**2.3 Физико-химические свойства и состав пластовых жидкостей и газов эксплуатационных объектов**

***2.3.1 Свойства и состав нефти в пластовых условиях***

В целом по месторождению в пластовых условиях отобрано 9 проб из скв. № 1, 10, 11, 23, 42, 32, 70, 71 по горизонту Ю-I.

Результаты анализов в пластовых и в поверхностных условиях приведены в таблице 2.3.1 и 2.3.2.

**Пластовая нефть Ю-I продуктивного горизонта** в целом исследована 8 пробами из скважин №№1, 10, 11, 23, 32, 42 и 71 из них 1 параллельная проба из скв№23 признана непредставительной из-за несоответствия величин пластовых параметров нефти и в данной работе не рассматривается.

Плотность нефти в пластовых условиях варьирует от 757 до 855 кг/мЗ в среднем составляя 811 кг/м3. Величина динамической вязкости в среднем 48,4 мПа\*с. Давление насыщения при Тпл = 28,8°С и Рпл = 6,4 МПа в среднем 2,1 МПа. Газосодержание варьируется от 1,54 до 22,70 мЗ/т, в среднем по горизонту составляя 11,2 м3/т. Значения объемного коэффициента варьируют от 1,018 до 1,290 доли ед., в среднем по горизонту составляя 1,127 доли ед.

Для выявления аномальных параметров пластовой нефти анализировались все фактические материалы. Для оценки аномальных точек по Ю-I горизонту были построены следующие зависимости: газосодержание - давление насыщения (G–Ps), плотность пластовой нефти - газосодержание (ρнпл-G), вязкость пластовой нефти - плотность пластовой нефти (µнпл-ρнпл), рис. 2.3.1 – 2.3.4. По графикам видно, что имеется дифференциация значений параметров по горизонту и к критерию не кондиционных отнесены пробы с низким давлением насыщения и высокой вязкостью. Представительные пробы на графике находится в доверительном интервале, аномальные значения параметров выходят за границей доверительного интервала.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **Рис. 3.3.1 – Зависимость вязкости от плотности пластовой нефти** | **Рис. 3.3.2 – Зависимость давления насыщения от газосодержания** |
|  |  |
| **Рис. 3.3.3 – Зависимость плотности пластовой нефти от газосодержания** | **Рис. 3.3.4 – Зависимость объемного коэффициента от газосодержания** |

***2.3.2 Свойства и состав нефти в поверхностных условиях***

Изучение физико-химических свойств и состава нефти в поверхностных условиях месторождения проведено по 77 пробам, отобранным из 29 скважин, из них по Ю-I продуктивному горизонту - по 67 пробам из 28 скважин.

Плотность нефти Ю-I горизонта в поверхностных условиях в среднем составляя 886 кг/м3. Содержание серы в среднем - 0,4%, смол силикагелевых – 9,6%. Величина концентрации парафина изменяясь от 0,03% до 0,73%, в среднем составляет 0,7%. Кинематическая вязкость нефти в среднем составляет при 20°С – 134,8 мм2/с, при 50°С – 30,7 мм2/с. Содержание светлых фракций, выкипающих при 300°С – 22,6%.

Нефть Ю-I горизонта является тяжелой, малосернистой, смолистой и малопарафинистой.

Плотность нефти Ю-I-1+2 горизонта в поверхностных условиях в среднем составляя 885 кг/м3. Содержание серы в среднем - 0,4%, смол силикагелевых – 10,9 %. Величина концентрации парафина в среднем составляет 0,5 %. Кинематическая вязкость нефти в среднем составляет при 20°С – 131,4 мм2/с, при 50°С – 30,5 мм2/с. Содержание светлых фракций, выкипающих при 300°С – 20,1%.

Нефть Ю-I горизонта является тяжелой, малосернистой, смолистой и малопарафинистой.

