

# БУРЕНИЕ СКВАЖИН В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ



II Международная научно-практическая  
конференция

30 октября – 1 ноября 2017

Тезисы докладов



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

# БУРЕНИЕ СКВАЖИН В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

II Международная научно-практическая конференция

30 октября – 1 ноября 2017

*Тезисы докладов*

Санкт-Петербург  
2017

УДК 622.241+622.143

ББК 33.131

Б 912

**Бурение скважин в осложненных условиях:** II Международная научно-практическая конференция 30 октября – 1 ноября 2017 г.: Тезисы докладов / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2017. 72 с.

**Drilling wells in the Complicated Conditions:** Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference October 30 – November 1 2017 / Saint-Petersburg Mining University. Saint-Petersburg, 2017. 72 p.

В сборнике представлены тезисы докладов участников II Международной научно-практической конференции «Бурение скважин в осложненных условиях». Рассмотрены актуальные проблемы бурения скважин в осложненных условиях. Материалы сборника представляют интерес для руководителей, инженерно-технических специалистов, научно-педагогических работников, а также аспирантов, магистрантов и студентов технических специальностей в области бурения скважин.

The Volume contains proceedings of participants of the II International Scientific and Practical Conference «Drilling Wells in the Complicated Conditions». The actual problems of drilling wells in complicated conditions are considered. The Volume can be interesting for managers, engineers, technical specialists, scientists, university lecturers, students and post-graduate students of technical specialties in the field of drilling wells.

**Редакционная коллегия:**

профессор Н.И. Васильев (заместитель председателя), доцент Е.Л. Леушева (отв. редактор), доцент М.В. Нуцкова, аспирант И.В. Чудинова.

**Рецензенты:**

профессор Н.И. Васильев, профессор М.В. Двойников, профессор Н.И. Николаев, доцент П.А. Блинов, доцент Е.Л. Леушева, доцент М.В. Нуцкова.

Организационный комитет выражает благодарность ученым, преподавателям, специалистам и руководителям предприятий и организаций, приславшим свои доклады и принявшим личное участие в работе конференции.

The Organizing Committee would like to thank the scientists, educators, professionals and directors of companies and organizations who have sent their reports and take a personal part in the Conference.

ISBN 987-5-94211-792-4

©Санкт-Петербургский горный университет, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Арсланова Э.Р., Блинов П.А.</b> Разработка методики определения устойчивости ствола наклонно направленной скважины .....	9
<b>Атласов Р.А., Туги Э.Р., Николаева М.В., Скрябин Р.М.</b> Анализ вероятности возникновения условий для межпластовых перетоков нефти, газа и пластовой воды по затрубному пространству стволов скважины .....	10
<b>Ахметов Р.Р., Назарова М.Н., Хафизов А.Р., Крайнов С.А.</b> Эксплуатация Ачимовского газоконденатного месторождения и исследование его восстановления .....	12
<b>Бакирова А.Д., Двойников М.В.</b> Буровые системы на основе катионных полимеров .....	13
<b>Балаба В.И.</b> Технологическая безопасность в структуре обучения студентов-буровиков .....	14
<b>Беналказар П., Аломото М., Торрес К.</b> Оценка ингибирующего эффекта буровых растворов на водной основе на процессы набухания и диспергирования глин .....	15
<b>Васильев Н.И., Дмитриев А.Н., Подоляк А.В., Большунов А.В.</b> Результаты бурения скважины 5Г на станции «Восток» и вскрытия подледникового озера Восток .....	16
<b>Васильев Н.И., Дмитриев А.Н., Сербин Д.В.</b> К вопросу о критической скорости теплоносителя (воды) .....	18
<b>Ващенко А.В., Валиева О.И., Муринов К.Ю., Комкова Л.П., Ширская А.О.</b> Лабораторные исследования по оценке ингибирующих свойств буровых растворов, применяемых при бурении неустойчивых глинистых отложений на месторождениях Республики Башкортостан .....	19
<b>Давыдов А.С.</b> Опыт строительства вентиляционных скважин большого диаметра на Ярегской нефтяной шахте .....	21
<b>Двойников М.В., Ерофеев В.А.</b> Проектирование траектории скважин для эффективного бурения роторными управляемыми системами .....	21
<b>Евдокимов И.Н., Елисеев Н.Ю., Кронин А.М., Лосев А.П., Могильниченко М.А.</b> Особенности использования данных полевых реологических измерений бурового раствора в расчетах потерь давления .....	22
<b>Евдокимов И.Н., Лосев А.П., Могильниченко М.А.</b> Разработка и внедрение инертного изолирующего состава для отбора кернa .....	24
<b>Жапхандаев Ч.А. Николаев Н.И.</b> Разработка коррозионностойких тампонажных составов для цементирования скважин в условиях сероводородной агрессии .....	25
<b>Зими́на Д.А., Двойников М.В.</b> Технологические решения повышения качества крепления скважин Бованенковского и Уренгойского месторождений .....	26
<b>Исхаков А.Ф. Абаев А.Н.</b> Тиражирование успешных практик бурения скважин по результатам опытно – промышленных работ .....	27

<b>Кадочников В.Г., Двойников М.В.</b> Оперативный контроль и управление параметрами бурения .....	28
<b>Куницких А.А., Мелехин А.А., Русинов Д.Ю.</b> Разработка системы управления буровым устройством .....	30
<b>Куншин А.А.</b> Программно-информационное сопровождение строительства скважин арктического шельфа .....	32
<b>Кучин В.Н., Двойников М.В., Нуцкова М.В.</b> Обоснование и разработка технологии изоляции водопритоков для повышения качества крепления скважин ..	33
<b>Лебедев В.А., Карабута В.С.</b> Обоснование и выбор источника тепловой энергии для добычи вязкой трудноизвлекаемой нефти .....	35
<b>Макарова Н.С., Блинов П.А.</b> Анализ и оценка применимости смазочных добавок для полимермеловых буровых растворов .....	36
<b>Марков А.Н.</b> Динамика ледникового покрова Антарктиды и Гренландии, как фактор, осложняющий бурение скважин во льду .....	37
<b>Мартель А.С., Леушева Е.Л.</b> Исследование композиций буровых растворов для предупреждения сальникообразования .....	39
<b>Мерзляков М.Ю., Яворская А.А.</b> Анализ применения пеноцементных смесей для крепления скважин в условиях криолитозоны и аномально низкого пластового давления .....	40
<b>Моренов В.А., Розе Ф.</b> Повышение энергоэффективности процессов строительства нефтяных и газовых скважин с использованием газообразного энергоносителя в качестве топлива .....	42
<b>Николаев Н.И., Петров А.А.</b> Анализ эффективности влияния технологических жидкостей на сформированную корку буровых растворов .....	44
<b>Никонов В.А., Залятдинов А.А.</b> Новые модификации технологии телеметрических комплексов для решения задач нефтегазовой отрасли .....	45
<b>Никулин О.В.</b> Способы повышения надежности систем управления и электро-снабжения электроприводов буровых установок .....	46
<b>Палаев А.Г., Назарова М.Н.</b> Интенсификация процесса бурения нефтегазовых скважин за счёт наложения ультразвуковых колебаний на бур .....	48
<b>Пантюхин А.А., Евсеева Д.Г., Леушева Е.Л.</b> Исследование влияния различных ПАВ на коэффициент абразивности горных пород .....	49
<b>Подоляк А.В., Васильев Н.И., Большунов А.В., Сербин Д.В.</b> Возможность применения технологии бурения скважин во льдах горячей водой на станции Восток (Антарктида) .....	50
<b>Рогачев М.К., Петраков Д.Г., Купавых К.С., Купавых А.С.</b> Технология направленного гидроударного воздействия на призабойную зону пласта с регулируемой длительностью импульса .....	51
<b>Рудяева Е.Ю., Нуцкова М.В., Страупник И.А.</b> Исследование добавки «Петросорб» к буровым растворам для оперативного тампонирования зон поглощений при бурении скважин .....	52

<b>Табатабаи Моради С.Ш., Николаев Н.И.</b> Роль буферной жидкости при повышении качества цементирования обсадных колонн .....	53
<b>Талалай П.Г., Сун Й., Цао П., Марков А.Н., Ван Р., Жан Н., Фан С., Ян Я., Ван Т.</b> Автономный термобуровой снаряд для исследования подледниковых озер в Антарктиде .....	55
<b>Тимофеев Н.Г., Скрябин Р.М., Татаринев Д.М.</b> О проблеме бурения скважин самоходными буровыми установками в условиях крайнего севера .....	57
<b>Торопов Т.М., Быкова О.Г.</b> Проблема применения знаний высшей математики при решении задач в профессиональной сфере .....	59
<b>Тсикплону Д.Э., Двойников М.В.</b> Анализ усталостного разрушения цементного камня .....	60
<b>Федоров С.К., Федорова Л.В., Иванова Ю.С., Воронина М.В., Садовников А.В., Никитин В.Н.</b> Повышение долговечности переводников и бурильных труб электромеханической обработкой .....	62
<b>Филатов С.А., Двойников М.В.</b> Совершенствование методов контроля и оперативного управления траектории скважин с большими отходами от вертикали .....	64
<b>Хасанов Г.В.</b> Система интенсификации фишбоунз (рыбий скелет) .....	66
<b>Хуснутдинов А.Т.</b> Трансформация системы управления в ООО «УК «Татбурнефть» .....	67
<b>Чудинова И.В., Николаев Н.И., Розенцвет А.В.</b> Подбор ингибирующих реагентов для повышения стабильности раствора при бурения в глинистых породах .....	68
<b>Шакирова А.И., Назарова М.Н., Исмаков Р.А., Палаев А.Г.</b> Состояние материала элементов компоновки бурильной колонны при бурении в осложненных условиях .....	68
<b>Шаляпин Д.В., Двойников М.В.</b> Расчет сложного профиля многозабойной скважины с возможностью применения стандартных КНБК .....	69
<b>Яковлев А.А., Нуцкова М.В.</b> Исследования бинарных составов ПАВ для получения газожидкостных промывочных и тампонажных смесей .....	71

