

ТЕХНОЛОГИЯ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПЛАСТОВЫХ ДАВЛЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Семисотова Ольга Сергеевна, ведущий инженер

Филиал ООО "ВолгоградНИПИморнефть" "ЛУКОЙЛ-ИНЖИНИРИНГ"
414014, Российская Федерация, г. Астрахань, пр-т Губернатора Анатолия
Гужвина, 12
E-mail: OSemisotova@lukoilmn.ru

Серебрякова Оксана Андреевна, старший преподаватель

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: geologi2007@yandex.ru

Настоящая работа посвящена анализу некоторых геолого-геофизических параметров, используемых для расчета динамических пластовых давлений на месторождениях шельфа Северного Каспия. Эксплуатационное бурение месторождений шельфа Северного Каспия проводится на принципиально новом технико-технологическом уровне с использованием кустовых наклонно-направленных скважин с горизонтальным окончанием. Для мониторинга разработки месторождений Северного Каспия выполняется ежемесячный расчет динамического пластового давления по формуле S. Joshi на основании характеристик пласта и флюида и переменных промысловых параметров, замеряемых в скважине: дебита скважины и забойного давления. Для анализа физических процессов, происходящих в залежах, необходима полная информация о влияющих на эти процессы факторах. В первую очередь необходимо учитывать длительные остановки скважин. Затем в процессе эксплуатации каждой скважины следует систематизировать информацию для последующей корреляции всех имеющихся данных, которая позволит с достаточной степенью точности выполнить экстраполяции основных параметров разработки месторождения. Режим работы эксплуатационной скважины имеет большое значение при выборе промысловых параметров, используемых для расчета динамического пластового давления. Проблема достоверности математической модели работы эксплуатационных скважин месторождений Северного Каспия сводится к прогнозированию с достаточной степенью точности значений параметров, не измеряемых напрямую, а также выбора оптимального времени для замера промысловых параметров – дебита и забойного давления – в зависимости от режима работы скважины.

Ключевые слова: Северный Каспий, разработка месторождения, эксплуатационная скважина, горизонтальный ствол, дебит скважины, мультифазный расходомер, датчик давления, динамическое пластовое давление, забойное давление, математическая модель, формула Джоши

**GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL PARAMETERS CALCULATE
DYNAMIC RESERVOIR PRESSURES
ON THE NORTH CASPIAN SHELF**

Semisotova Olga S.

Chief Engineer

Branch of "LUKOIL-INZhINIRING" "VolgogradNIPImorneft"

12 Gubernator Anatoliy Guzhvin ave., Astrakhan, 414014, Russian Federation

E-mail: OSemisotova@lukoilmn.ru

Serebryakova Oksana A.

Senior Lecturer

Astrakhan State University

1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation

E-mail: geologi2007@yandex.ru

This work is devoted to analysis of some geological and geophysical parameters used for calculation of the dynamic reservoir pressure of the North Caspian shelf fields. The production drilling of the North Caspian shelf fields use the brand new technological level with cluster directional wells with horizontal completion. To monitor the development of the North Caspian fields are held monthly calculation of dynamic reservoir pressure according to the formula S. Joshi, based on the characteristics of the reservoir and fluid, and variable field parameters measured in the well: the well production rate and bottomhole pressure. For analysis of the physical processes occurring in the deposits required detailed information about influencing on these processes. At first it is necessary to consider the long stop of the wells. Then in the process of operation of each well should organize the information for later correlation of all available data that will allow with sufficient accuracy to perform the extrapolation of the basic parameters of development of the field. The importance in the choice of field parameters used for calculation of the dynamic reservoir pressure, has a mode of operation of production wells. The problem of the reliability mathematical model of the performance of production wells of the North Caspian fields is reduced to predicting with sufficient accuracy the values of the parameters which are not measured directly, but also the optimal time to measure field parameters – flow rate and bottomhole pressure – depending on the mode of operation of the well.