Плотность нефти Ю-II горизонта в среднем составляя 884 кг/м3. Величина кинематической вязкости нефти при 20ºС составляет 116,6 мм2/с и при 50ºС – 24,5 мм2/с. Содержание смол, парафина и серы в нефти составляет 7,4, 0,7 и 0,4% соответственно. Содержание светлых фракций, выкипающих при 300ºС, достигает 28,2%.

Нефть Ю-II горизонта является тяжелой, малосернистой, смолистой и малопарафинистой.

***2.3.3 Состав и свойства растворенного газа в нефти***

Состав и свойства растворенного в нефти газа после однократного разгазирования проб нефти изучены по 17 пробам растворённого газа в 15-ти скважинах по Ю-I продуктивному горизонту.

Горизонт Ю-I-1 исследован 15-ю пробами из скважин № 23, 29, 32, 40 , 44, 51, 64, 66, 71, 72. Содержание метана в среднем составляя 89,8 %. Содержание этана в среднем составляя 3,7 %., содержание пропана в среднем составляя 1 %. Азота в газе в среднем – 5,1 %. Плотность газа в среднем 0,735 г/дм3. Величина удельного веса газа по отношению к воздуху в среднем 0,610.

Из совмещенного горизонта Ю-I-1+2 было отобрано 2 пробы из скважин № 67 и 70. Содержание метана в среднем составляя 92,7 %. Содержание этана в среднем составляя 0,1 %., содержание пропана в среднем составляя 0,03 %. Азота в газе в среднем – 6,9 %. Плотность газа в среднем 0,705 г/дм3. Величина удельного веса газа по отношению к воздуху в среднем 0,586.

***2.3.4 Состав попутного и свободного газа***

Анализы свободного газа юрских продуктивных горизонтов месторождения выполнены в ЦЛ ПГО «Гурьевнефтегазгеология» и ЦНИЛ ПГО «Эмбанефть».

На месторождении Жолдыбай Северный изучены 4 пробы свободного газа в 2-х скважинах. Анализами охвачены два продуктивных горизонта: Ю-II и Ю-III.

Анализ газа газовой шапки Ю-II продуктивного горизонта показывает, что он относятся к числу «сухих». В составе преобладает метан, в среднем составляя от 79,8 %. Содержание гомологов метана незначительно, а среди них выделяется этан – до 0,5 %. Характерной особенностью газа является присутствие в его составе значительного количества азота – до 18,8 %. Величина удельного веса газа по отношению к воздуху - 0,636. Подобные сухие газы, как правило, сопровождают тяжелые нефти, которые практически не содержат фракции, выкипающих до 200оС. Как было отмечено выше именно таким составом и свойствами характеризуется нефть месторождения Жолдыбай Северный.

Анализ свободного газа Ю-III продуктивного горизонта показывает, что он также относятся к числу «сухих». В составе преобладает метан, составляя 85,5%. Содержание гомологов метана незначительно, а среди них выделяется этан – 0,6 %. Характерной особенностью газа является присутствие в его составе значительного количества азота – 13,3%. Величина удельного веса газа по отношению к воздуху 0,619.

***2.3.5 Физические свойства и химический состав подземных вод***

В целом по месторождению с начала разработки отобрано 100 проб воды из 45 скважин, опробованных в продуктивных юрских (I и II нефтяные горизонты) на двух блоках (I, II). Подземные воды повсеместно хлоркальциевого типа по Сулину, хлоридно - натриевого состава.

В таблице 2.3.5 приведены диапазоны изменения и средние значения содержания основных ионов в пластовых водах, плотность воды, общая минерализация и рН.

