



ООО «РусГазБурение»: Мухаметшин И.Р., Доронин С.В., Барышев Д.А.,
Магомедов Т.А., Антипов С.М.
ООО «РусГазАльянс»: Шарифуллин И.Ф., Борщев Р.В., Жильцова Т.Ю., Валеев Р.Д.

RusGazBurenje LLC: I. Mukhametshin, S. Doronin, D. Baryshev, T. Magomedov, S. Antipov
RusGazAlliance LLC: I. Sharifullin, R. Borschev, T. Zhiltsova, R. Valeev

Проектирование и строительство скважин с БОВ на Семаковском месторождении

Design and Construction of ERD Wells at the Semakovskoye Field

Вступление

ООО «РусГазАльянс» (совместное предприятие ПАО «Газпром» и АО «РусГазДобыча») совместно с ООО «РусГазБурение» успешно завершили строительство самой протяженной (для материковой части Российской Федерации) скважины с большим отходом от вертикали (БОВ, ERD wells) на Сеноманские залежи.

Окончательный забой скважины № А08 Семаковского месторождения составил 3 663 м при глубине по вертикали 879 м и отходе от вертикали 3045 м.

Компания ООО «РусГазБурение» (Генеральный подрядчик по строительству скважин) осуществила работы по бурению рекордной скважины, с привлечением самых современных технологий ведущих российских и мировых сервисных

Introduction

RusGazAlliance (a joint venture between Gazprom and RusGazDobycha) together with RusGazBurenje successfully completed the construction of the longest onshore extended reach well (ERD) in Russia on Senomanian deposits.

Well No. A08 at the Semakovskoye field was 3,663m long with a vertical depth of 879m and a vertical deviation of 3045m.

RusGazBurenje, the general contractor for well construction, drilled the record well using the latest technologies from leading Russian and international oil and gas service companies. The Customer's specialists, the General Contractor and subcontractors successfully collaborated to implement new well construction technologies, whilst having an excellent field health

нефтегазовых компаний. Сложенная совместная работа специалистов Заказчика, Генерального подрядчика и субподрядных организаций показала не только выдающиеся успешные результаты в области применения новых технологий при строительстве скважин, но и отличные показатели в области безопасности и охраны труда. Также нужно отметить, что особое внимание ООО «РусГазАльянс» и ООО «РусГазБурение» уделялось вопросам сохранения окружающей среды, что немаловажно, учитывая географическое расположение проводимых работ – в акватории Тазовской губы в непосредственной близости от шельфа Карского моря, обилием заливов, рек и озёр. Ведение производственной деятельности связано с повышенными требованиями в области экологической и промышленной безопасности, сложной ледовой и геокриологической обстановкой, охраной мест традиционного хозяйствования коренного населения, мест обитания редких и исчезающих видов растений и животных.

Технологии, использованные при строительстве скважин Семаковского месторождения, могут успешно применяться для разработки северных и арктических месторождений, в том числе запасов Парусового, Северо-Парусового месторождений на Тазовском полуострове в ЯНАО, что является стратегической задачей для газовой отрасли РФ.

О Проекте

Семаковское месторождение административно находится на территории Тазовского и Надымского районов Ямало-Ненецкого автономного округа и в акватории Тазовской губы Карского моря. Месторождение открыто в 1971 году. Промышленная газоносность Семаковского месторождения связана с сеноманскими отложениями.

Лицензия на право разведки, добычи углеводородного сырья в пределах Семаковского участка принадлежит ООО «РусГазАльянс».

В 2008 году в морской части месторождения были пробурены три скважины. В 2009 году в акватории Тазовской губы были пробурены еще три скважины. Районным центром является поселок Тазовский, расположенный к югу от Семаковского месторождения на расстоянии 220 км. Экономически район не развит, ближайшим населенным пунктом является поселок Антипаюта, расположенный на противоположном берегу

and safety record. It should also be noted that special attention was paid to environmental preservation, which is important, given the geographical location of the project being carried out in the coastal area of the Taz Bay in close proximity to the Kara Sea Shelf. There are an abundance of bays, rivers and lakes. Production operations increase the environmental and industrial safety requirements for the field that has difficult ice and permafrost conditions, and requires the protection indigenous populations and their farmlands as well as the habitats of rare and endangered species of plants and animals.

The common task of operators and service companies is to increase the efficiency of any subsoil development. This can be solved through a flexible and highly qualified approach to the development of deposits. It is obvious that the development of the oil and gas sector directly depends on the quality of its servicing: drilling, well workover, maintenance of equipment downhole and on the surface. The most prompt response to the challenge of time is modernization and innovation.