Keywords: North Caspian, field development, production well, horizontal wellbore, well production, multiphase flow meter, pressure sensor, dynamic reservoir pressure, bottomhole pressure, mathematical model, formula Joshi

Эксплуатационное бурение месторождений шельфа Северного Каспия проводится на принципиально новом технико-технологическом уровне с использованием кустовых наклонно-направленных скважин с горизонтальным окончанием [9].

Горизонтальные скважины позволяют увеличить площадь контакта пласта со скважиной, эффективную площадь дренирования, повысить дебиты и приемистость, а также увеличить коэффициент извлечения нефти (КИН) в целом по месторождению [5].

Для оптимального вскрытия коллекторов конструкции скважин должны отвечать специфическим требованиям бурения наклонно-направленных скважин с горизонтальным окончанием. Выполнение этих требований обеспечивает оптимальный режим эксплуатации скважин в период разработки место-

рождений: продолжительный период стабильной добычи нефти и наибольший коэффициент нефтеотдачи за расчетный период [6].

Продолжительность фонтанного периода работы скважин зависит от изменения гидродинамического состояния залежи, ее связи с законтурной областью, режима разработки, уровней отборов флюидов и т.д. Основным критерием является сочетание таких параметров как дебит скважины, забойное давление, обводненность и газовый фактор [1].

В связи с этим для мониторинга разработки месторождений Северного Каспия выполняется ежемесячный расчет динамического пластового давления на основании характеристик пласта и флюида и переменных промысловых параметров, замеряемых в скважине: дебита скважины и забойного давления [9].

Расчет динамического пластового давления производится по формуле S. Joshi (Джоши) [15]:

$$Q = \frac{K_h h \Delta P}{\mu B_o \left\{ \ln \left[\frac{a + \sqrt{a^2 - (L/2)^2}}{L/2} \right] + \frac{\beta h}{L} \ln \frac{\beta h}{(\beta + 1)r_c} + S \right\}}, \quad (1)$$

$$\text{где } a = \frac{L}{2} \left[0,5 + \sqrt{0,25 + \left(\frac{2r_{eh}}{L} \right)^4} \right]^{0,5}; \quad \beta = \sqrt{\frac{K_h}{K_v}};$$

- μ – вязкость жидкости, Па·с;
- r_{eh} – радиус контура питания, м;
- r_c – радиус ствола скважины, м;
- B_o – объемный коэффициент, м³/м³;
- L – длина горизонтального ствола скважины, м;
- S – скин-фактор;
- K_h – горизонтальная проницаемость, мД;
- K_v – проницаемость вертикальная, мД;
- H – эффективная вертикальная толщина, м;
- Q – дебит жидкости, м³/сут;
- $\Delta P = P_{nl} - P_{зab}$ – депрессия скважины, Па;
- P_{nl} – пластовое давление, Па;
- $P_{зab}$ – забойное давление, Па.

Принципиальная схема профиля скважины с основными параметрами, используемыми в формуле (1), приведена на рисунке 1.

Переменными промысловыми параметрами в формуле (1) являются дебит скважины (Q) и забойное давление ($P_{зab}$). Источником этих данных служит сводный документ с указанием дебита жидкости, дебита нефти, дебита газа, газового фактора, забойного давления, диаметра использованного штуцера, часов работы или простоя, данные в который ежедневно вносятся организацией, эксплуатирующей месторождение, и эффективно используются для оперативного мониторинга процесса разработки [11].

Забойное давление измеряется ежедневно с помощью специального датчика, установленного в НКТ [13]. Замер дебита скважины производится также каждый день с помощью мультифазного расходомера, установленного на

уровне скважинной устьевой арматуры. Данный расходомер позволяет проводить замеры не только дебита скважинного флюида, но также его давления, температуры, степени обводненности и газового фактора (рис.).