На I блоке пластовые воды I юрского продуктивного горизонта (Ю-I) охарактеризованы 78 пробами воды из 33-х скважин №№ 8, 10, 11, 12, 22, 23, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 41, 43, 44, 46, 48, 53, 64, 66, 67, 72, 76, 1н, 3н, 5н, 6н, 8н, 9н, 12н, 38н. Общая минерализация вод варьирует от 202,9 до 252,5 г/дм3, в среднем составляет 228,7 г/дм3. Плотность воды при 20оС составляет 1,1396-1,1787 г/см3, в среднем 1,1522 г/см3. Среда воды от слабокислой до слабощелочной, рН в среднем равен 6,8, общая жесткость воды варьирует от 277,46 до 479,85 мг-экв/дм3.

Пластовые воды II юрского продуктивного горизонта (Ю-II) представлены одной пробой воды из скважины 63. Общая минерализация вод составляет 246,3 г/дм3. Плотность воды при 20оС составляет 1,1611 г/см3. Среда воды от слабокислая, рН = 6, общая жесткость воды составляет 289,93 мг-экв/дм3.

На II блоке пластовые воды I юрского продуктивного горизонта (Ю-I) охарактеризованы 21 пробой воды из 12-ти скважин №№ 1, 21, 27, 33, 35, 39, 40, 42, 70, 7н, 11н, 39н. Общая минерализация вод варьирует от 219 до 242,9 г/дм3, в среднем составляет 233 г/дм3. Плотность воды при 20оС составляет 1,1425-1,1708 г/см3, в среднем 1,1532 г/см3. Среда воды от слабокислой до слабощелочной, рН в среднем равен 6,8, общая жесткость воды варьирует от 279,94 до 399,91 мг-экв/дм3.

Микрокомпонентный состав вод горизонта Ю-I на двух блоках представлен непромышленным содержанием йода, составляющее 0,16 - 4,18 мг/дм3, бром – от 7,15 до 138,9 мг/дм3.

Пластовые воды II юрского продуктивного горизонта (Ю-II) на I блоке представлены одной пробой воды из скважины №63. Общая минерализация воды составляет 246,3 г/дм3. Плотность воды при 20оС составляет 1,1611 г/см3. Среда воды слабокислая, рН = 6. Общая жесткость воды составляет 289,93 мг-экв/дм3.

В целом по месторождению пластовые воды, изученные в пределах I и II юрских горизонтов почти идентичны по химическому составу и физическим свойствам: крепкие рассолы хлоркальциевого типа, жесткие, III класса.

На момент составления отчета на месторождении после ПИЗ -2023 г была отобрана одна новая проба воды на I блоке из скв № 26.

В дальнейшем, рекомендуется для контроля за изменениями регулярно проводить отбор и исследования проб пластовой воды по всем продуктивным горизонтам месторождения.

**Таблица 2.3.1 – Сравнение свойств пластовой нефти, газа и воды горизонта**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №/№ | Количество | | Диапазон изменения | | Среднее значение |
| скв. | проб |
| **Ю-I** | | | | |
| *а) Нефть* | | | | | |
| Пластовая температура, ºС | 6 | 6 | 26 | 30 | 28.6 |
| Давление насыщения газом, МПа | 6 | 6 | 1.5 | 2.3 | 2.1 |
| Газосодержание, м3/т | 6 | 6 | 6,5 | 20,7 | 11.5 |
| Плотность, кг/м3 | 6 | 6 | 757 | 873 | 832 |
| Вязкость, мПа×с | 6 | 6 | 36,1 | 46,1 | 48.1 |
| Объемный коэффициент, доли ед. | 6 | 6 | 1,021 | 1,290 | 1.091 |
| б) Газ газовой шапки | Нет экспериментальных данных | | | | |
| Давление начала и максимальной конденсации, МПа |  |  |  |  |  |
| Плотность, кг/м3 |  |  |  |  |  |
| Вязкость, мПа×с |  |  |  |  |  |
| Содержание стабильного конденсата, г/м3 |  |  |  |  |  |
| в) Пластовая вода | | | | | |
| в т.ч. сероводорода, м3/т |  |  |  |  |  |
| Общая минерализация, г/л | 44 | 80 | 202,9 | 251,9 | 230,4 |
| Плотность, кг/м3 | 44 | 80 | 1139,6 | 1178,7 | 1152,4 |