About the Project

The Semakovskoye field is located in the territory of the Tazov and Nadym districts of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug and in the coastal area of the Taz Bay and Kara Sea. The field was discovered in 1971. The gas content of the Semakovskoye field is produced from the Cenomanian deposits.

The license for exploration and production of hydrocarbons within the Semakovsky area belongs to RusGazAlliance.

- In 2008, three wells were drilled in the offshore section of the field.
- In 2009, three more wells were drilled in the coastal area of the Taz Bay.
- The regional center is the village of Tazovskiy, located 220km to the south of the Semakovskoye field.

The region is not economically developed, the nearest settlement is the Anti-Payuta settlement, located 50km from the opposite bank of the Taz Bay. Novy Urengoy City and Yamburg settlements are located 320 km to the south and 80 km to the south-west, respectively. The delivery of equipment, materials and goods is carried out by railroad, Novy Urengoy City – Yamburg station, as well as along the road from Novy Urengoy to the port of Yamburg City. The conditions for the transportation of goods and drilling equipment to the area of the field are difficult. There are no roads in the

Тазовской губы, от которого месторождение удалено на 50 км по прямой. Город Новый Уренгой и п. Ямбург находятся в 320 км южнее и 80 км юго-западнее, соответственно.

Доставка оборудования, материалов и грузов осуществляется по железной дороге г. Новый Уренгой – ст. Ямбург, а также по автомобильной дороге от г. Новый Уренгой до порта Ямбург. Условия для перевозки грузов и бурового оборудования в район месторождения сложные. Дорог в районе нет, поэтому основной объем грузоперевозок осуществляется в зимнее время по специально проложенным временным дорогам (зимникам). Срок действия зимников – с декабря по май. Строительство их сопряжено с устройством переправ через водные преграды (реки и протоки) и заболоченные участки. Летом грузы могут доставляться на площадь работ водным транспортом. Период навигации по ним – с июля по сентябрь. Кроме того, для грузоперевозок и доставки людей используется авиация.

Ближайшими месторождениями являются Северо-Парусовое нефтегазоконденсатное месторождение, расположенное на юго-западе на расстоянии 10 км, и Тота-Яхинское газовое месторождение, находящееся к северу на расстоянии 30 км.

Ближайшее разрабатываемое месторождение - Ямбургское нефтегазоконденсатное месторождение, расположенное к югу на расстоянии 60 км. Транспортировка газа с Ямбургского НГКМ осуществляется по системе магистральных газопроводов Ямбург-Центр, а для транспорта конденсата построен конденсатопровод Ямбург - Уренгой.

Разбуривание Семаковского месторождения — уникальный проект, реализуемый в услови-

region, so the main volume of cargo transportation is carried out during winter along specially laid temporary roads (winter roads). The winter roads are open from December to May. The roads are supplemented with crossings over water ways (rivers and channels) and swampy areas. In summer, cargo can be delivered to the site via water. The navigation period is from July to September. In addition, aviation is used for cargo and transporting in personnel.

The nearest fields are the Severo-Parusovoye oil and gas condensate field located in the southwest at a distance of 10km, and the Tota-Yakhinskoye gas field

located at a distance of 30km to the north.

The nearest field to be developed is the Yamburgskoye oil and gas condensate field located to the south at a distance of 60km. Gas transportation from the Yamburgskoye oil and gas condensate field is carried out through the Yamburg-Center gas trunkline system, and a condensate pipeline



Yamburg - Urengoy has been built for condensate transportation.

Drilling the Semakovskoye field is a unique project which is implemented in remote area with no infrastructure.

Within the framework of the project 19 production wells will be delivered in 2022 with high vertical displacement and a section up to 4400 meters long under the shore of the Tazovskaya Bay. Wells are being constructed on the PK-1 reservoir (Cenomanian reservoir).

Ahead of the schedule, the construction of wells in the second cluster were successfully completed, 13 production wells were drilled with a total penetration of 34,758 meters, at an average commercial speed of 2,384m / rig-month. The maximum commercial speed reached was 3525m / rig-month at well № A04. The project used the most advanced equipment of Gazprom Burenie, the drilling contractor, including the ZJ-50 DBS Drilling rigs, as well as the ZJ-70 Drilling

ях отдаленных территорий и отсутствия инфраструктуры.

В рамках проекта компания должна сдать заказчику ООО «РусГазАльянс» - 19 эксплуатационных скважин в 2022 году с большим отходом от вертикали с максимальной протяжённостью скважины до 4400 метров под акваторию Тазовской губы. Строительство скважин ведётся на пласт ПК-1 (сеноманская залежь).