## CONTENTS

<b>Arslanova E.R., Blinov P.A.</b> Development of methods for determining the stability of the trunk inclined directional well .....	9
<b>Atlasov R.A., Tugi E.R., Nikolaeva M.V., Skryabin R.M.</b> Analysis of the probability of the initiation of conditions for oil, gas and formation water interplastic flows along the annular space of well bores .....	10
<b>Akhmetov R.R., Nazarova M.N., Khafizov A.R., Krainov S.A.</b> Achimov gas-condensate reservoir exploitation and recovery investigation .....	12
<b>Bakirova A.D., Dvoynikov M.V.</b> Cationic based drilling mud .....	13
<b>Balaba V.I.</b> Technological safety in the structure of training of students-drillers .....	14
<b>Benalcazar P., Alomoto M., Torres C.</b> Evaluation of inhibition of the effects of swelling and dispersion of the clay components incorporated in a water based drilling fluid .....	15
<b>Vasilev N.I., Dmitriev A.N., Podoliak A.V., Bolshunov A.V.</b> Borehole 5G drilling results at Vostok station and unsealing of the subglacial lake Vostok .....	16
<b>Vasiliev N.I., Dmitriev A.N., Serbin D.V.</b> To the question of the critical speed of the heater (water) .....	18
<b>Vashchenko A.V., Valieva O.I., Murinov K.Yu., Komkova L.P., Shirskaya A.O.</b> Laboratory investigations on estimation of inhibiting properties of drilling solutions applicable in the drilling of unstable clay deposits in the fields of the Republic of Bashkortostan .....	19
<b>Davydov A.S.</b> Experience of building large diameter ventilation boreholes for Yaregskaya oil mine .....	21
<b>Dvoynikov M.V., Erofeev V.A.</b> Development well trajectory for effective drilling by rotary steerable systems .....	21
<b>Evdokimov I.N., Eliseev N.Yu., Cronin A.M., Losev A.P., Mogilnichenko M.A.</b> Features of use, data field rheological measurements mud into account the loss of pressure .....	22
<b>Evdokimov I.N., Losev A.P., Mogilnichenko M.A.</b> Development and implementation of inert insulating coring .....	24
<b>Zhapkhandaeв C.A., Nikolaev N.I.</b> Development of corrosion-resistant cement compositions for well cementing in conditions of hydrogen sulfide aggression .....	25
<b>Zimina D.A., Dvoynikov M.V.</b> Technological solutions of improving the quality of well casing at the Bovanenkoe and Urengoykoe deposits .....	26

<b>Iskhakov A.F., Abayev A.N.</b> Replication of successful well drilling practices according to results of pilot operations .....	27
<b>Kadochnikov V.G., Dvoynikov M.V.</b> Operational control and management of drilling parameters .....	28
<b>Kunitskikh A.A., Melekhin A.A., Rusinov D.Iu.</b> Development of drilling device's control system .....	30
<b>Kunshin A.A.</b> Drilling software system for Arctic shelf .....	32
<b>Kuchin V.N., Dvoynikov M.V., Nutskova M.V.</b> Justification and development of technologies for isolation of water inflows to improve the quality of well cementing .....	33
<b>Lebedev V.A., Karabuta V.S.</b> The rationale for the choice of source of heat energy for the production of a viscous hard-to-recover oil .....	35
<b>Makarova N.S., Blinov P.A.</b> Analysis and evaluation of the applicability of the lubricating additives for chalk drilling fluids .....	36
<b>Markov A.N.</b> Dynamics of Antarctic and Greenland ice sheets as a factor complicating the drilling of hole in ice .....	37
<b>Martel A.S., Leusheva E.L.</b> Investigation mud compositions for preventing formation of seals .....	39
<b>Merzlyakov M.Yu., Yavorskaya A.A.</b> Analysing the application of foam cements for well casing in the cryolite zones and zones with abnormally low formation pressure .....	40
<b>Morenov V.A., Rose F.</b> Energy-efficiency increase of oil and gas construction with utilization of gaseous energy carrier as fuel .....	42
<b>Nikolaev N.I., Petrov A.A.</b> Analyzing the effect of process fluids on drilling fluids on filter cakes) .....	44
<b>Nikonov V.A., Zalyatdinov A.A.</b> New modifications of telemetry complex technologies to address the issues of Oil and Gas industry .....	45
<b>Nikulin O.V.</b> Methods of improvement of reliability of control systems and power supply for electric motors of drilling rigs .....	46
<b>Palaev A.G., Nazarova M.N.</b> Intensification of the process of drilling oil and gas wells due to the imposition of ultrasonic oscillations on the drill .....	48
<b>Pantukhin A.A., Evseeva D.G., Leusheva E.L.</b> Investigation of various surfactants influence on rocks abrasivity .....	49
<b>Podoliak A.V., Vasilev N.I., Bolshunov A.V., Serbin D.V.</b> Possibility of using the technology of well drilling in ice layers via warm water at Vostok station (Antarctica) ...	50



<b>Rogachev M.K., Petrakov D.G., Kupavikh K.S., Kupavikh A.S.</b> The technology of directional hydraulic impacts on the bottomhole formation zone with an adjustable pulse width .....	51
<b>Rudiaeva E.Yu., Nutskova M.V., Straupnik I.A.</b> The research of «Petrosorb» additive for operational plugging lost circulation zones while drilling .....	52
<b>Tabatabaee Moradi, S.Sh., Nikolaev N.I.</b> Role of spacer fluids to increase the quality of casing pipes cementing .....	53
<b>Talalay P.G., Sun Y., Cao P., Markov A.N., Wang R., Zhang N., Fan X., Yang Y., Wang T.</b> Autonomous thermal sonde for exploration of Antarctic subglacial lakes .....	55
<b>Timofeev N.G., Skryabin R.M., Tatarinov D.M.</b> On the problem of drilling wells with self-propelled drilling units in the conditions of the Arctic .....	57
<b>Toropov T.M., Bykova O.G.</b> The problem of using the knowledge of higher mathematics at professional solutions .....	59
<b>Tsikplornu D. E. Dvoynikov M.V.</b> Analizing cement sheath fatigue failure .....	60
<b>Fedorov S.K., Fedorova L.V., Ivanova Yu.S., Voronina M.V., Sadovnikov A.V., Nikitin V.N.</b> Increasing the durability of adapter bushings and drill pipes by electromechanical processing .....	62
<b>Filatov S.A., Dvoynikov M.V.</b> The improvement of method control and operational management of the extended-reach well .....	64
<b>Khasanov G.V.</b> Fishbones Stimulation Technology .....	66
<b>Khusnutdinov A.T.</b> MC Tatburneft, LLC Management System Transformation .....	67
<b>Chudinova I.V., Nikolaev N.I., Rozentsvet A.V.</b> Selection of inhibitor for increasing stability of borehole in shales .....	68
<b>Shakirova A.I., Nazarova M.N., Ismakov R.A., Palaev A.G.</b> State of material elements BHA drilling in the complicated conditions .....	68
<b>Shalyapin D.V., Dvoynikov M.V.</b> Calculation the complex shape of multilateral well and applying the standard bottom hole assembly .....	69
<b>Yakovlev A.A., Nutskova M.V.</b> Investigation of the binary surfactant structures for gas-liquid mud and cement mixtures .....	71

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА  
НАКЛОННО НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЫ  
DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINING THE STABILITY OF THE  
TRUNK INCLINED DIRECTIONAL WELL**

*Арсланова Э.Р., Блинов П.А.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Arslanova E.R., Blinov P.A.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

При бурении скважин возникает проблема устойчивости стенок скважины, приводящая своими последствиями к осложнениям и увеличению стоимости скважины. В данной работе разработана методика определения устойчивости ствола наклонно направленной скважины и рассмотрена зависимость параметров устойчивости ствола скважины от влияния фильтрата бурового раствора.

Цель работы - создание методики оценки устойчивости ствола наклонно направленной скважины в зависимости от влияния фильтрата бурового раствора. Задачами исследований являлись: определение возможности изменения прочностных свойств горных пород фильтратом бурового раствора; разработка методики расчета устойчивости стенок скважины в зависимости от зенитного угла и перераспределения напряжений в пристволевой зоне.

Влияние бурового раствора на прочность горных пород оценивалось следующим образом. Через насыпную модель горной породы с помощью фильтр-пресса низкого давления производится фильтрация бурового раствора, после чего исследуются ее прочностные свойства - сцепление и угол внутреннего трения с помощью устройства одноплоскостного среза. На основе проведенных исследований было выявлено, что состав бурового раствора, а также его свойства могут существенно влиять на прочность горной породы. Для оценки устойчивости ствола скважины была разработана методика расчета, учитывающая изменение свойств горной породы после взаимодействия с буровым раствором.

На основе выполненных исследований: получена зависимость устойчивости ствола наклонно направленной скважины от прочностных характеристик горных пород с учетом зенитного угла; определена возможность регулирования прочностных свойств горной породы фильтратом бурового раствора.

\*\*\*

During drilling, the problem of stability of the borehole walls, causing their effects to complications and increase the cost of the well. In this work, the technique of determining the stability of the trunk inclined directional well and the dependence of the parameters of the stability of the wellbore from the drilling mud filtrate.

The main task is to develop the methods of determining the stability of the wellbore depending on the zenith angle. A parallel task will be the determination of changes of the strength properties of rocks by drilling mud filtrate to increase stability of the borehole walls.

Proposed the method, which consists in the following: developed recipes and solutions identified for them the rheological properties of the solution, then an estimate was made of the inhibitory potency of chemicals – the influence of chemicals on swelling and the condition of the bentonite tablets. Also created a bulk model – ring for bulk models of rock. Was carried out the filtration of drilling fluids through the bulk model using a filter press, low pressure and determined the adhesion and angle of internal friction of samples with the help of the device single-plane slice.

On the basis of the research: the dependence of the stability of the trunk inclined directional well from the strength characteristics of rocks taking into account the zenith angle and the ability to control the strength properties of rocks by drilling mud filtrate.

**АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ УСЛОВИЙ ДЛЯ  
МЕЖПЛАСТОВЫХ ПЕРЕТОКОВ НЕФТИ, ГАЗА И ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ ПО  
ЗАТРУБНОМУ ПРОСТРАНСТВУ СТВОЛОВ СКВАЖИН  
ANALYSIS OF THE PROBABILITY OF THE INITIATION OF CONDITIONS FOR  
OIL, GAS AND FORMATION WATER INTERPLASTIC FLOWS ALONG THE  
ANNULAR SPACE OF WELL BORES**

*Атласов Р.А., Туги Э.Р., Николаева М.В., Скрыбин Р.М.  
Северо-Восточный федеральный университет, Якутск*

*Atlasov R.A., Tugi E.R., Nikolaeva M.V., Skryabin R.M.  
North-Eastern federal university, Yakutsk*

В природе имеет место одновременное проявление сразу нескольких из указанных процессов: диффузия и фильтрация углеводородов, их всплывание, перетоки по трещинам тектонических нарушений и др. При прочих равных условиях рассеивание газовых скоплений происходит значительно быстрее, чем нефтяных, за счет большей подвижности (миграционной способности) газов, лучшей их растворимости в воде, более высокой диффузионной способности и др. Серьезную опасность сохранности промышленных скоплений углеводородов представляют перетоки нефти, газа и пластовой воды по стволам буровых скважин на открытых месторождениях, особенно если эти месторождения после деятельной разведки находятся в длительной консервации (резерве). Подземные перетоки углеводородов и пластовых вод приводят к потере углеводородного сырья, осложняют процесс разработки месторождений, затрудняют контроль за выработкой пластов и обостряют экологическую обстановку. В конечном итоге все это приводит к снижению эффективности разработки месторождений и уменьшению количества извлекаемых из недр углеводородов. Термодинамические условия месторождений углеводородного

сырья Вилюйской и Непско-Ботубинской нефтегазоносных областей предопределяются изолирующими свойствами флюидоупоров, контролирующими продуктивные залежи, обеспечивая их сохранность с определенной степенью надежности. Превалирует мнение, что разобщение пластов в скважинах путем спуска обсадных колонн и их цементированием позволяет восстановить герметичность нарушенных флюидоупоров. Однако, как показывает отечественный и мировой опыт, разобщение пластов в пробуренных скважинах не обеспечивает восстановления герметичности флюидоупоров в полной мере. Следовательно, каждую скважину можно рассматривать как потенциальный источник возникновения каналов межпластовых перетоков пластовых флюидов, приводящих к образованию вторичных (техногенных) залежей нефти и газа, потере пластовой энергии, обводнению продуктивных пластов, безвозвратной потере нефти и газа.