**Таблица 2.3.2 – Сравнение физико-химических свойств и фракционного состава разгазированной нефти горизонта**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №/№ | | Кол-во  исследован-ных | | Диапазон изменения | | **Среднее значение** | Кол-во  исследован-ных | | Диапазон изменения | | **Среднее значение** |
| скв. | проб | скв. | проб |
|  | | **Ю - I** | | | | | **Ю-II** | | | | |
| Плотность при 20 °С. кг/м3 | | 27 | 67 | 880 | 888 | **885** | 2 | 2 | 882 | 886 | **884** |
| Кинематическая вязкость при 20°С. мм2/с | | 27 | 67 | 91.7 | 166.7 | **134.8** | 2 | 2 | 112.7 | 120.4 | **116.6** |
| Температура вспышки. °С | | 27 | 61 | 53 | 122 | **88** | 2 | 2 | 70 | 99 | **85** |
| Температура застывания. ºС | | 27 | 62 | -65 |  | **-26** | 1 | 1 | -40 |  | **-40** |
| Массовое содержание. % | серы | 27 | 67 | 0.3 | 1.08 | **0.4** | 2 | 2 | 0.3 | 0.4 | **0.4** |
| парафинов | 10 | 52 | 0.31 | 1.47 | **0.68** | 1 | 1 | 0.7 |  | **0.7** |
| смол силикагелевых | 14 | 21 | 5.4 | 10.74 | **9.52** | 1 | 1 | 7.4 |  | **7.4** |
| асфальтенов | - | - |  |  | **-** | - | - |  |  | **-** |
| Объемный выход фракций. % | нач. кипения. ºС | 26 | 43 | 180 | 255 | **228** | 1 | 1 | 228 |  | **228** |
| до 200 ºС | 3 | 5 | 0.5 | 4 | **2** | 1 | 1 | 1.2 |  | **1.2** |
| до 300 ºС | 27 | 57 | 13 | 45 | **23** | 2 | 2 | 24 | 32.4 | **28.2** |

**Таблица 2.3.3 – Сравнение компонентного состава нефтяного газа, разгазированной и пластовой нефти горизонта, мольное содержание, %**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | **Ю-I** | | | |
| Количество исследованных | | Диапазон изменения | Среднее значение |
| скважин | проб |
| Углекислый газ | 13 | 17 | 0,1-0,31 | 0,20 |
| Азот | 13 | 17 | 3,12-6,87 | 5,19 |
| Метан | 13 | 17 | 84,9-93,6 | 89,4 |
| Этан | 13 | 17 | 0,19-5,94 | 3,94 |
| Пропан | 13 | 17 | 0,1-2,05 | 1,07 |
| ∑ Бутаны | 13 | 17 | 0,01-0,55 | 0,23 |
| C5+высшие | 13 | 17 | 0,01-0,32 | 0,13 |
| Относительная плотность газа по воздуху | 13 | 17 | 0,585-0,630 | 0,613 |

**Таблица 2.3.4 – Сравнение компонентного состава свободного газа горизонта, мольное содержание, %**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** | **Ю-II** | | | | **Ю-III** | | | |
| **Кол-во** | | **Диапазон изменения** | **Среднее значение** | **Кол-во** | | **Диапазон изменения** | **Среднее значение** |
| **скважин** | **проб** | **скважин** | **проб** |
| Углекислый газ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Азот | 1 | 2 | 18,6-18,9 | 18,8 | 1 | 2 | 12,4-14,2 | 13,3 |
| Метан | 1 | 2 | 79,7-79,8 | 79,7 | 1 | 2 | 84,8-86,1 | 85,5 |
| Этан | 1 | 2 | 0,28-0,7 | 0,49 | 1 | 2 | 0,6-0,66 | 0,63 |
| Пропан | - | - | - | - | 1 | 2 | 0,48-0,82 | 0,7 |
| ∑ Бутаны | - | - | - | - | - | - | - | - |
| С5+высшие | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Относительная плотность газа по воздуху | 1 | 2 | - | 0,636 | 1 | 2 | 0,617-0,621 | 0,619 |