По итогам строительства 13 скважин суммарная проходка составляет более 34 758 м, при средней коммерческой скорости 2384 м/станко-мес. Максимально достигнутая коммерческая скорость составила 3525 м/станко-мес на скважине №А04.

В проекте задействовано самое высокотехнологичное оборудование бурового подрядчика ООО «Газпром бурение», используемое при строительстве скважин, в том числе, буровые установки ZJ-50 DBS, а ZJ-70 эшелонного типа, оснащенные верхними силовыми приводами, тремя буровыми насосами, четырехступенчатыми системами очистки, роботизированными ключами и компьютеризированными системами контроля процесса бурения.

Для повышения эффективности бурения и сохранения коллекторских свойств пласта на Семаковском месторождении, на этапе предпроектной проработки была организована унифицированная система проверки технологических решений сервисных подрядных организаций на предмет соответствия требованиям операционной эффективности бурения, безопасном строительстве скважины, сохранения исходных фильтрационно-емкостных свойств пласта и обоснования системы заканчивания:

1. Разработана методика безопасного замещения раствора на углеводородной основе (РУО) на жидкость заканчивания на основе результатов лабораторных исследований на керновом материале Семаковского месторождения в соответствии

2. На этапе предпроектной подготовки совместно с технологическими подрядчиками разработаны рекомендации по улучшению технологических параметров системы очистки на БУ ZJ-50 Семаковского месторождения, разработана эффективная система расположения, хранения и использования жидкостей в емкостном парке путем

Rig, train type. The Drilling rigs are equipped with a top drive, three mud pumps, four-stage mud cleaning systems, automated tongs, and computerized drilling control systems.

To increase drilling efficiency and maintain reservoir properties maintenance at the Semakovskoe field, a unified system was established to verify the engineering and technical solutions of the service contractors, concerning the compliance with requirements for operating drilling efficiency, safe well construction, maintaining the initial reservoir porosity and permeability and a rationale for well completion system:

1. A method was developed for safely replacing the oil-based muds with completion fluids, based on the results of laboratory testing with the use of the core material from the Semakovskoe field.
2. Recommendations were developed during the pre-design period, together with the participation of the engineering contractors, for improving the cleanout treatment systems at the Semakovskoe field's БУ ZJ-50 drilling unit; an efficient system was developed for location, storing and use of fluids in the tank farm by way of visualizing the use of tanks (vessels) at each intermediate stage of the well construction process.
3. A laboratory study on drilling mud was developed to assess and manage the technological risks of the project's mud program which consists of the following:
 - a. Determine the basic parameters of the process fluids;
 - b. Determine the kinetics of a blank plug break-up in the inflow control devices and the direct-thread well screens;
 - c. Determine the chilling temperature for salt brines and drill mud filtration cake destructive compositions;
 - d. Run a X-Clean testing using the shelf liquid oil-based mud solution according to contractor's standard;
 - e. Compatibility of flush fluids with the destruction compositions and oil-based solutions;
 - f. Determine the permeability of the filter element in various media;
 - g. Assess the corrosivity of fluids towards the well completion components;
 - h. Testing the compatibility of the completion brine and solution products with the ПК-1 rocks, regarding the secondary emulsification;
4. To assess and manage the project's technological risks with regard to the well cementing program, a

визуализации использования емкостей на каждом промежуточном этапе строительства скважины.

3. Для оценки и предупреждения технологических рисков на проекте в аспекте растворной программы была организована программа лабораторных исследований бурового раствора, включающая в себя:

- a. Определение основных параметров технологических жидкостей
- b. Определение кинетики растворения заглушек в устройствах контроля притока и скважинных фильтрах прямой намотки
- c. Определения температуры кристаллизации рассолов и брейкерных составов
- d. Проведения X-Clean теста с базовым РУО по стандарту подрядчика
- e. Совместимость отмывающего буфера с брейкерными составами и РУО
- f. Определения проницаемости фильтроэлемента в разных средах
- g. Оценка коррозионной активности жидкостей к элементам компоновки заканчивания
- h. Тест на совместимость жидкости заканчивания и продуктов растворения с породами ПК-1 в части вторичного эмульгирования

4. Для оценки и предупреждения технологических рисков на проекте в аспекте цементирования скважин программы была организована программа лабораторного тестирования цементных растворов, включающая в себя тесты для цемента, используемого при креплении ОК различного диаметра (направление, кондуктор, эксплуатационная колонна). Ключевой особенностью данных исследований являлось использование API стандартов крепления скважин в арктических условиях, разработана система чек-листов проверки состояния цементировочного флота перед каждой операцией, а также программа лабораторной экспресс оценки качества заготавливаемого цемента при различных температурах окружающей среды.

