. 156 с.
7. Гришин Д.В., Никитин Р.С., Васильев В.А., Гунькина Т.А. Обоснование технологического режима работы скважины в условиях пескопрояв-

References

1. Vasil'ev V.A., Grishin D.V., Golod G.S. i dr. *Teoriya i praktika ekspluatatsii podzemnykh khranilishch gaza v usloviyakh razrusheniya plasta-kollektora* [Theory and Practice of Underground Gas Storages Exploitation in Reservoir Destruction Conditions]. Moscow, TPS Print Publ., 2016. 264 p. [in Russian].
2. Vrachev V.V., Shafarenko E.N., Shustrov V.P. et al. *Peskoproavlenie pri ekspluatatsii PKhG* [Sand Display during UGS Operation]. *Gazovaya promyshlennost' - Gas Industry*, 1999, No. 11, pp. 62. [in Russian].
3. Zotov G.A., Dinkov A.V., Chernykh V.A. *Ekspluatatsiya skvazhin v neustoichivykh kolektorakh* [Operation of Wells in Unstable Reservoirs]. Moscow, Nedra Publ., 1987. 172 p. [in Russian].
4. Gasumov R.A., Varyagov S.A., Serebryakov E.P., Beketov S.B., Minlikaev V.Z., Afanas'ev A.V. *Prichiny razrusheniya neustoichivykh kolektorov i sposoby udaleniya peschanykh probok iz skvazhin* [Causes of Destruction of Unstable Reservoirs and Methods for Removing Sand Plugs from Wells]. *Sbornik nauchnykh trudov SevKavNIPigaz «Problemy kapital'nogo remonta skvazhin i ekspluatatsii PKhG»* [Collection of Scientific Works of SevKavNIPigaz «Problems of Well Overhaul and Operation of Underground Gas Storage»]. Stavropol',

ления // Газовая промышленность. 2016. № 2 (734). С. 80-82.

8. Тананыхин Д.С., Петухов А.В., Сюзев О.Б. Химические методы предупреждения пескопроявления и крепления слабосцементированных коллекторов при разработке нефтяных и газовых месторождений // Нефтегазовое дело. 2012. Т. 10. № 1. С. 16-21.

9. Тагиров К.М., Лобкин А.Н., Долгов С.В. Ликвидация песчаных пробок в газовых скважинах // Газовая промышленность. 1983. № 12. С. 18-19.

10. Пятахин М.В. Геомеханические проблемы при эксплуатации скважин. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2011. 266 с.

11. Гришин Д.В., Голод Г.С., Никитин Р.С., Васильев В.А., Гунькина Т.А. Определение оптимальной степени увеличения диаметра ствола скважины // Газовая промышленность. 2016. № 4. С. 55-58.

12. Гришин Д.В. Технология повышения производительности скважин методом совершенствования характера вскрытия пласта // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. Вып. 1 (111). С. 17-26.

13. Мирзаджанзаде А.Х., Кузнецов О.Л., Басниев К.С., Алиев З.С. Основы технологии добычи газа. М.: Недра, 2003. 880 с.

14. Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Каневская Р.Д., Максимов В.М. Подземная гидромеханика. Ижевск: ИКИ, 2006. 488 с.

RITs ООО «SevKavNIPGaz», 2001, Issue 3, pp. 5-13. [in Russian].

5. Sewman D., Ellis R., Snaider R. *Spravochnik po kontrolyu i bor'be s peskoproyavleniyami v skvazhinakh: per. s angl.* [Guide to Sands Display Control in Wells: Transl. from Engl.]. Translated and Edited by M.A. Tsaiger. Moscow, Nedra Publ., 1986. 176 p.

6. Ashrafyan M.O., Lebedev O.A., Sarkisov N.M. *Sovershenstvovanie konstruktssii zaboev skvazhin* [Improving the Bottom Hole Design]. Moscow, Nedra Publ., 1987. 156 p. [in Russian].

7. Grishin D.V., Nikitin R.S., Vasil'ev V.A., Gun'kina T.A. Obosnovanie tekhnologicheskogo rezhima raboty skvazhiny v usloviyakh peskoproyavleniya [Justification of the Technological Mode of Operation of the Well in Terms of Sand Displaying]. *Gazovaya promyshlennost' - Gas Industry*, 2016, No. 2 (734), pp. 80-82. [in Russian].