**Таблица - 2.3.5 - Содержание ионов и примесей в пластовой воде**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Содержание ионов, мг/дм3 и примесей, мг/дм3** | **Количество исследованных** | | **Диапазон изменения** | **Среднее значение** | **Количество исследованных** | | **Диапазон изменения** | **Среднее значение** | **Количество исследованных** | | **Диапазон изменения** | **Среднее значение** |
| **сква-жин** | **проб** | **сква-жин** | **проб** | **сква-жин** | **проб** |
| **Блок -I. Горизонт Ю-I (I пласт).** | | | | **Блок -II. Горизонт Ю-I (I пласт).** | | | | **Блок -I. Горизонт Ю-II** | | | |
| **Cl-** | 33 | 78 | 123940-154479 | 140038 | 12 | 21 | 133811-148757 | 142654,8 | 1 | 1 | 150538 | 150538 |
| **S04 -2** | 33 | 78 | 0-321 | 7,01 | 12 | 21 | 0-211 | 18,7 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| **НСО3-** | 33 | 78 | 12-122 | 50,63 | 12 | 21 | 24-110 | 50,3 | 1 | 1 | 61 | 61 |
| **Ca2** | 33 | 78 | 2810-6310 | 3760,7 | 12 | 21 | 3006-4008 | 3614,4 | 1 | 1 | 3056 | 3056 |
| **Mg2+** | 33 | 78 | 30-3648 | 2001 | 12 | 21 | 1216-2675 | 1980,2 | 1 | 1 | 1672 | 1672 |
| **Na+ + K+** | 33 | 78 | 73036-93455 | 82750,7 | 12 | 21 | 79959-88451 | 84664,1 | 1 | 1 | 90995 | 90995 |
| **Общее содержание железа** | 33 | 78 | 0-38,08 | 1,57 | 12 | 21 | 0-23,24 | 2,94 | 1 | 1 | - | - |
| **Содержание йода** | 33 | 78 | 0,16-3,49 | 1,82 | 12 | 21 | 0,45-4,18 | 1,38 | 1 | 1 | - | - |
| **Содержание брома** | 33 | 78 | 7,15-175,8 | 82,96 | 12 | 21 | 7,28-61,74 | 32,13 | 1 | 1 | - | - |
| **Содержание сероводорода** | 33 | 78 | - | - | 12 | 21 | - | - | 1 | 1 | - | - |
| **Общая жесткость, мг-экв/дм3** | 33 | 78 | 277,46-479,85 | 352,14 | 12 | 21 | 279,94-399,91 | 343,13 | 1 | 1 | 289,93 | 289,93 |
| **Плотность, г/см3** | 33 | 78 | 1,1396-1,1787 | 1,1522 | 12 | 21 | 1,1425-1,1708 | 1,1532 | 1 | 1 | 1,1611 | 1,1611 |
| **Суммарная минерализация, г/дм3** | 33 | 78 | 202,9-252,5 | 228,6 | 12 | 21 | 219-242,9 | 233 | 1 | 1 | 246,3 | 246,3 |
| **Тип воды** | 33 | 78 | ХК | ХК | 12 | 21 | ХК | ХК | 1 | 1 | ХК | ХК |
| **Примеси** | 33 | 78 | 58 | 58 | 12 | 21 | - | - | 1 | 1 | - | - |
| **pH** | 33 | 78 | 5-8,2 | 6,8 | 12 | 21 | 5,6-7,9 | 6,8 | 1 | 1 | 6 | 6 |