5. Конструкция скважины оборудована премиальными системами нижнего и верхнего заканчивания, которая включает в себя следующие типы дизайна:

Нижнее заканчивание:

Дизайн скважин №1:

- a. Премиальные фильтра прямой намотки с растворимыми заглушками на перфорированной базовой трубе

laboratory testing study of cement mud was organized which includes the tests for cement used while setting casing strings of various diameter (conductor casing, surface casing, production casing). One of the key features of this research has been the use of API standards for well casing carried out under the arctic conditions; a system of check lists has been developed to assess the status of the well cementing stock prior to each operation, as well as a program was developed for a rapid laboratory quality control of the cements prepared under various ambient temperatures of the environment.

5. Well Construction provided with premium lower and upper completion systems, which includes the next types of well design:

Lower completion:

Well Design #1:

- a. Premium Direct Wrap Screens with dissolvable plugs on a perforated base pipe

Well Design #2:

- a. Premium Direct Wrap Screens with dissolvable plugs on a ICD (inflow control devices) premium ports
- b. Open-hole swellable packers for zonal isolation

Upper completion

Downhole Monitoring Systems (DTS (distributed temperature sensors) with pressure gauges)

6. To assess and manage the project's technological risks, with regard to production rates and the evaluation of the completion system efficiency, a program was developed providing a detailed list and sequence of engineering calculations giving the rationale for the estimated well flow rate, which includes the Nodal Analysis, making it possible to provide safe, hydrate-free well operations, compatibility of the Christmas tree and downhole monitoring system, and the calculations of computerized fluid dynamics (CFD) for the wells of the #2 design, taking into account the pressure drops taking place in the micro-annulus.

To improve drilling efficiency and preserve the fluid-bearing properties at the Semakovskoye field, an oil-based drilling mud (OBM) is used in combination with the high-tech drilling equipment – an RSS (Rotary Steerable System) and WLT (Well Logging Tools), which help optimize drilling parameters and obtain high-quality real-time geophysical data for effective geonavigation support to increase the targeting of the wells in the most productive reservoir sections.



Дизайн скважин №2:

- а. Премиальные фильтра прямой намотки с растворимыми заглушками на премиум портах устройства контроля притока (УКП)
- б. Разбухающие пакера для изоляции горизонтов в открытом стволе

Верхнее заканчивание:

Внутрискважинные системы мониторинга давления и температуры до забоя скважины

6. Для оценки и предупреждения технологических рисков на проекте в аспекте подтверждения рабочего дебита и оценки эффективности системы заканчивания была разработана программа с описанием перечня и последовательности проведения инженерных расчетов, в том числе узлового анализа (Nodal Analysis), позволяющего обосновать безопасную безгидратную эксплуатацию скважины, совместимость фонтанной арматуры с внутрискважинной системой мониторинга, а также расчеты вычислительно гидродинамики (CFD) для скважин дизайна №2 с учетом потерь давления в микрозатрубке для обоснования проектного дебита скважин.

Для повышения эффективности бурения и сохранения коллекторских свойств пласта на Семakovском месторождении применяется система бурового раствора на углеводородной основе (РУО) в совокупности с высокотехнологичным оборудованием для бурения - роторная

The Semakovskoye field is located in a aquatic protection zone which requires the highest level of drilling process compliance with the nature protection legislation of the Russian Federation. Therefore, the field is developed with pitiless drilling and the removal of drilling cuttings. The drill cuttings were drained using a mobile unit for draining sludge to reduce the humidity of drilled cuttings.

It is fundamentally important for the company to ensure a high level of industrial and environmental safety in order to preserve the unique nature of the region.

The company implemented and certified quality management systems, safety and health, environmental management for compliance with the requirements of international standards ISO 9001: 2015, BS OHSAS 18001: 2007 and ISO 14001: 2015.

About ERD Wells

The geological structure of the field also determined the development system - since the main reserves of the field are in the shelf of the Tazovskaya Bay, well pads are located along the coastline, and wells reach out to the sea. After the relatively simple wells were drilled, it was time to construction the ERD wells. The economic and technical analysis has shown that the construction of extended reach wells is the most economically and environmentally effective solution to gain access to the remote reservoirs of the Semakovskoye field.

Economic efficiency means the optimization of investments in the development of the infrastructure

управляющая система (РУС) и приборы каротажа в процессе бурения (LWD), позволяющие соблюдать оптимальные параметры бурения и получать качественные геофизические данные в режиме реального времени, благодаря чему осуществляется геонавигационное сопровождение с целью увеличения проводки скважины по наиболее продуктивной части пласта-коллектора.