\*\*\*

In nature simultaneous manifestation of several processes takes place: diffusion and filtration of hydrocarbons, their emergence, overflows along tectonic fractures, etc. Other things being equal, the dispersion of gas accumulations occurs much faster than oil accumulation, due to greater mobility (migration ability) gases, better solubility in water, higher diffusion capacity, etc. Serious danger to the safety of industrial accumulations of hydrocarbons is the flow of oil, gas and reservoir water through the boreholes of open fields, especially if these deposits are in a long-term conservation after active reconnaissance. Underground flows of hydrocarbons and reservoir waters lead to the loss of hydrocarbon raw materials, complicate the development of deposits, make it difficult to control the formation of seams and exacerbate the ecological situation. Ultimately all of this leads to a decrease in the efficiency of field development and a reduction in the amount of hydrocarbons recovered from the bowels. The thermodynamic conditions of hydrocarbon deposits in the Vilyuisk and Nepa-Botuobin areas are predetermined by the insulating properties of the fluid controllers that control the productive deposits, ensuring their safety with a certain degree of reliability. The prevailing opinion is that the separation of layers in the wells by lowering the casing strings and their cementing allows restoring the impermeability of the disturbed fluids. However the separation of layers in the drilled wells does not ensure the restoration of the tightness of the fluids in full. Consequently, each well can be considered as a potential source of channels of formation fluids interplastic flows initiation, leading to the formation of secondary (technogenic) oil and gas deposits, loss of reservoir energy, flooding of productive layers, irretrievable loss of oil and gas.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЧИМОВСКОГО ГАЗОКОНДЕНАТНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ACHIMOV GAS-CONDENSATE RESERVOIR EXPLOITATION AND RECOVERY  
INVESTIGATION**

*Ахметов Р.Р.<sup>1</sup>, Назарова М.Н.<sup>1</sup>, Хафизов А.Р.<sup>2</sup>, Крайнов С.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа

*Akhmetov R.R.<sup>1</sup>, Nazarova M.N.<sup>1</sup>, Khafizov A.R.<sup>2</sup>, Krainov S.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

<sup>2</sup> Ufa State Petroleum Technological University, Ufa

This paper's aim was to investigate the effective development of the gas condensate field of Achimov reservoir. As a consequence of data analysis was created a geological cross section of the complex-lenticular structure of the Achimov strata.

Achimov reservoirs have low filtration and capacitance properties and poor collectivity of the reservoir. At depths of 2,750-3950 meters the rocks are represented by an alternation of fine-grained sandstones, siltstones with mudstones that have permeability of not more than 3 mD, and often below 1 mD. The plotted figure also shows that Achimov field has a large number of lenses and heterogeneity collection properties. Therefore, it was decided to implement 100 horizontal multi-hole wells with uniform location using multi-study hydraulic fracturing. The effectiveness of multi-study hydraulic fracturing would be 2 times more than simple hydraulic fracturing with the same cost. Two charts of dependence of cumulative gas and gas condensate production from time with traditional and cluster hydraulic fracture were plotted, and it was decided to apply cluster technology of hydraulic fracturing, which leads to an increase in cumulative production, high-pass filtering and accelerated crack cleaning. In 150 days gas condensate production would upsurge to 140 million m<sup>3</sup> for cluster hydraulic fracture, whereas for traditional hydraulic fracture production would uplift to 70 million m<sup>3</sup>. Afterwards was plotted a chart which shows the dependence of number of different wells on 15 years operating period.

Finally, it was calculated that initial gas reserves are 138 billions m<sup>3</sup>, average production rate of 1 well is equal to 1095000 tonnes and total gas recovery after 15 years will be 240620000 tonnes.

## **БУРОВЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КАТИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ CATIONIC BASED DRILLING MUD**

***Бакирова А.Д., Двойников М.В.***

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

***Bakirova A.D., Dvoynikov M.V.***

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Увеличение объемов геолого-разведочных работ и проектных глубин бурения требует применение новых технологий строительства скважин. Одной из таких технологий является буровые системы для предотвращения осложнений и для снижения затрат в процессе бурения.

В данной работе разрабатывается состав бурового раствора под поставленные задачи и под конкретные условия бурения в Западной Сибири. Для этого проводился анализ уже существующих традиционных систем и раствора «Катбур», а также опробования систем на керновом материале в качестве жидкости для продуктивных пластов.

Анализ показал, что существует несколько вариантов промывочных систем для неустойчивых глин:

1. Растворы на углеводородной основе (Недостатки в неэкологичности и большой стоимости);
2. Растворы на водной основе:
  - а) Анионно-неоинные растворы (Недостатки в наработке глинистой фазы, потеря устойчивости стенок скважины);
  - б) Катионные буровые системы (Все вышеперечисленные недостатки купируются)

К катионным растворам относится БПЖ «Катбур» (основа морская вода и катионные полимер), система нацелена на стабилизацию стенок скважины. Данный раствор был успешно применен на 5 скважинах Астраханского ГКМ, а также были проведены исследования в ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», чтобы понять целесообразность применение поликатионной системы на месторождениях Западной Сибири. Результаты исследования в «ЛУКОЙЛ» легли в основу статьи.

\*\*\*

The increasing of the exploration's volume and of the project drilling deep demands the applying new technology to do new wells. The solution of this situation is the new system drilling mud to prevent talus and landslides.

This paper has the suggestion of the new drilling mud's composition to solve task with specific West Siberian's conditions. The analyses of the traditional systems and the polyatomic drilling mud «Katbur» were performed to show the difference among these drilling muds.

The results of this analysis gives few system of drilling muds to prevent talus and landslides:

1. The solution on hydrocarbon basis;
2. The solution on water basis:
  - a) The anionic-nonanionic;
  - b) The cationic.

The is based on sea water and polycationic polymer, this system is amed on the stabilization of the borehole wall. This drilling mud was successfully applied on 5 wells of Astrahansk GKM, by the way Lukoil explores this sustem to understand the applying it for West Siberian's conditions. The results of the Lukoi's exploration is basis of this article.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРУКТУРЕ ОБУЧЕНИЯ  
СТУДЕНТОВ-БУРОВИКОВ  
TECHNOLOGICAL SAFETY IN THE STRUCTURE OF TRAINING OF  
STUDENTS-DRILLERS**

***Балаба В.И.***

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва*

***Balaba V.I.***

*Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow*

Бурение скважины представляет собой сложный производственный процесс, специфика которого состоит в том, что основные технологические операции совершаются в недрах. Это обуславливает чрезвычайно широкое разнообразие условий бурения скважин, вероятностный характер действующих факторов и необходимость принятия решений в условиях неопределенности из-за недостатка достоверной информации о горно-геологических условиях бурения. Эта специфика предопределяет требования к высокому уровню квалификации буровиков в области безопасности производственной деятельности. Так, согласно профессиональному стандарту (ПС) «Буровой супервайзер в нефтегазовой отрасли» трудовая функция «Контроль безопасности ведения буровых работ в соответствии с правилами безопасности» включает 21 действие, которыми должен владеть работник, а трудовая функция «Оперативное руководство персоналом бурового и сервисных подрядчиков при возникновении нештатных и аварийных ситуаций» – 15. Профессиональные компетенции основных профессиональных образовательных программ высшего образования, в том числе компетентов нефтегазового дела (бакалавров, специалистов, магистров) должны формироваться на основе ПС. Однако проведенный автором анализ учебных планов показал, что нефтегазовых вузах студенты бакалавриата изучают теоретические вопросы производственной безопасности в дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», а прикладные её аспекты только в дисциплине «Осложнения и аварии в бурении», что лишь частично соответствует требуемой квалификации. Чтобы

восполнить этот пробел Кафедра бурения нефтяных и газовых скважин РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина дополнительно ввела в бакалавриате как обязательную дисциплину «Безопасность технологических процессов в бурении», а в магистратуре – «Технологическая безопасность при строительстве скважин». В этих дисциплинах студенты изучают теорию и приобретают практические навыки в области обеспечения безопасности производственной деятельности непосредственно в бурении.

**ОЦЕНКА ИНГИБИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА  
ВОДНОЙ ОСНОВЕ НА ПРОЦЕССЫ НАБУХАНИЯ И ДИСПЕРГИРОВАНИЯ  
ГЛИН**

**EVALUATION OF INHIBITION OF THE EFFECTS OF SWELLING AND  
DISPERSION OF THE CLAY COMPONENTS INCORPORATED IN A WATER  
BASED DRILLING FLUID**

*Беналказар П.<sup>1,2</sup>, Аломото М.<sup>3</sup>, Торрес К.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Национальная политехническая школа, Кито (Эквадор)*

<sup>2</sup> *MI SWACO, Кито (Эквадор)*

<sup>3</sup> *Baker Hughes, Кито (Эквадор)*

*Benalcazar P.<sup>1,2</sup>, Alomoto M.<sup>3</sup>, Torres C.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *National Polytechnic University, Quito (Ecuador)*

<sup>2</sup> *MI SWACO, Quito (Ecuador)*

<sup>3</sup> *Baker Hughes, Quito (Ecuador)*

Эффективность применения буровых растворов увеличивается за счет ингибирования набухания и диспергирования глин, попадающих в буровой раствор в процессе бурения. Снижение степени набухания и диспергирования возможно за счет использования специальных добавок-ингибиторов.

В этой работе проведено исследование влияния ингибиторов Alplex™, CLAY-TROL и PENETREX на набухающие реактивные глины формаций Chalcana, Orteguaza, Tiyuuаси и Tena, приуроченные к эквадорскому бассейну Амазонки.

Описание характеристик формаций производится по физическим, химическим и минералогическим исследованиям. Исследования включают в себя идентификацию глин методами рентгеноструктурного анализа. Определены концентрации эффективных ингибиторов глин, применяемых в полевых условиях. Проведенные исследования различных ингибиторов, в том числе для оценки влияния на диспергирование глин, набухание, изменение твердости и др., позволили определить наиболее эффективные добавки, позволяющие, как следствие, наблюдать снижение затрат на бурение скважин.