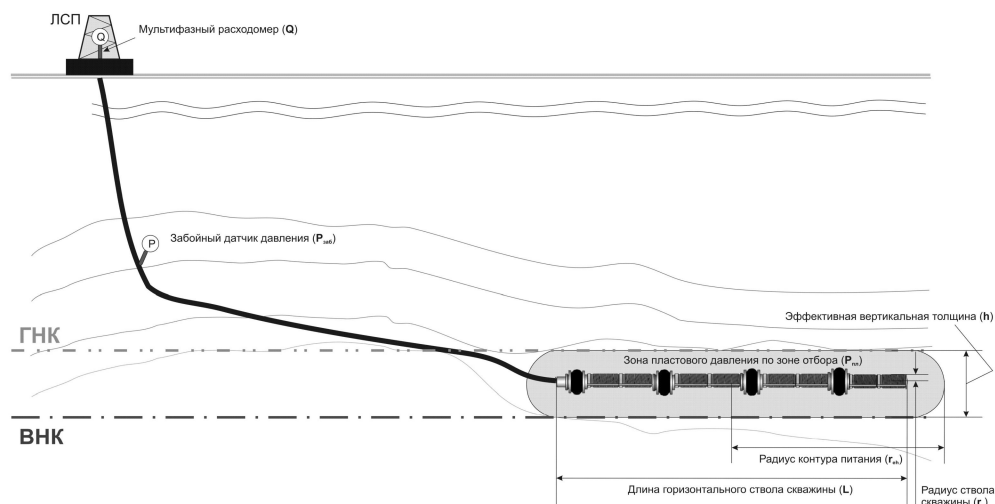


Рис. Схематическое изображение профиля эксплуатационной скважины

Поддержание пластового давления имеет большое значение для обеспечения длительной работы скважин в фонтанном режиме [2]. Это достигается закачкой газа в пласт, благодаря чему увеличивается давление на нефтяную часть залежи. Дебит нефти из скважины определяется размером (диаметром) штуцера. Поэтому в процессе разработки и эксплуатации месторождения выполняются работы по изменению диаметра, регулируя, таким образом, дебиты скважин [7]. Остановки скважин для очистки призабойной зоны влияют на значение газового фактора и, как следствие, на величину пластового давления [3].

Поэтому для анализа физических процессов, происходящих в залежах, необходима полная информация о влияющих на эти процессы факторах [10]. В первую очередь нужно учитывать длительные остановки скважин. Затем в процессе эксплуатации каждой скважины следует систематизировать информацию для последующей корреляции всех имеющихся данных, которая позволит с достаточной степенью точности выполнить экстраполяции основных параметров разработки месторождения.

Режим работы эксплуатационной скважины имеет огромное значение при выборе промысловых параметров, используемых для расчета динамического пластового давления [14]. После остановки скважины или при изменении режима ее работы с помощью смены штуцера, следует выдержать скважину на этом режиме некоторое время перед проведением каких-либо измерений [4]. Это необходимо, чтобы режим работы скважины стал установившимся через некоторое время после возмущения. Продолжительность перехода скважины на установившийся режим зависит от свойств пласта и изменения дебита скважины [12].

Признаками работы скважины в установившемся режиме являются постоянство ее дебита и буферного давления, измеряемых расходомером и манометром. Обычно это время составляет несколько десятков часов.

Для расчетов динамических пластовых давлений на месторождениях шельфа Северного Каспия используются промысловые параметры – дебит и забойное давление, замеренные в скважине, работающей в установившемся режиме. При этом даты замеров параметров по всему фонду скважин должны быть максимально приближены по времени для получения наиболее достоверной базы значений для их корреляции и прогнозирования (экстраполяции) значений динамических пластовых давлений будущих периодов [8].

Таким образом, при расчете динамических пластовых давлений по формуле Джоши используются два типа параметров:

- измеряемые напрямую величины – данные о конструкции скважин, дебит и забойное давление;
- величины, не измеряемые напрямую, а рассчитанные по результатам интерпретации данных ГДИ – фильтрационно-емкостные свойства пласта, физические свойства флюида, скин-фактор и пр.