Семаковское месторождение расположено в водоохранной зоне, что требует максимально-го уровня организации процесса бурения в соответствии с требованиями природоохранного законодательства РФ. В связи с этим на месторождении используется технология безамбарного бурения и утилизации бурового шлама. Буровой шлам проходит процедуру осушки с применением УМОШ, позволяющей максимально снизить влажность бурового шлама.

Принципиально важным для компании является обеспечение высокого уровня промышленной и экологической безопасности в целях сохранения уникальной среды. В компании внедрены и сертифицированы системы менеджмента качества, безопасности труда и охраны здоровья, экологического менеджмента на соответствие требованиям международных стандартов ISO 9001:2015, BS OHSAS 18001:2007 и ISO 14001:2015

О скважинах ERD

Геологическое строение месторождения определило и систему разработки – так как основные запасы месторождения находятся в шельфе Тазовской губы, кустовые площадки располагаются вдоль береговой линии, а скважины уходят далеко под акваторию. После того как были пробурены относительно простые скважины подошел черед строительства скважин с большим отходом от вертикали. Экономико-технический анализ показал, что строительство скважин с большим отходом от вертикали является наиболее экономически и экологически эффективным решением, позволяющим получить доступ к удаленным коллекторам Семаковского месторождения.

Под экономической эффективностью подразумевается оптимизация инвестиций в развитие инфраструктуры, необходимой для разработки месторождения, с целью увеличения прибыли.



required for the development of the field in order to increase profits.

ERD wells (in the world classification - Extended Reach Drilling) - wells with an extended reach from the vertical, with a deviation ratio to vertical of more than 2: 1. The characteristics of this type of wells are:

- high mechanical loads - increased axial loads and often excessive torque due to high values of the friction coefficient due to the large length of the highly inclined section of the wellbore;
- high hydraulic loads - annular pressure is several times higher compared to even horizontal wells with lower bottomhole displacement from the vertical, not to mention vertical wells (even deep ones);
- difficult cuttings removal from the wellbore, especially when designing wells with a high PHAR value (pipe-hole area ratio) - the higher the PHAR, the more difficult it is to remove waste;
- difficulties with reaching casing strings and liners - high coefficients of friction and insufficient weight of the upper part to reduce the force of «pushing» the strings;
- problems of borehole well stability and narrow mud weight window;
- problems with delivering the load during drilling, as well as during the final operations, for example, creating the necessary load when hanging liners;
- in addition, due to the large remoteness of targets, additional geological uncertainties arise in structures that are heterogeneous in strata and strike.

An ERD well is not just a more complex directional well. The basis for success in the construction of such wells is: the use of advanced technologies, the

Скважины с БОВ (в мировой классификации – ERD wells: Extended Reach Drilling) – скважины с большим отходом от вертикали, имеющие соотношение отхода к вертикали более 2:1. Характерными особенностями при строительстве такого типа

- высокие механические нагрузки – повышенные осевые нагрузки и зачастую избыточный крутящий момент из-за высоких значений коэффициента трения вследствие большой протяжённости сильнонаклоненной части ствола скважины;
- высокие гидравлические нагрузки – затрубное давление (ЭЦП) кратно выше по сравнению даже с горизонтальными скважинами меньшего смещения забоя от вертикали, не говоря уже о вертикальных скважинах (даже глубоких);
- затруднённая очистка ствола скважины от выбуренной породы, особенно при конструкции скважин с высоким значением PHAR (pipe-hole area ratio) – чем выше PHAR, тем сложнее очистка от шлама;
- сложности с дохождением обсадных колонн и хвостовиков – высокие коэффициенты трения и недостаточный вес верхней части для снижения усилия «проталкивания» колонн;
- проблемы устойчивости стенок ствола скважины и узкое «окно буримости» по плотности бурового раствора (mud weight window);
- проблемы с доведением нагрузки при бурении, а также при заключительных операциях, например создание необходимой нагрузки при подвеске хвостовиков;
- кроме этого, из-за большой удалённости

professionalism of employees, the correct organization of processes and well-established communication between the various participants in the project. That is why preparations for the record-breaking wells began long before drilling began. Well design was carried out with the involvement of the drilling contractor, and the technical specialists of the service companies specializing in drilling ERD wells. At the design stage, various criteria and factors were taken into account and analyzed - design structure and well trajectory (including the first section curvature parameters and trajectory reversal), correct selection of drilling tools, drilling surface equipment, stability of the wellbore, solving problems with cleaning the wellbore - transporting cuttings to the surface, monitoring the drilling parameters and equivalent circulating mud density in real time, as well as technologies for running and cementing casing strings and attaching screens. Prior to drilling the wells the changes considered in the geological data and promptly made adjustments to the project. At the same time, special attention was paid to the assessment of operational risks and the preparation of an emergency action plan.