\*\*\*



The efficiency of a drilling fluid is increased as the swelling and dispersion effects of the clays incorporated to the fluid during the drilling process are inhibited. The inhibition of these effects is possible through the use of specific additives used to this purpose.

This work contemplates the evaluation of the inhibitors: Alplex™, CLAY-TROL and PENETREX over the reactive clays of the Chalcana, Orteguaza, Tiyuyacu and Tena formations, which belong to the Ecuadorian Amazon Basin.

The characterization of the formations is made through physic, chemical and mineralogical tests. This research establishes XRD identification methods for clays. Inhibitive effective agents concentrations are determined, which have field operational applicability. As a consequence, drilling costs decrease and, by means of dispersion, swelling, hardness, and other tests, the effectiveness of the inhibitive agents are evaluated with different concentrations.

**РЕЗУЛЬТАТЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ 5Г НА СТАНЦИИ «ВОСТОК» И  
ВСКРЫТИЯ ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК  
BOREHOLE 5G DRILLING RESULTS AT VOSTOK STATION AND  
UNSEALING OF THE SUBGLACIAL LAKE VOSTOK**

*Васильев Н.И., Дмитриев А.Н., Подоляк А.В., Большунов А.В.  
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Vasilev N.I., Dmitriev A.N., Podoliak A.V., Bolshunov A.V.  
Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Важнейшим и наиболее эффективным способом изучения строения, структуры, вещественного состава и динамики ледовых отложений в полярных областях является бурение скважин с полным отбором керна, что дает возможность проводить кристалломорфологические исследования льда с больших глубин, геофизические наблюдения в скважинах, изучать химический состав льда, содержание изотопов кислорода и углерода, различных включений (земная и космическая пыль, вулканический пепел, бактерии, споры растений и др.).

При бурении глубоких скважин, как в Антарктиде, так и в Гренландии исследователи всех стран столкнулись с серьёзными осложнениями уже на глубинах свыше 2500 м, а на глубинах более 3000 м осложнения становились столь значительными, что бурение практически прекращалось. Это явление даже получило название – «проблема бурения тёплого льда», так как с увеличением глубины температура льда повышается. Следует отметить, что во всех рассмотренных случаях бурения глубоких скважин в качестве заливочной жидкости использовалась смесь керосина и фреона.

Все участки скважины 5Г на станции Восток, где отмечались проблемами в бурении, соответствуют интервалам керна, сложенного относительно крупнокристаллическим льдом. Устанавливается чёткая корреляция между рейсовой проходкой и размерами кристаллов.

В феврале 2012 года на глубине 3769 м было впервые вскрыто подледниковое озеро Восток. После замерзания озерной воды поднявшейся в скважину было выполнено бурение нового ствола скважины с поверхности замерзшей воды и вновь вскрыто озеро Восток. Основным результатом этих работ было доказательство того, что давление на границе лед – вода соответствует гидростатическому давлению вышележащего льда.

Кроме того анализ результатов бурения и вскрытия озера Восток позволил сделать вывод, что возникновение трудно объяснимых проблем в бурении связано в первую очередь с появлением на поверхностях частиц шлама гидратов фреона, что в свою очередь приводит к их слипанию. В результате снижается расход промывочной жидкости и процесс бурения останавливается.

Таким образом, основной причиной возникновения осложнений в бурении скважин во льду является наличие в заливочной жидкости фреона, активно взаимодействующего со льдом.

Учитывая общее мнение, что данная жидкость оказывает негативное влияние на экологию подледниковых водоемов при их вскрытии использование ее для бурения скважин во льду неприемлемо.

\*\*\*

The most important and most effective way of studying the structure, structure, real composition and dynamics of ice deposits in the polar regions is to drill wells with complete core sampling, which makes it possible to carry out crystal-morphological studies of ice from great depths, geophysical observations in wells, to study the chemical composition ice, the content of oxygen and carbon isotopes, various inclusions (terrestrial and cosmic dust, volcanic ash, bacteria, plant spores, etc.).

When drilling deep wells, both in Antarctica and Greenland, researchers from all countries encountered serious complications already at depths of more than 2500 m, and at depths of more than 3000 m the complications became so significant that drilling was practically stopped. This phenomenon even has received the name - "a problem of drilling of a warm ice" as with increase in depth temperature of ice raises. It should be noted that in all considered cases of drilling deep wells, a mixture of kerosene and Freon was used as a casting liquid.

All sections of the 5G well at Vostok station, where they were noted to have drilling problems, correspond to the intervals of the core folded with relatively large crystalline ice. A clear correlation is established between voyage penetration and the size of the crystals.

In February 2012, at a depth of 3,769 m, the subglacial Lake Vostok was first discovered. After the freezing of the lake water, which has risen in the well, a new wellbore was drilled from the surface of the frozen water and the Lake Vostok was again opened. The main result of these studies was the proof that the pressure at the ice-water boundary corresponds to the hydrostatic pressure of the overlying ice.

In addition, the analysis of the drilling and opening of Lake Vostok made it possible to conclude that the occurrence of difficultly explainable problems in drilling is primarily due to the appearance of freon hydrates on the surface of the particles, which in turn leads to their coalescence. As a result, the flow rate of the drilling fluid is reduced and the drilling process stops.

Thus, the main reason for the occurrence of complications in drilling wells in ice is the presence in the pouring fluid of freon actively interacting with ice.

Given the general opinion that this liquid has a negative impact on the ecology of subglacial reservoirs, when they are opened, its use to drill wells in ice is unacceptable.

## **К ВОПРОСУ О КРИТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ (ВОДЫ) TO THE QUESTION OF THE CRITICAL SPEED OF THE HEATER (WATER)**

*Васильев Н.И., Дмитриев А.Н., Сербин Д.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Vasiliev N.I., Dmitriev A.N., Serbin D.V.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Применение традиционных технических средств при бурении глубоких скважин во льду Антарктиды оказывается малоэффективным. К настоящему времени все разработанные способы бурения льда, в зависимости от характера разрушения на забое, можно разделить на тепловые, механические и термомеханические.

В основе теплового способа бурения лежат специфические свойства льда, заключающиеся в его низкой температуре плавления. Плавление льда может осуществляться как за счёт контактной теплопередачи забоя с нагревательным устройством, так и за счёт конвективного теплообмена с высокотемпературным промежуточным теплоносителем.

Использование в качестве теплоносителя воды (газа, пара) нагреваемой на поверхности и нагнетаемой непосредственно на забой скважины с помощью труб или шлангокабелей, сможет обеспечить возможность бурения в ледниках вероятно не на всех на глубинах. При бурении этим способом скважин глубиной, вплоть до подстилающих пород, которые в Восточной Антарктиде можно ожидать на отметках до 4500 метров, возможно замерзание теплоносителя в интервале глубин 600 – 1000 метров, где температуры стенки скважины имеют очень низкие температуры и не устраняются неизбежные потери тепловой энергии при транспортировании теплоносителя от устья на забой скважины.

Существует предельное значение критической скорости циркуляции потока жидкости, при котором промерзания в трубе (шланге) вообще не происходит.

Проведён расчет предельных значений критической скорости на различных глубинах скважины, основываясь на температурные данные, полученные при бурении глубокой скважины на станции Восток (Антарктида).

При данном способе бурения поддержание найденных значений критических скоростей и получение качественного керна затруднительно, а продолжительное изучение и использование скважины невозможно. В процессе бурения расходуется огромное количество энергии для поддержания скважины в незамерзающем состоянии и на само плавление льда, что не актуально.

\*\*\*

The use of traditional technical means when drilling deep holes in the ice of Antarctica proves to be ineffective. Currently, there are three methods of drilling: thermal, mechanical and thermomechanical.

At the heart of the thermal method of drilling lie specific properties of ice, consisting in its low melting point. Melting of ice can be carried out both at the expense of contact heat transfer of the face to the heating device, and due to convective heat exchange with a high-temperature intermediate coolant.

The use of water (gas, steam) heated on the surface and injected directly onto the bottom of the well with the help of pipes or flexible drillstem can ensure the possibility of drilling in glaciers probably not at all at depths. When drilling in this way wells deep down to the primary rocks that can be expected in East Antarctica at elevations of up to 4,500 meters, it is possible to freeze the coolant in the depth interval of 600 to 1000 meters, where the well wall temperatures have very low temperatures and do not eliminate the inevitable loss of thermal energy when transporting the coolant from the wellhead to the bottom of the well.

There is a limiting value of the critical circulation speed of the liquid flow at which freezing in the pipe (flexible drillstem) does not occur at all.

The calculation of the limiting values of the critical speed at various depths of the well was carried out based on the temperature data obtained while drilling a deep well at Vostok station (Antarctica).

With this drilling method, maintaining the values of critical speeds found and obtaining a high-quality core is difficult, and long-term study and use of the well is impossible. During the drilling process, a huge amount of energy is expended to maintain the well in an ice-free state and to melt the ice itself, which is not the case.

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ИНГИБИРУЮЩИХ  
СВОЙСТВ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ БУРЕНИИ  
НЕУСТОЙЧИВЫХ ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

**LABORATORY INVESTIGATIONS ON ESTIMATION OF INHIBITING  
PROPERTIES OF DRILLING SOLUTIONS APPLICABLE IN THE DRILLING OF  
UNSTABLE CLAY DEPOSITS IN THE FIELDS OF THE REPUBLIC OF  
BASHKORTOSTAN**

*Ващенко А.В., Валиева О.И., Муринов К.Ю., Комкова Л.П., Ширская А.О.  
ООО «БашНИПИнефть», Уфа*

*Vashchenko A.V., Valieva O.I., Murinov K.Yu., Komkova L.P., Shirskaya A.O.  
BashNIPIneft LLC, Ufa*

Одними из основных проблем, с которыми сталкивается буровая бригада при вскрытии неустойчивых глинистых отложений, – кавернообразование, осыпи, обвалы. Глинистые породы по своей природе гидрофильны и взаимодействуют с

фильтратом бурового раствора. При проникновении в пласт фильтрата бурового раствора через фильтрационную корку со временем возникает набухание глинистых сланцев (различных по своей природе, химическому составу, размеру пластин, поровому давлению), что приводит к их увеличению в объеме и возникновению внутреннего давления. Когда значение внутреннего давления становится больше, чем создаваемое снаружи (гидростатического столба жидкости), пласт теряет устойчивость, происходит обвал. Осложнения являются результатом нарушения целостности стенок скважины из-за потери устойчивости горных пород, что приводит к изменению формы и объема скважины.

Меры противодействия этому процессу – создание начального давления на пласт, минимизация показателя фильтрации, ввод реагентов, замедляющих процесс набухания глинистых сланцев (ингибиторов).