Поэтому проблема достоверности математической модели работы эксплуатационных скважин месторождений Северного Каспия сводится к прогнозированию с достаточной степенью точности значений параметров, не измеряемых напрямую [9], а также выбора оптимального времени для замера промысловых параметров – дебита и забойного давления – в зависимости от режима работы скважины. С этой целью по мере пополнения базы знаний о динамике работы эксплуатационных скважин и о специфике изменения их основных параметров производится постоянное уточнение математической модели работы скважин.

Список литературы

1. Азиз Х. Математическое моделирование пластовых систем / Х. Азиз, Э. Сеттари. – Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2004. – 416 с.
2. Борисов Ю. П. Разработка нефтяных месторождений горизонтальными и многозабойными скважинами / В. П. Пилатовский, В. П. Табаков. – Москва : Недра, 1964. – 154 с.
3. Кибаленко И. А. Особенности разработки месторождения им. Ю. Корчагина / И. А. Кибаленко, И. Б. Федотов, С. В. Делия // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 32–35.
4. Кульпин Л. Г. Гидродинамические методы исследования нефтегазоводоносных пластов / Л. Г. Кульпин, Ю. А. Мясников. – Москва : Недра, 1974. – 200 с.
5. Куренов М. В. Оборудование для заканчивания горизонтальных скважин при разработке месторождения с горизонтальными скважинами / М. В. Куренов, М. Т. Нухаев // Геология, география и глобальная энергия. – 2014. – № 3 (54). – С. 133–137.
6. Куренов М. В. Современные устройства регулирования притока на горизонтальных скважинах / М. В. Куренов, М. Т. Нухаев // Геология, география и глобальная энергия. – 2014. – № 3 (54). – С. 137–140.
7. Овчинников В. П. Технологии и технологические средства бурения искривленных скважин : учебное пособие для вузов / В. П. Овчинников, М. В. Двойников, Г. Т. Герасимов, А. Ю. Иванцов. – Тюмень : Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2008 – 152 с.
8. Оркин К. Г. Расчеты в технологии и технике добычи нефти / К. Г. Оркин, А. М. Юрчук. – М.: Недра, 1967. – 380 с.
9. Семисотова О. С. Карты изобар для оценки состояния разработки морских месторождений с горизонтальными стволами скважин большой протяженности / О. С. Семисотова, О. А. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2015. – № 1 (56). – С. 42–50.
10. Серебряков О. И. Геолого-экономическая синергетика состава природного сырья и оптимизации работ по освоению ресурсов Каспийского моря / О. И. Серебряков, Т. С. Смирнова // Геология, география и глобальная энергия. – 2007. – № 2 (26). – С. 69.
11. Чижов С. С. Совершенствование методики долгосрочного планирования геолого-разведочных работ на примере акватории Каспийского моря / С. И. Чижов, С. В. Делия, А. М. Ретей,

- Ю. М. Львовский // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2006. – № 2. – С. 37–41.
12. Шагиев Р. Г. Исследование нефтяных и газовых скважин и пластов / Р. Г. Шагиев. – Москва : Недра, 1973. – 246 с.
13. Щуров В. И. Технология и техника добычи нефти : учебник для вузов / В. И. Щуров. – Москва : Недра, 1983. – 510 с.
14. Юшков И. Р. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений : учебно-методическое пособие / И. Р. Юшков, Г. П. Хижняк, П. Ю. Илюшин. – Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2013. – 177 с.
15. Joshi S. D. Horizontal well technology / S. D. Joshi. – Pennwell Books, 1991. – 552 p.