About the Record Well

Geomechanical drilling support was used during the construction of wells together with the building and updating the model for each well. Key technologies with directional drilling, fluids and bits, and well casing were applied in close cooperation with geomechanical engineers and geosteering engineers, as well as with the drilling contractor.



целей возникают дополнительные геологические неопределённости в структурах, неоднородных по напластованию и простиранию.

Скважина с БОВ – это не просто более сложная наклонно-направленная скважина. Основой для успеха при строительстве таких скважин является: использование передовых технологий, профессионализм сотрудников, правильная организация процессов и налаженная коммуникация между различными сторонами — участниками проекта. Именно поэтому подготовка к рекордным скважинам началась задолго до начала бурения. Проектирование скважин осуществлялось с привлечением компании ООО «РусГазБурение» как Генерального подрядчика по строительству скважин, и с привлечением профильных специалистов сервисных компаний, специализирующихся на бурении скважин с БОВ. На этапе проектирования учитывались и анализировались различные критерии и факторы – проектные конструкция и траектория скважины (в том числе первая секция набора параметров кривизны и разворот траектории), правильный подбор бурильного инструмента, бурового наземного оборудования, стабильность стенок ствола скважины, решение проблем с очисткой ствола скважины — выносом бурового шлама на поверхность, мониторинг параметров бурения и эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора в режиме реального времени, а также технологии спуска и цементирования обсадных колонн и крепление фильтр-хвостовиков. До начала бурения скважин были учтены изменения геологических данных и своевременно внесены корректировки в проект. При этом особое внимание было уделено оценке операционных рисков и подготовке плана действий на случай чрезвычайных ситуаций.

О рекордной скважине

При строительстве скважин на Семаковском месторождении применяется геомеханическое сопровождение бурения с построением и обновлением модели по каждой скважине. На проекте были применены ключевые технологии наклонно-направленного бурения, растворов и долот, технологий крепления скважины при тесном взаимодействии с инженерами-геомеханиками и геонавигаторами, а также с буровым подрядчиком. Так, 10.03.2021 закончено строительство уникальной высокотехнологичной скважины №A08 Семаковского газоконденсатного месторождения. Скважина имеет проектный забой 3 663 м при

On the 10th March 2021, the construction of a unique high-tech well № A08 was completed. The well has a target depth of 3,663m with a vertical depth of 879 m and a vertical deviation of 3045m. Today, this is the longest ERD (Extended reach drilling) well of a similar design on the Cenomanian deposits in the Russian Federation (the vertical - ERD ratio 3.46).

The previous record was recorded in 2015 at the Yurkharovskoye field, where Gazprom Burenie completed the construction of a turnkey well for the Senomanian deposits with an ERD coefficient of 2.28 (bore length 3168m, offset 2483m with vertical 1090m). The achievement of this result opens up new perspective for the development of hydrocarbon reserves at the Semakovskoye gas field under the coastal area of the Tazovskaya Bay.

Geomechanical Support

Before embarking on the development of the project, special attention was paid to risk analysis, assessment and prevention.

As noted earlier, ERD wellbore stability posed a major challenge when drilling, especially when drilling high zenith angles through shale intervals. At the Semakovskoye field, there are additional specific problems associated with wellbore stability:

- Depletion of the productive formations and a reduction in formation pressure, which contribute to the reduction of fracturing pressure and lost circulation;
- Presence of unstable clay intervals, especially the “chocolate clay” interval.

The presence of both features at the same time significantly narrowed the safety corridor for the drilling fluid and made had a significant impact on the (in terms of wall stability) density of the drilling fluid.

One of the key decisions was the use of geomechanics before drilling and in real time. The geomechanical model, in the planning stage, made it possible to determine the “difficult” intervals and safe boundaries for the equivalent circulation density, on the basis of which the choice of solutions and technologies were made. To obtain the most accurate values of the safe boundaries of the equivalent circulating density, the geomechanical model was updated based on the results of the BHA logging tools. Based on the equivalent circulating density recorded from the bottomhole pressure sensor, the drilling modes were selected that ensure that all operations remained within

глубине по вертикали 879 м и отходе от вертикали 3045 м. На сегодняшний день это самая протяженная ERD (Extended reach drilling) скважина по подобной конструкции на сеноманские отложения в Российской Федерации (соотношение отхода к вертикали - коэффициент ERD 3,46). Предыдущий рекорд был зафиксирован в 2015 году на Юрхаровском месторождении, где ООО «Газпром бурение» осуществило строительство скважины «под ключ» на сеноманские отложения с коэффициентом ERD – 2.28 (протяженность по стволу 3168 м, отход 2483 м при вертикали 1090 м).