Несмотря на то, что данные объекты находятся в разработке и эксплуатации уже несколько десятилетий, проблема сохранения устойчивости ствола скважины до сих пор являются актуальной задачей.

В работе приведены результаты лабораторных исследований ингибирующей способности различных типов буровых систем на керновом материале, отобранном в скважинах Знаменского месторождения в интервале кыновского горизонта.

Экспериментальные исследования включали в себя следующие этапы:

1. Определение минералогического состава кернового материала кыновского горизонта на рентеновском дифрактометре SHIMADZUXRD-6000.
2. Приготовление и определение технологических параметров буровых систем до и после термостатирования при забойных условиях.
3. Определение коэффициента продольного набухания в среде тестируемых буровых систем на тестере продольного набухания глинистых сланцев DYNAMICLINEARSWELLMERETCOMPLETEW/COMPACTOR в течение 168 часов.

По результатам экспериментальных исследований установлено:

Коэффициент продольного набухания в среде минерализованных и пресных растворов составляет не менее 11,6% и 25% соответственно. Керновый материал в среде растворов на углеводородной основе набухает не более, чем на 1,4%. Низкий коэффициент продольного набухания обусловлен тем, что в качестве дисперсионной среды выступает углеводородная фаза, предотвращающая размокание глинистых пород.

**ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СКВАЖИН БОЛЬШОГО  
ДИАМЕТРА НА ЯРЕГСКОЙ НЕФТЯНОЙ ШАХТЕ  
EXPERIENCE OF BUILDING LARGE DIAMETER VENTILATION BOREHOLES  
FOR YAREGSKAYA OIL MINE**

*Давыдов А.С.*

*ООО «ТехноВЭЛ», Архангельск*

*Davydov A.S.*

*TehnoVEL, LLC, Arkhangelsk*

ООО «ТехноВЭЛ» с 2010 года выполняет буровые работы по строительству вентиляционных скважин большого диаметра на Ярегской нефтяной шахте в Республике Коми (Заказчик – «ЛУКОЙЛ-Коми»). Конструкция скважин: направление - диаметром 1820 мм, кондуктор - 1420 мм до глубины 70 м, эксплуатационная колонна 1020 мм до глубины 220 м. Скважины бурятся установками грузоподъемностью 80 т роторным способом шарошечными долотами-расширителями диаметром 1700 мм и 1360 мм. Промывка скважин - обратная, эрлифтным способом. Разработан, изготовлен и успешно применяется весь комплекс скважинного и поверхностного оборудования и инструмента: вертлюги - грязевый и воздушный, ведущая труба квадратного сечения, бурильные трубы с двойной стенкой резьбового соединения, центраторы с невращающимися в процессе бурения опорно-центрирующими элементами, утяжеленные бурильные трубы со свинцовым наполнителем, азраторы - смесители с обратными клапанами, шарошечные долота-расширители со сменными двухпорными шарошками, циркуляционная система с трехступенчатой очисткой раствора.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ СКВАЖИН ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО  
БУРЕНИЯ РОТОРНЫМИ УПРАВЛЯЕМЫМИ СИСТЕМАМИ  
DEVELOPMENT WELL TRAJECTORY FOR EFFECTIVE DRILLING BY  
ROTARY STEERABLE SYSTEMS**

*Двойников М.В., Ерофеев В.А.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Dvoynikov M.V., Erofeev V.A.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Наиболее важным критерием эффективности разработки месторождений, позволяющим обеспечить повышение добычи углеводородного сырья является коэффициент извлечения нефти и газа. Увеличение вышеуказанного параметра возможно при выполнении следующих основных условий: сохранение естественных коллекторских свойств пласта в процессе его первичного и вторичного вскрытия;

качественное цементирование обсадных колонн; высокотехнологичное освоение скважины; применение инновационных методов добычи нефти и газа. Значимость всех вышеперечисленных условий для увеличения нефтеотдачи пластов несомненна. Однако, при сложившейся на сегодня практике бурения отмечаются проблемы, связанные с осложнениями и авариями в скважине которые обусловлены отсутствием оптимизированного подхода к проектированию профилей скважин.

Решение данных проблем возможно разработкой алгоритма оценки проектных траекторий профилей скважин с учетом напряжений, действующих на бурильную и обсадные колонны, внутрискважинное эксплуатационное оборудование в зависимости от горно-геологических условий и параметров бурения.

\*\*\*

The most important criterion of efficiency of field development, allowing to improve the production of hydrocarbons is the extraction ratio of oil and gas.

The increase in the above parameter is possible on the following basic conditions: the preservation of the natural reservoir properties in its primary and secondary opening; high-quality casing cementing operations; high-tech wells development; application of innovative methods of oil and gas production. The importance of all the above conditions for increasing oil recovery is undeniable. However, the current practice of drilling has revealed problems with complications and accidents in wells due to lack of an optimized approach to the design of profiles of the wells.

The solution to these problems is possible by the development of algorithm of estimation of the trajectories of wells profiles, taking into account stresses on the drill and casing, downhole operational equipment, depending on the geological conditions and drilling parameters.

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ПОЛЕВЫХ  
РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ БУРОВОГО РАСТВОРА В РАСЧЁТАХ  
ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ  
FEATURES OF USE, DATA FIELD RHEOLOGICAL MEASUREMENTS MUD  
INTO ACCOUNT THE LOSS OF PRESSURE**

**Евдокимов И.Н.<sup>1</sup>, Елисеев Н.Ю.<sup>1</sup>, Кронин А.М.<sup>2</sup>, Лосев А.П.<sup>1,2</sup>,  
Могильниченко М.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва*

<sup>2</sup>*ООО НИИЦ «Недра-тест», Москва*

**Evdokimov I.N.<sup>1</sup>, Eliseev N.Yu.<sup>1</sup>, Cronin A.M.<sup>2</sup>, Losev A.P.<sup>1,2</sup>, Mogilnichenko M.A.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow*

<sup>2</sup>*Research and testing center «Nedra-test» LLC, Moscow*

С развитием вычислительной техники технологические расчеты параметров режима бурения вошли в рутинные обязанности любого занятого на буровой инженера.

Используемые в таких расчетах программы для ЭВМ разнообразны и, как правило, специализированы для решения конкретных задач, будь то расчет прочности обсадных колонн, либо расчет траектории скважины и т.п. Некоторые доступные на рынке программы в качестве алгоритма расчета используют утвержденные в России нормативные документы, другие в расчетах ссылаются на стандарты Американского нефтяного института, но есть и такие, алгоритмы расчета в которых основаны на разрозненных и зачастую противоречивых публикациях в отраслевой периодике. Именно к последним следовало бы отнести программы расчета потерь давления при промывке скважины буровым раствором. Опыт использования таких пакетов показывает, что не всегда результаты программы можно проверить ручным счетом. Кроме того, взамен не решенных аналитически уравнений гидравлики (например, для реологической модели Гершеля-Балкли) в программах используются разные полуэмпирические зависимости, основанные на экспериментах с узким диапазоном варьирования параметров. Примечательно, что именно спорные и не разрешенные аналитически вопросы (высота шламовой подушки, температурные изменения циркулирующего раствора, расчеты концентраций жидкостей при тандемной продавке и др.) в последние годы находятся в фокусе внимания технологических отделов компаний-заказчиков.

Проблемы значимости и адекватности алгоритмов расчета, остающиеся в зоне ответственности разработчиков программ, усугубляются качеством исходных данных, получаемых в полевых лабораториях буровых растворов. Так, к основным влияющим факторам можно отнести:

- 1) отсутствие возможности измерения подробной кривой течения бурового раствора с помощью полевых вискозиметров (доступны только 6 или 8 скоростей сдвига);

- 2) нарушения сроков калибровки вискозиметров (в соответствии с российскими нормами требуется поверка, хотя по ISO 10414 и в соответствии с инструкцией к прибору, необходима постоянная калибровка непосредственно на буровой);

- 3) применение директивно заданных реологических моделей без обязательного обоснования.

Помимо способов повышения качества исходных реологических измерений, в докладе приводятся схема обоснования реологической модели и оценка погрешности реологических измерений (по новым ГОСТ Р серии 54500) на примере утяжеленного бурового раствора на углеводородной основе.



**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ИНЕРТНОГО ИЗОЛИРУЮЩЕГО СОСТАВА  
ДЛЯ ОТБОРА КЕРНА  
DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF INERT INSULATING CORING**

*Евдокимов И.Н., Лосев А.П., Могильниченко М.А.  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва*

*Evdokimov I.N., Losev A.P., Mogilnichenko M.A.  
Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow*

Точность подсчета запасов и технологии разработки и эксплуатации месторождений в немалой степени зависит от качественного отбора кернового материала. Получение достоверных сведений о механических свойствах разбуриваемой породы по разрезу дает объективную оценку напряженного состояния горного массива, что обуславливает выбор параметров режима бурения, типа буровых долот. Определение петрофизических характеристик кернового материала позволяет с большой достоверностью выбрать рациональную систему разработки месторождения, МУН и др.

Но, несмотря на существование спектра различных технологий и даже на наличие регламентирующих документов по организации отбора, транспортировки и хранения керна, остается открытым вопрос обеспечения полной изоляции отобранных горных пород при их подъеме, сохранения их физических свойств, максимально соответствующих характеристикам естественного массива.

Для решения этой проблемы в буровой практике широко распространены изолирующие гелеобразные системы основе ПАА, эмульсий и др. Но использование таких составов не гарантирует их физико-химическую инертность к горной породе. В частности, молекулы ПАА могут адсорбироваться на глинистых минералах, что приводит к изменению не только их физических свойств, но и структуры кернового материала. Кроме того, используемые составы не обеспечивают механическое сохранение керна при разборке снаряда и транспортировки керна в хранилище.

Для решения этой проблемы в НИИ физических методов исследования пластовых флюидов и промысловых дисперсных систем на кафедре физики РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина была разработана рецептура инертного изолирующего состава для отбора керна NedraCore на основе синтетического эластомера. В качестве растворителей использовали синтетические масла, которые инертны к поверхности порового пространства и по отношению к насыщающим керн флюидам.

Для определения степени проникновения состава в структуру керна в состав добавляли флуоресцирующие компоненты, светящиеся в УФ диапазоне. Было установлено, что NedraCore не проникает в структуру порового пространства керна в пластовых условиях (80 °С,  $\Delta P=15$  атм). Эффективная вязкость менее 80 мПа·с при температурах выше 50 °С, что обеспечивает хорошую текучесть. С понижением

температуры состав активно гелируется, формируя в поверхностных условиях практически твердый эластомер, обеспечивая изоляционную корку и механическое закрепление колонки. Кроме этого, при анализе кернового материала загрязненную часть легко отделить от чистой, используя методы: флюоресценции; ИК-спектроскопии по синтетическому маслу, которое не родно с насыщающими керн нефтями.