References

1. Aziz Kh., Settari E. *Matematicheskoe modelirovanie plastovykh sistem* [Mathematical modeling of reservoir systems], Moscow–Izhevsk, Institute of Computer Science Publ. House, 2004. 416 p.
2. Borisov Yu. P., Pilatovskiy V. P., Tabakov V. P. *Razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy gorizontalnymi i mnogozaboynymi skvazhinami* [Oil development of horizontal and multilateral wells], Moscow, Nedra Publ., 1964. 154 p.
3. Kibalenko I. A., Fedotov I. B., Deliya S. V. Osobennosti razrabotki mestorozhdeniya im. Yu. Korchagina [Yu. Korchagin field development characteristics]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry], 2014, no. 3, pp. 32–35.
4. Kulpin L. G., Myasnikov Yu. A. *Gidrodinamicheskie metody issledovaniya neftegazovodonosnykh plastov* [Hydrodynamic research methods neftegazovodonosnykh beds], Moscow, Nedra Publ., 1974. 200 p.
5. Kurenov M. V., Nukhaev M. T. *Oborudovanie dlya zakanchivaniya gorizontalnykh skvazhin pri razrabotke mestorozhdeniya s gorizontalnymi skvazhinami* [Equipment for completing horizontal wells utilized for developing oil fields with horizontal wells]. *Geologiya, geografiya, globalnaya energiya* [Geology, Geography, Global Energy], 2014, no. 3 (54), pp. 133–137.
6. Kurenov M. V., Nukhaev M. T. *Sovremennyye ustroystva regulirovaniya pritoka na gorizontalnykh skvazhinakh* [Modern control devices flow in horizontal wells]. *Geologiya, geografiya, globalnaya energiya* [Geology, Geography, Global Energy], 2014, no. 3 (54), pp. 137–140.
7. Ovchinnikov V. P., Dvoynikov M. V., Gerasimov G. T., Ivantsov A. Yu. *Tekhnologii i tekhnologicheskie sredstva bureniya iskrivlennykh skvazhin* [Technology and technological means drilling deviated wells], Tyumen State Oil and Gas University Publ. House, 2008. 152 p.
8. Orkin K. G., Yurchuk A. M. *Raschety v tekhnologii i tekhnike dobychi nefti* [Calculations in technology and technique of oil], Moscow, Nedra Publ., 1967. 380 p.
9. Semisotova O. S., Serebryakova O. A. *Karty izobar dlya otsenki sostoyaniya razrabotki morskikh mestorozhdeniy s gorizontalnymi stvolami skvazhin bolshoy protyazhennosti* [Map of isobars to assess the state of development of offshore fields with horizontal trunks wells great length]. *Geologiya, geografiya, globalnaya energiya* [Geology, Geography, Global Energy], 2015, no. 1 (56), pp. 42–50.
10. Serebryakov O. I., Smirnova T. S. *Geologo-ekonomicheskaya sinergetika sostava prirodnogo syr'ya i optimizatsii rabot po osvoeniyu resursov Kaspiyskogo morya* [Geological and economic synergy composition of natural raw materials and optimize the work on the development of the resources of the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya, globalnaya energiya* [Geology, Geography, Global Energy], 2007, no. 2 (26), pp. 69.
11. Shizhov S. S., Deliya S. V., Repey A. M., Lvovskiy Yu. M. *Sovershenstvovanie metodiki dolgosrochnogo planirovaniya geologo-razvedochnykh rabot na primere akvatorii Kaspiyskogo morya* [Improvement of methods of long-term planning of geological exploration works on the example of the Caspian sea]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields], 2006, no. 2, pp. 37–41.
12. Shagiev R. G. *Issledovanie neftyanykh i gazovykh skvazhin i plastov* [A study of oil and gas wells and reservoirs], Moscow, Nedra Publ., 1973. 246 p.
13. Shchurov V. I. *Tekhnologiya i tekhnika dobychi nefti* [Technology and Equipment of Oil: a textbook for high schools], Moscow, Nedra Publ., 1983. 510 p.
14. Yushkov I. R., Khizhnyak G. P., Ilyushin P. Yu. *Razrabotka i ekspluatatsiya neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [The development and exploitation of oil and gas fields], Perm, Perm National Research Polytechnic University Publ. House, 2013. 177 p.
15. Joshi S. D. *Horizontal well technology*, Pennwell Books Publ., 1991. 552 p.