Достижение данного результата открывает новые перспективы для освоения запасов угле-водородов на Семаковском газовом месторождении под акваторией Тазовской губы.

В современных условиях развития нефтегазового сектора экономики ООО «РусГазБурение» совместно с ООО «Газпром бурение» остаются одними из крупнейших буровых предприятий страны, осуществляющих управление интегрированными проектами по строительству скважин на суше и на шельфе. Сегодняшний день для компаний – это время динамичного развития, новых амбициозных задач и дальнейшего закрепления на рынке буровых работ.

Компании направляют инвестиционные ресурсы на дальнейшее развитие и рост производственно-технологических активов.

Геомеханическое сопровождение

Прежде чем приступить к разработке проекта, особое внимание было уделено оценке рисков и определению путей и решений их предупреждения.

Как уже было отмечено, устойчивость ствола скважин с большим отходом представляла серьезную проблему при бурении, в особенности при бурении с высокими зенитными углами через глинистые интервалы. В условиях Семаковского месторождения дополнительно существуют специфические проблемы, связанные с устойчивостью ствола:

- Истощение продуктивных пластов и снижение пластового давления, которые способствуют снижению давления гидроразрыва и поглощения бурового раствора;
- Наличие нестабильных глинистых интервалов, в особенности интервала «шоколадных глин».

the defined safe limits. To ensure trouble-free wiring of the interval, a specially selected formulation of the drilling fluid was selected that provided acceptable equivalent circulating density values and low friction coefficients. Based on the results, the drilling and cleanout modes, the speed of tripping and running operations and forward / back reaming, as well as the controlling the speed of the casing strings and liners as they are R/H.

To ensure trouble-free drilling at the pre-drilling modeling stage, the models of the mechanical properties and the calculations of wellbore stability were performed.

The main purpose of calculating the wellbore stable state for the planned well trajectory is to determine the boundaries of the equivalent density of the drilling mud, understanding this avoids any problems with wellbore stability. In the course of this study, the fracture gradient, the collapse gradient, the calculation and calibration of the elastic properties of rocks in the near-wellbore space and the wellbore stability calculation are conducted to determine the safe window for the specific weight of the drilling fluid, to determine the risks associated with the instability of the wellbore.

A Unique Set of Technologies for Well Construction

Even at the planning stage, an important and correct decision was taken before the implementation of the project, an engineering consulting company that specializes in the design and support of ERD wells was engaged to examine the design solutions. An extended range of engineering calculations were performed on the profiles of two wells in the first drilling phase. Based on the results of the extended engineering calculations and the assessment of the design solutions, a detailed report was prepared with the results of engineering calculations, conclusions and recommendations and risks, which were subsequently included in the «program for well construction», and this also made it possible to change some of the materials and equipment.

Particular attention was paid to the selection of the correct drilling technologies. The selections were based on careful and detailed planning, modeling of borehole and ground conditions and evaluating the results of a combination of different technologies. Selecting the correct drilling system to obtain the best results cannot be underestimated, as many operating conditions, such as wellbore stability, do not allow for trial and

Наличие одновременно обеих особенностей существенно сузило безопасное окно бурового раствора и сделало существенным (с точки зрения устойчивости стенок) изменение плотности бурового раствора.

Одним из ключевых решений стало использование геомеханики перед бурением и в реальном времени. Геомеханическая модель на этапе планирования позволила определить «трудные» интервалы и безопасные границы эквивалентной циркуляционной плотности, на основании которых осуществлялся выбор решений и технологий. Для получения наиболее точных значений безопасных границ эквивалентной циркуляционной плотности геомеханическая модель обновлялась на основании каротажей, осуществляемых приборами геофизических исследований (ГИС). На основании данных замера эквивалентной циркуляционной плотности (ЭЦП) датчика забойного давления выбирались режимы бурения, обеспечивающие соблюдение установленных безопасных лимитов. Для обеспечения безаварийности проводки интервала была специально подобрана рецептура бурового раствора, обеспечивающая приемлемые значения ЭЦП и низкие коэффициенты трения. На основании полученных результатов моделирования подбирались режимы бурения и промывок, скорость СПО и прямых/обратных проработок, а также скорости спуска обсадных колонн и хвостовиков.

В целях безаварийного бурения на этапе предбурового моделирования были получены модели механических свойств (ММС) и произведен расчет устойчивости стенок скважины (РУСС).