**РАЗРАБОТКА КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ ТАМПОНАЖНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ  
ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ СЕРОВОДОРОДНОЙ  
АГРЕССИИ**

**DEVELOPMENT OF CORROSION-RESISTANT CEMENT COMPOSITIONS FOR  
WELL CEMENTING IN CONDITIONS OF HYDROGEN SULFIDE AGGRESSION**

*Жапхандаев Ч.А., Николаев Н.И.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Zhapkhandayev Ch.A., Nikolaev N.I.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Практика цементирования скважин в интервалах, где имеются флюиды, в составе которых присутствует сероводород, в различных агрегатных состояниях, показывает, что качество крепи остается на низком уровне. Это связано, в первую очередь с тем, что нет однозначных выводов о механизме и последствиях этого вида коррозии. Во многом это вызвано тем, что агрессивность сероводорода значительно выше других и осложнения, возникающие при сероводородной коррозии, более тяжелые, чем при аналогичных видах коррозии. Очевидно, что основным способом повышения качества цементирования скважин является изменение свойств тампонажного раствора путем регулирования его состава.

Целью исследовательской работы является повышение качества и надежности крепи скважин в сероводородсодержащей среде путем применения коррозионностойких тампонажных материалов.

Экспериментальные исследования были направлены на изучение физико-механических свойств и коррозионной стойкости цементного камня и тампонажных смесей с различными концентрациями реагентов.

Механическая прочность крепи является главной характеристикой цементного камня и зависит от: вида цемента, водоцементного отношения, наличия химических добавок, условия твердения.

\*\*\*

The practice of cementing wells in intervals where there are fluids in which hydrogen sulphide is present, in different aggregate states, shows that the quality of the support remains at a low level. This is connected, first of all, with the fact that there are no unambiguous conclusions about the mechanism and consequences of this type of corrosion. This is largely due to the fact that the aggressiveness of hydrogen sulphide is much higher than others and

the complications arising from hydrogen sulfide corrosion are more severe than with similar types of corrosion. Obviously, the main way to improve the quality of cementing wells is to change the properties of a grouting mortar by regulating its composition.

The objective of this research work is to improve the quality and reliability of cementing in hydrogen sulfide-containing environment by applying a corrosion resistant cement materials.

Experimental research was aimed at studying physico-mechanical properties and corrosion resistance of cement stone and cement mixtures with different concentrations of reagents.

The mechanical strength of the lining is the main characteristic of the cement stone and depends on: the type of cement, water-cement ratio, the presence of chemical additives, the conditions of hardening.

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН БОВАНЕНКОВСКОГО И УРЕНГОЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF IMPROVING THE QUALITY OF WELL CASING AT THE BOVANENKOE AND URENGOYSKOE DEPOSITS**

*Зими́на Д.А., Дво́йников М.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Zimina D.A., Dvoynikov M.V.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

В работе исследуются проблемы крепления скважин в районах с наличием многолетнемерзлых пород (ММП). Проведен анализ основных осложнений, проявляющихся при цементировании скважин и во время формирования тампонажного камня в условиях криолитозоны. По практическим данным, очевидно, что существующие материалы и технологии цементирования обсадных колонн, особенно кондукторов и направлений, в ММП не обеспечивают требуемого качества работ и герметичности, в связи с чем, должны быть усовершенствованы.

Анализ результатов цементирования кондукторов и направлений на Бованенковском и Уренгойском нефтегазоконденсатных месторождениях при бурении эксплуатационных наклонно-направленных скважин показал проблему низкой адгезии цементного камня с обсадной колонной и окружающими горными породами. При цементировании использовался портландцемент ЦТРС-50 (АРМ) - тампонажный расширяющийся стабилизированный цемент с армирующими добавками и облегченный тампонажный цемент ЦТРО.

Перспективным направлением обеспечения герметичности контактной зоны (цементный камень - горная порода), в связи с большими значениями отсутствия сцепления цементного камня, является использование тампонажных композиций, обладающих способностью к расширению при твердении. Разрабатываются

расширяющиеся тампонажные системы с нормированными свойствами эксплуатации в условиях низких и отрицательных температур на основе оптимизации параметров их объемного расширения и гидратации с учетом технологии приготовления и гидродинамики процесса цементирования

\*\*\*

The article deal with the problem of well casing in areas with the presence of permafrost. The analysis of the main complications during cementation of wells and during the formation of a cement in permafrost conditions was carried out. According to practical data, it is obvious that the existing materials and technologies of cementing casing strings, especially conductors and surface pipes, in permafrost do not provide the required quality of work and containment, and therefore should be improved.

The analysis of cementing of conductors and surface pipes at the Bovanenkovo and Urengoy oil and gas condensate fields while drilling exploitation directional wells showed the problem of low adhesion of cement stone with casing and surrounding rocks. During operation of cementing wells, Portland Cement TSTRS-50 (AWP) was used - a expanding stabilized cement with reinforcing additives and a lightweight cementing cement TSTRO.

A promising direction to ensure the containment of the contact zone (cement stone - rock), due to the large values of the lack of cement stone, is the use of grouting compositions that have the ability to expand during consolidation. Expanding cement systems with normalized operation properties under conditions of low and negative temperatures are developed on the basis of optimizing the parameters of their cubic expansion and hydration, taking into account the technology of preparation and hydrodynamics of the cementing process.

**ТИРАЖИРОВАНИЕ УСПЕШНЫХ ПРАКТИК БУРЕНИЯ СКВАЖИН ПО  
РЕЗУЛЬТАТАМ ОПЫТНО – ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОТ  
REPLICATION OF SUCCESSFUL WELL DRILLING PRACTICES ACCORDING  
TO RESULTS OF PILOT OPERATIONS**

*Исхаков А.Ф., Абаев А.Н.*

*ООО «УК «Татбурнефть», Альметьевск*

*Iskhakov A.F., Abayev A.N.*

*MC Tatburneft, LLC, Almet'yevsk*

В докладе представлена краткая история развития «Управляющей компании «Татбурнефть» – специализирующаяся на бурении скважин различной категории сложности. На сегодняшний день пробурено более 80 млн. метров горных пород, сдано в эксплуатацию более 50 тысяч скважин. Компания осуществляет деятельность на территории Республики Татарстан, Удмуртии, Пермском крае, Самарской, Ульяновской и Оренбургской областей, всегда открыта для сотрудничества в других регионах. Постоянное совершенствование процесса строительства скважин и

внедрение проектного подхода позволило снизить стоимость всего комплекса работ. Нашей компанией были разработаны ряд мероприятий, направленные на рост коммерческих и механических скоростей. Сокращение цикла строительства скважин до 5 суток.

В докладе рассматриваются примеры применения успешных практик на скважинах и результаты внедрения.

\*\*\*

The Report summarizes a brief history of Tatburneft development specializing in drilling of wells of different complexity. For the moment more than 80 million meters of rocks have been drilled and more than 50 thousand wells have been commissioned. Company runs its activities in the territory of the Republic of Tatarstan, Udmurtia, Perm kray, Samara, Ulianovsk and Orenburg regions, and it is always open to cooperation in the other regions. Continuous improvement of well construction process and implementation of a new design approach allowed reducing the cost of the whole work package. Our Company developed several activities to increase the commercial and mechanical drilling rates. Well construction cycle has been reduced to 5 days.

The Report provides examples and results of application and implementation of successful drilling practices.

## **ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ БУРЕНИЯ OPERATIONAL CONTROL AND MANAGEMENT OF DRILLING PARAMETERS**

*Кадочников В.Г., Двойников М.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Kadochnikov V.G., Dvoynikov M.V.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Эффективность бурения оценивается сроками, качеством, безаварийностью и основными капитальными затратами на строительство скважин. Повышение эффективности бурения нефтяных и газовых скважин зависит от рационального выбора наземного и внутрискважинного оборудования с учетом оптимальной технологии их использования. Надежность данного оборудования в скважине обеспечивается контролем и оперативным управлением основных параметров бурения – осевой нагрузки, частоты вращения долота и расхода промывочной жидкости.

Анализ результатов бурения наклонно-направленных скважин показал, что проводка сложно построенных проектных траекторий профилей, в том числе скважин с большими отходами от вертикали (БОВ), в 25-30% случаев сопровождается затяжками и посадками бурильной колонны (БК). Эти осложнения обусловлены неконтролируемостью напряженно-деформированного состояния БК и несоответствием измеряемых на устье реологических свойств буровых растворов истинным значениям его эквивалентной циркуляционной плотности (ЭЦП).

Обозначенные неточности определения и контроля приводят к отворотам и изломам элементов компоновки бурильной колонны, а резкие изменения ЭЦП при узком диапазоне допустимых значений градиентов пластовых давлений и гидроразрыва горных пород могут приводить к дифференциальным прихватам и поглощению раствора или, наоборот, к газонефтеводопроявлению. Используемые при проводке скважин БОВ дорогостоящие датчики определения затрубного давления в процессе бурения APWD не предоставляют достоверную информацию о фактическом забойном давлении и не позволяют контролировать ЭЦП. Недостаточный контроль ЭЦП датчиком APWD обусловлен невозможностью оперативного определения свойств бурового раствора с учетом шламообразования в некоторых зонах кольцевого пространства, а также удаленностью его установки (10 – 20 м) от долота.

Вышеизложенное подтверждает необходимость разработки алгоритма оперативного управления частотно-силовыми параметрами бурения с учетом гидродинамической составляющей промывки скважины.

\*\*\*

The efficiency of drilling is estimated by terms, quality, accident-free operation and basic capital costs for well construction. Increasing the efficiency of drilling oil and gas wells depends on the rational choice of ground and downhole equipment, taking into account the optimal technology for their use. The reliability of this equipment in the well is ensured by the control and operative management of the main parameters of drilling - axial load, bit rotation frequency and mud flow rate.

Analysis of the directional wells drilling results showed that the hole drilling with complex project trajectories of profiles, including extended reach drilling (ERD), in 25-30% of cases is accompanied by tightening and jamming the drill string (DS). These complications cause the uncontrollability of its stress-strain state of the DS. Also it caused by the discrepancy of the rheological properties of the drilling fluids measured in the wellhead with the true values of its equivalent circulating density (EDS). The indicated inaccuracies lead to the backing off the tools and kinks of the elements of the bottom hole assembly. Sharp ECD changes in narrow ranges of acceptable values of reservoir pressure and breakdown pressure can lead to the differential sticking and mud absorption or, conversely, it can lead to the gas-oil-water kick. The costly sensors of annulus pressure while drilling "APWD" used in extended reach drilling do not provide reliable information about the actual bottom hole pressure and do not allow controlling the ECD. Insufficient density control by the sensor is caused by the inability to quickly determine the properties of the drilling mud taking into account the sludge formation in some zones of the annular space. This is also related to the remote installation of the sensor from the bit (10-20 m).