8. Tananykhin D.S., Petukhov A.V., Syuzev O.B. Khimicheskie metody preduprezhdeniya peskoproyavleniya i krepleniya slabostsementirovannykh kollektorov pri razrabotke neftyanykh i gazovykh mestorozhdenii [Prevention of Sand-Related Problems and Consolidation of Slightly Cemented Reservoir by Chemical Methods during the Development of Oil and Gas Fields]. *Neftegazovoe delo - Petroleum Engineering*, 2012, Vol. 10, No. 1, pp. 16-21. [in Russian].

9. Tagirov K.M., Lobkin A.N., Dolgov S.V. Likvidatsiya peschanykh probok v gazovykh skvazhinakh [Elimination of Sand Plugs in Gas Wells]. *Gazovaya promyshlennost' - Gas Industry*, 1983, No. 12, pp. 18-19. [in Russian].

10. Pyatakhin M.V. *Geomekhanicheskie problemy pri ekspluatatsii skvazhin* [Geomechanical Problems in Wells Operation]. Moscow, Gazprom VNIIGAZ Publ., 2011. 266 p. [in Russian].

11. Grishin D.V., Golod G.S., Nikitin R.S., Vasil'ev V.A., Gun'kina T.A. Opredelenie optimal'noi stepeni uvelicheniya diametra stvola skvazhiny [Finding Optimum Well Hole Diameter Degree of Extension]. *Gazovaya promyshlennost' - Gas Industry*, 2016, No. 4, pp. 55-58. [in Russian].

12. Grishin D.V. Tekhnologiya povysheniya proizvoditel'nosti skvazhin metodom sovershenstvovaniya kharaktera vskrytiya plasta [Technology of Increase of Well Capacity by Method of Improving the Formation Exposing Character]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2018, Issue 1 (111), pp. 17-26. [in Russian].

13. Mirzadzhanzade A.Kh., Kuznetsov O.L., Basniev K.S., Aliev Z.S. *Osnovy tekhnologii dobychi gaza* [Basics of Gas Production Technology]. Moscow, Nedra Publ., 2003. 880 p. [in Russian].

14. Basniev K.S., Dmitriev N.M., Kanevskaya R.D., Maksimov V.M. *Podzemnaya gidromekhanika* [Underground Fluid Mechanics]. Izhevsk, IKI Publ., 2006. 488 p. [in Russian].

Авторы

• Гришин Дмитрий Валерьевич
ООО «Газпром ПХГ»
Заместитель Генерального директора - главный инженер
Российская Федерация, 117420, г. Москва,
ул. Наметкина, д. 12А
e-mail: D.Grishin@phg.gazprom.ru

• Губайдуллин Азат Гумарович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Ассистент кафедры «Машины и оборудование
нефтегазовых промыслов»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: azat771989@mail.ru

• Позднухов Сергей Владимирович
ООО «Газпром ПХГ»
Начальник геологического отдела
Российская Федерация, 117420, г. Москва,
ул. Наметкина, д. 12А
e-mail: S.Pozdnukhov@phg.gazprom.ru

• Пономарёв Александр Иосифович, д-р техн.
наук, профессор
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Заведующий кафедрой «Разработка
и эксплуатация газовых
и нефтегазоконденсатных месторождений»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: kafedrargkm@mail.ru

The Authors

• Dmitriy V. Grishin
Gazprom UGS LLC
Deputy General Director - Chief Engineer
12A, Nametkina str., Moscow, 117420,
Russian Federation
e-mail: D.Grishin@phg.gazprom.ru

• Azat G. Gubaydullin
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant of Oil and Gas Fields Machinery
and Equipment Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: azat771989@mail.ru

• Sergey V. Pozdnukhov
Gazprom UGS LLC
Head of Geological Department
12 A, Nametkina str., Moscow, 117420,
Russian Federation
e-mail: S.Pozdnukhov@phg.gazprom.ru

• Aleksandr I. Ponomarev, Doctor of Engineering
Sciences, Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Head of Oil and Oil & Gas Condensate Field
Development and Operation
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: kafedrargkm@mail.ru