Основной целью расчета устойчивого состояния ствола скважины для плановой траектории является определение границ эквивалентной плотности бурового раствора, знание которых позволяет избежать проблем с устойчивостью ствола скважины. В ходе этого исследования производится расчёт градиента разрыва пород, градиента обрушения, расчёт и калибровка упругих свойств пород в околоскважинном пространстве и расчёт устойчивости стенок скважин с целью определения безопасного окна удельного веса бурового раствора, определения рисков, связанных с нестабильностью ствола скважины.



error, should the worse happen, it could affect the construction of that section and, in some cases, the well as a whole.

Bottom-Hole Assembly

Currently, the proposed rotary steerable system is the optimal solution for drilling ERD wells, since they provide directional drilling with continuous rotation of the drill string, i.e. create conditions for efficient cuttings removal, which minimizes the risks of the BHA becoming stuck.

The rotary steerable system allows for 3D control of the borehole's deflection as the drill string rotates.

To achieve the optimal drilling performance, the drilling modes and well placement data acquisition was collected in real time, MWD/LWD tools were used, multifunctional logging tools for neutron porosity, density, resistivity imaged mapping-while-drilling were used in combination with the rotary steerable systems and PDC bits.

The results of the ERD technologies and practices implemented during the construction of the production wells at the Semakovskoye field have opened up new prospects for onshore wells targeting the development of hydrocarbon deposits under the coastal areas of the Taz Bay. They can also be successfully applied to the development of northern and arctic fields.

We are not limited to these results, already the specialists of RusGazBurenje and RusGazAlliance have

Уникальный набор технологий при строительстве скважин

Еще на стадии планирования особое внимание было уделено выбору правильной технологии бурения. Методы, использованные для разработки системы бурения на Семаковском месторождении, были основаны на тщательном и детальном планировании, моделировании скважинных и наземных условий и оценке результатов сочетания различных технологий. Использование системы бурения для получения эффективных результатов нельзя недооценить, поскольку многие операционные условия, такие как стабильность ствола скважины, не позволяют использовать метод проб и ошибок, т.к. в случае негативных воздействий результаты будут влиять на достижение целей строительства секций и в отдельных случаях скважины в целом.

КНБК

В настоящее время предлагаемые роторные управляемые системы (РУС) являются оптимальным вариантом для бурения скважин БОВ, так как они обеспечивают направленное бурение при непрерывном вращении бурильной колонны, т.е. создают условия для эффективного выноса шлама, что позволяет минимизировать риски прихвата КНБК.

Роторная управляемая система позволяет управлять отклонением ствола в трехмерном пространстве во время вращения бурильной колонны.

Для достижения наилучших показателей эффективности бурения, контроля режимов бурения в режиме реального времени и получения данных для проводки скважины были использованы ключевые технологии наклонно-направленного бурения и измерений в процессе бурения, включая широкополосный акустический каротаж, высокоскоростную телеметрию, многофункциональные приборы каротажа нейтронной пористости, плотности, имиджей сопротивлений картиграф границ, в сочетании с роторными управляемыми системами и долотами PDC. Достигнутые результаты при строительстве эксплуатационных скважин на Семаковском месторождении открывают новые перспективы для строительства скважин с береговой линии для освоения залежей углеводородов под акваторией Тазовской губы, а технологии, использованные

started appraisal work on the second phase of the Semakovskoye field's well development program, where it is planned to drill even more complex ERD wells, with lengths of 7000m (the ERD coefficient will be greater than - 7.3). The project has shown that it is very effective, at every stage of development, to use a systematic approach to project management and implementation. At the moment, a working group has been created to conduct technical assessments and selection and to monitor the market for the most advanced ERD technologies. Determining the right technologies and optimal engineering solutions, at the design stage, is a key component for the successful implementation of such projects.

при строительстве скважин на Семаковском месторождении, могут успешно применяться для разработки северных и арктических месторождений.

Но мы не ограничиваемся достигнутыми результатами, уже сейчас специалисты ООО «РусГазБурение» и ООО «РусГазАльянс» приступили к проведению оценочной работы над второй фазой строительства скважин на Семаковском месторождении, где планируется бурение более сложных ERD скважин протяженностью 7000 м (коэффициент ERD составит более – 7.3). Системный подход к реализации проекта показал свою высокую эффективность на всех его стадиях. На текущий момент создана рабочая группа, которая проводит техническую оценку и выбор технологий, занимается мониторингом рынка на предмет самых передовых технологий для строительства ERD скважин. Определение верных технологий и оптимальных инженерных решений на стадии проектирования является ключевой составляющей для успешной реализации подобных проектов.