The foregoing confirms the need to develop an algorithm for the operational control of the frequency-force parameters of drilling, taking into account the hydrodynamic component of the well flushing.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БУРОВЫМ УСТРОЙСТВОМ DEVELOPMENT OF DRILLING DEVICE'S CONTROL SYSTEM

*Куницких А.А., Мелехин А.А., Русинов Д.Ю.*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь*

*Kunitskikh A.A., Melekhin A.A., Rusinov D.Iu.*

*Perm National Research Polytechnic University, Perm*

В настоящее время растет доля трудноизвлекаемых запасов углеводородов, для добычи которых нередко необходимо строительство скважин, имеющих сложный пространственно-искривленный профиль. Для обеспечения проводки ствола скважины по заданному профилю все большее применение находят роторные управляемые системы (РУС), которые позволяют оперативно управлять направлением действия долота в процессе бурения.

В данный момент на рынке сервисных услуг отсутствуют конкурентоспособные РУС отечественного производства. В рамках программы импортозамещения разрабатывается система управления буровым устройством (СУБУ). При создании СУБУ используется принцип модульности. Основными модулями устройства являются система отклонения вала, система определения пространственного положения, система питания и система передачи данных.

В системе отклонения вала заложен принцип «Point-the-bit» – позиционирование долота. Принцип отклонения «Point-the-bit» позволяет избежать формирования спиральных и желобных выработок на стенках скважины и обеспечивает более цилиндрическую форму ствола скважины, нежели при использовании других отклоняющих устройств.

Механизм позиционирования долота обеспечивает отклоняющее усилие за счет создания угла перекоса вращающегося шарнирно-соединенного вала. В основе подвижных шарнирных соединений заложен принцип гомокинетического шарнира. Регулирование угла перекоса вала осуществляется тремя клиновыми механизмами, расположенными с радиальным смещением 120 градусов относительно друг друга. Перемещение кулачков клиновых механизмов осуществляется электродвигателями через планетарный редуктор. Применение электродвигателей в приводе обеспечивает высокую точность создаваемого угла перекоса вала. Вращение шарнирно-соединенного вала происходит в масляной ванне. Через канал внутри вала системы отклонения к породоразрушающему инструменту подается буровой промывочный раствор.

Корпус системы отклонения вала в процессе бурения не вращается за счет установки вала в подшипниковых узлах и установке на корпусе центратора, находящегося в постоянном контакте со стенкой скважины.

СУБУ способна работать при забойном давлении до 40 МПа, расходе промывочной жидкости до 35 л/с, частоте вращения колонны труб до 200 об/мин, осевой нагрузке до 18 тонн и крутящем моменте до 10 кН·м.

Проведенные стендовые испытания и прочностные расчеты узлов СУБУ подтверждают обоснованность выбранных конструктивных решений и работоспособность системы в целом.

\*\*\*

At present, the share of hard-to-recover reserves of hydrocarbons is growing, for which often it is required to construct wells with a complex three-dimensional position curved profile. Increasingly frequently rotary steerable systems (RSS) are used to drill for a required profile, which allow efficiently controlling the direction of the bit during drilling.

At the moment, there are no competitive domestic-produced RSS in the market of services. Within the Import Substitution Program, a drilling device's control system (DDCS) is being developed. The modularity principle is used to create DDCS. The main modules of the device are the shaft deflection system, the definition three-dimensional position system, the power system and the data transmission system.

The shaft deflection system uses the "Point-the-bit" principle. The principle "Point-the-bit" avoids the appearance of spiral and groove on the well walls and provides a more cylindrical shape of the well than with the use of other deflecting devices.

The bit positioning mechanism provides a deflection force by creating a swivel angle of the rotating journaled shaft. The journaled shaft uses the principal of homokinetic ball joint. The adjustment of the shaft angularity is carried out by three wedges, which are arranged with a radial offset on 120 degrees relative to each other. The wedge movement is carried out by electric motors through a planetary reducer. The use of electric motors in the drive ensures high accuracy of the created angle of the shaft misalignment. The rotation of the journaled shaft takes place in the oil bath. A drilling mud is supplied the rock cutting tool through the channel inside the shaft of the deflection system.

The body of the shaft deflection system does not rotate during the drilling process due to the installation of the shaft in the bearing assemblies and the installation of the centralizer on the body, which has constant contact with the wall of the well.

DDCS can work under 40 MPa bottomhole pressure, 35 liters per second washing liquid consumption, 200 rpm tubing speed, 18 tons axial load and 10 kN m torque.

Conducted bench tests and strength calculations of the DDCS nodes confirm the validity of the selected design solutions and the operability of the system.



**ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА  
DRILLING SOFTWARE SYSTEM FOR ARCTIC SHELF**

*Куншин А.А.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Kunshin A.A.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Согласно оценкам и исследованиям перспектив нефтегазоносности территории России, основные объёмы прироста запасов, увеличение и стабилизацию добычи углеводородного сырья планируется осуществлять за счёт привлечения ресурсов континентального шельфа и в первую очередь арктического.

Повышение добычи углеводородного сырья путём разработки, морских месторождений, а также доразработки ранее разбуренных площадей предусматривает реализацию сложно построенных проектных профилей скважин, траектории которых могут содержать искривленные участки, имеющие ограниченный (минимально возможный) радиус или наклонно прямолинейные участки большой протяженности (более 3000 м). Наличие таких траекторий обусловлено труднодоступностью нефтегазовых объектов.

Снижение аварийности и повышение эффективности бурения скважин с береговой линии арктического шельфа возможно за счёт разработки оперативного программного комплекса основанного на оптимизации моментно – силовых показателей динамики внутрискважинного инструмента, а также дополнительных технических и технологических мероприятий проводки скважины.

Для проведения исследований напряженно – деформированного состояния (НДС) бурильной колонны (БК), а также оптимизации режимных параметров реализации сложно построенных проектных траекторий скважин, использован корреляционно – регрессионный анализ НДС бурильного инструмента, а также параметров бурения с учётом пространственного искривления траектории скважины.

Разработанный программный комплекс позволяет оптимизировать параметры бурения проектных траекторий профилей, а также дать экспертную оценку режимов проводки участков траектории по фактическим данным реализованных скважин.

Результаты расчётов в программном комплексе и их анализ используются при проведении лабораторных и практических занятий для студентов и аспирантов нефтегазового профиля, Санкт – Петербургского горного университета.

\*\*\*

According to estimates and exploration of Russia oil-and-gas content, the main volumes of reserves increment, extension and stabilization of hydrocarbon production are planned to be realized due to resources attraction of the continental shelf and, first of all, the Arctic shelf.

Extension hydrocarbon production through the development, offshore fields, as well as the development of previously drilled areas, involves the implementation of complex well design well profiles, which well path may contain curvatures with a limited (irreducible) radius or hold sections of long-reach horizontal wells (more than 3000 meters). Presence of such well path due to hardness of oil and gas reservoirs.

Reducing the accident rate and improvement of drilling efficiency from the Arctic seashore is possible due to the development of an operational software complex based on the optimization of drilling torque and power indicators, as well as additional technical and technological measures for well targeting.

Exploit the correlation regression analysis of the drilling tool stress-strain behavior and drilling parameters with well path.

The developed software complex make it possible to optimize drilling parameters, as well as give an expert assessment of drilling practices for difficult drilling zones with unusual well path.

Calculation data in the software complex and its analysis are used in laboratory work and practical classes for students and postgraduates of the oil and gas department in SPMU.

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗОЛЯЦИИ  
ВОДОПРИТОКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН  
JUSTIFICATION AND DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR ISOLATION  
OF WATER INFLOWS TO IMPROVE THE QUALITY OF WELL CEMENTING**

*Кучин В.Н., Двойников М.В., Нуцкова М.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Kuchin V.N., Dvoynikov M.V., Nutskova M.V.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Объемы добычи углеводородного сырья на месторождениях Западной Сибири и других регионов России в большей части еще связаны с разработкой площадей открытых в 70-80 годах. Длительные сроки освоения способствовали усложнению условий строительства скважин на этих месторождениях, в особенности в вопросах обеспечения надежности разобщения вскрываемых продуктивных пластов. Возросло число поглощений цементного раствора при креплении скважин, не редки случаи пластовых проявлений при их эксплуатации.

Разработка технологий временной изоляции проницаемых горизонтов с целью ограничения водопритоков является целесообразной для повышения качества заканчивания скважин.

Временная изоляция проницаемых водоносных пластов – технологически необходимая операция, которая значительно осложняется при низких пластовых давлениях. Актуальным является применение составов с низкой плотностью. Примерами подобных составов являются эмульсии и пены.

Пены, применяемые для блокирования должны быть стабильными в течение всего периода остановки скважины. Эффективным наполнителем для стабилизации состава является молотый карбонат кальция, который при кислотной обработке успешно растворяется.

Наиболее успешными жидкостями блокирования являются жидкости с низким показателем динамического напряжения сдвига в поверхностных условиях и с высоким в призабойной зоне пласта, что позволяет снизить вероятность проникновения жидкости глушения в продуктивный горизонт и ухудшить его фильтрационно-емкостные свойства. Высокие значения динамического напряжения сдвига в поверхностных условиях снижает КПД и эффективность закачивающего насоса.

Таким образом реологические исследования в работе направлены на проверку полученных составов данным требованиям, а также разработке новых составов.

В работе рассмотрены четыре схемы технологии проведения закачки пены в необходимый интервал. Имело место обращение именно к опыту глушения скважин с использованием вязкоупругих составов.

Был выбран самый оптимальный, экономически выгодный и простой метод закачки трехфазной пены в скважины для блокирования водоносного горизонта. А так же предоставлена схема проведения данного процесса.

\*\*\*

Volumes of production of hydrocarbons on oil fields of Western Siberia and other regions of Russia mostly still related to the development of open space in 70-80 years. Long-term development contributed to the complication of conditions for the construction of wells on these fields, particularly in issues of reliability of separation of the open reservoirs. Increase in the number of acquisitions of the cement when cementing, it is not uncommon manifestations of reservoir during operation.

Development of technologies for the temporary isolation of permeable horizons with the aim of water shutoff is advisable to improve the quality of well completion.

Temporary isolation of permeable aquifers is technologically necessary operation that much more complicated at low reservoir pressures. It is a topical application of compounds with low density. Examples of such compositions are emulsions and foam.

Foam used for blocking must be stable during the entire period of shut-ins. Effective excipient for the stabilization of the composition is ground calcium carbonate, which upon acid treatment successfully dissolves.

The most successful blocking liquids are liquids with a low dynamic shear stresses in surface conditions with a high in the bottomhole zone of the reservoir, which allows to lower the probability of penetration of the killing fluid in the productive horizon and degrade its permeability and reservoir properties. High values of dynamic shear stresses in the surface conditions reduces the efficiency and effectiveness of pumping of the pump.

Therefore, rheological studies in the work aimed at verification of the obtained compositions, according to the requirements, as well as develop new formulations.

The paper discusses four techniques of injection of the foam in the desired interval. There was appeal to the experience of well killing using the visco-elastic formulations.

It was chosen the most optimal, cost-effective and simple method for the injection of three-phase foam into the well to block the aquifer. As well as the supplied diagram for the process.

**ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ  
ДОБЫЧИ ВЯЗКОЙ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМОЙ НЕФТИ  
THE RATIONALE FOR THE CHOICE OF SOURCE OF HEAT ENERGY FOR THE  
PRODUCTION OF A VISCOUS HARD-TO-RECOVER OIL**

*Лебедев В.А., Карабута В.С.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Lebedev V.A., Karabuta V.S.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Высоковязкая и тяжелая нефть входят в категорию трудноизвлекаемых запасов, на долю которых сегодня приходится около 36% от общих объемов добычи нефти в Российской Федерации, а по прогнозам экспертов к 2020 году этот показатель вырастет до 77% от всей добычи. Для добычи одной тонны высоковязкой или тяжелой нефти необходимо ввести в разработку от двух до пяти раз больше трудноизвлекаемых запасов и пробурить в два - пять раз больше скважин по сравнению с залежами активных запасов. Коэффициент извлечения высоковязкой и тяжелой нефти, как правило, в 2-3 раза ниже коэффициента извлечения нефти, относящейся к активным запасам. Наиболее распространенными способами повышения добычи высоковязкой и тяжелой нефти являются термические паро- и парогазовые технологии. При термической обработке нефтесодержащего пласта паром происходит снижение вязкости нефти под воздействием тепла, термическое расширение нефти, актуализация газонапорного режима, рост подвижностей и фазовых проницаемостей нефти и воды, а также внутрипластовая дистилляция остаточной нефти паром. По сравнению с простой термической паровой технологией термическая парогазовая технология представляется более эффективной, так как присутствие в парогазовой смеси, в основном, топочных газов и, в частности, углекислого газа оказывает положительное влияние на коэффициент вытеснения нефти, увеличивает проницаемость коллектора, предупреждает разбухание глин, дополнительно снижает вязкость нефти, а также понижает водонефтяной и паронефтяной факторы. Применение термической парогазовой технологии предполагает использование наземных комплексов генерирования парогазовой смеси или забойных генераторов парогазовой смеси. Недостатками существующих технологий являются: необходимость создания специальных конструкций, использование специализированного топлива, низкая энергоэффективность. Основная проблема заключается в обеспечении тепловой энергией описанных раньше технологий. В докладе предлагается использовать теплоэнергетические технологии, а именно когерационные энергетические установки

(ЭУ), которые производят тепловую и электрическую энергию. Данный комплекс может использоваться для энергоснабжения буровых установок. Когенерационная ЭУ может быть построена на базе ГТУ, ПГУ и др. В качестве топлива может использоваться попутный нефтяной газ. Когенерационные комплексы обладают хорошей энергоэффективностью и могут повысить эффективность в добычи трудноизвлекаемой нефти.

**АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ СМАЗОЧНЫХ ДОБАВОК  
ДЛЯ ПОЛИМЕРМЕЛОВЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ  
ANALYSIS AND EVALUATION OF THE APPLICABILITY OF THE  
LUBRICATING ADDITIVES FOR CHALK DRILLING FLUIDS**

*Макарова Н.С., Блинов П.А.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Makarova N.S., Blinov P.A.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Одно из основных направлений развития технологии бурения скважин связано с увеличением глубин, проходке протяженных наклонных и горизонтальных участков. Для реализации этого требуется создать условия, при которых буровой снаряд будет работать эффективно и безаварийно. Основными факторами при этом являются прочностные характеристики бурильной колонны, устойчивость ствола скважины, режимы работы забойного двигателя и долота, свойства бурового раствора. Одним из главных параметров бурового раствора при этом является смазывающая способность. Улучшение смазочных свойств буровых растворов, как правило, достигается путем введения в них специальных смазочных добавок. Высокая смазывающая способность увеличивает скорость строительства скважины, что способствует значительному снижению затрат, в то время как малое содержание смазывающих веществ в буровом растворе приводит к износу долота, обсадных колонн, вызывает значительное сопротивление при передаче крутящего момента и повышает вероятность дифференциальных прихватов. В настоящее время существуют десятки смазочных добавок для буровых растворов. Большинство из них исследовались на глинистых суспензиях. В последнее время начали широко применять полимермеловые растворы, в особенности для вскрытия продуктивных горизонтов.

Целью данного исследования является анализ и оценка применимости некоторых смазочных добавок для бурения с использованием полимермеловых буровых растворов.

\*\*\*

One of the main directions of development of the technology of wells drilling associated with increasing depths, the excavation extended inclined and horizontal sections. To implement this you need to create the conditions under which the drilling Assembly will

operate efficiently and trouble-free. The main factors are the strength characteristics of the drill string, wellbore stability, modes of operation of the downhole motor and bit, properties of drilling mud. One of the main parameters of the drilling fluid is the lubricating ability. Improving the lubricating properties of drilling fluids usually is achieved by introducing them to special lubricating additives. High lubricity increases the speed of well construction that contributes to a significant cost reduction, while small content of oil and lubricants to the drilling fluid leads to wear of the bit, casing of columns, causes significant resistance to the transmission of torque and increases the chance of differential sticking. Currently, there are dozens of lubricating additives for drilling fluids. Most of them were investigated for clay suspensions. In recent times it has been widely used polymerservice solutions, especially for the opening of productive horizons.

The aim of this study is analysis and evaluation of the applicability of certain lubricating additives for drilling using polymermash drilling fluids.

**ДИНАМИКА ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА АНТАРКТИДЫ И ГРЕНЛАНДИИ,  
КАК ФАКТОР, ОСЛОЖНЯЮЩИЙ БУРЕНИЕ СКВАЖИН ВО ЛЬДУ  
DYNAMICS OF ANTARCTIC AND GREENLAND ICE SHEETS  
AS A FACTOR COMPLICATING THE DRILLING OF HOLE IN ICE**

*Марков А.Н.*

*Центр полярных исследований, Цзилиньский университет, Чанчун (КНР)*

*Markov A.N.*

*Polar Research Center, Jilin University, Changchun Cit (China)*

На основании измерений в глубоких ледовых скважинах, радиолокационных и космогеодезических наблюдений в Антарктиде и Гренландии зарегистрирован ряд особенностей массопереноса льда, не укладывающихся в традиционные, но гипотетические представления о монотонном единообразном изменении в пространстве динамики покровных ледников. Без учёта этих особенностей бурение ледовых скважин может сопровождаться систематическими аварийными ситуациями.

Специалистами России по результатам многолетнего мониторинга координат осей скважин на станции Восток (до 1920 м), профиле Восток – Восток-1 – Пионерская – Мирный (1409 км, до глубины 450 м) и анализа радиолокационных разрезов выявлено следующее: а) Антарктический ледниковый покров имеет слоистое изменение скорости и «вверное» изменение направления течения по глубине; б) фирновый пластичный слой обладает индивидуальными параметрами динамики и практически «стекает» с более монолитного «тела» ледникового покрова (отличие направления течения до 30...80°); в) внутри покрова нижележащие массы льда местами текут быстрее верхних.

Исследователями США и Дании на радиолокационных разрезах в нижней трети ледниковых куполов центральных областей Антарктиды (AGAP) и Гренландии (NEEM) зарегистрированы складчатые структуры, не характерные для покровных

ледников. Проведённый нами тектонический анализ позволяет констатировать, что генезис этих ледовых структур идентичен диапировым складкам и диапирам при вытеснении нижних пластичных масс льда верхними монолитными, или кулисным складкам смятия нижних слоёв льда при их более быстром потоке по коренному ложу в сравнении с вышележащей толщей. Это позволяет утверждать, что в обширной придонной, наиболее пластичной области может происходить турбулентное течение льда, а модель динамики ледниковых покровов рассмотрена как выдавливание нижележащих масс вышележащими.

Специалистами США по результатам радиолокационной интерферометрии со спутников Канады, США, Европы и Японии (RADARSAT-1,2; Envisat ASAR; ERS-1/2; ALOS PALSAR) определена карта скорости 3D структуры потоков дневной поверхности ледникового покрова Антарктиды. Проведённый нами морфологический анализ позволяет сделать вывод, что эти потоки взаимодействуют друг с другом в условиях сильной дифференциации наклона поверхности течения по горному рельефу коренного ложа и аналогичны слиянию ледников с индивидуальными особенностями из различных ледосборных бассейнов.

\*\*\*

Based on data of measurements in deep ice boreholes, as well as of radar and space geodetic observations in Antarctica and Greenland, a number of new features of the ice mass transport had been revealed. Note that these features do not correspond to the traditional but still hypothetical notions (ideas) of the monotonous and uniform spatial changes in the ice sheet dynamics. Without taking these features into account drilling ice holes can be accompanied by systematic emergency situations.

Using results of the long-term monitoring of the borehole coordinate axes at the Vostok station (down to 1920 m), east profile Vostok – Vostok 1 – Pionerskaya – Mirny (1409 km, down to the depth of 450 m), and analysis of radar sections, Russian specialists revealed the following: a) the Antarctic ice sheet has stratified changes in speed and a fan-like change in the flow direction along the depth; b) plastic firn layer has individual parameters of dynamics and actually flows down from more monolithic body of the ice sheet (the flow directions differ by 30–80°); c) in some places inside the sheet, the underlying ice masses flow faster than the upper ones.

Researchers from the United States and Denmark registered on the radar sections of the lowest third of the ice domes in the central regions of the Antarctica (AGAP) and Greenland (NEEM) some folded structures, which were not typical of ice sheets. The tectonic analysis we have performed allows making a conclusion that a genesis of these ice structures is identical to the diapir folds and to diapirs which are formed at a displacement of lower plastic ice masses by the upper monolithic ones, or to echelon folds of crumpling of lower ice layers at their faster flow along original bed as compared with the overlying ice mass. This makes possible to suggest that a turbulent ice flow can occur in the spacious near-bottom and the most plastic area, and a model of the ice sheet dynamics is considered as extruding of underlying masses by the overlying ones.

Specialists of the United States analyzed results of the radar interferometry obtained from satellites of Canada, the US, Europe, and Japan (RADARSAT-1, 2; Envisat ASAR; ERS-1/2; ALOS PALSAR) and determined a velocity map of the 3D-structure of the flow of the day surface of the Antarctic ice sheet. We conducted the morphological analysis and made the conclusion that these flows interact to one another under conditions of the strong differentiation of a surface inclination of the ice flow moving down along the mountain relief of original bedrock.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИЙ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ  
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ САЛЬНИКООБРАЗОВАНИЯ  
INVESTIGATION MUD COMPOSITIONS FOR PREVENTING FORMATION OF  
SEALS**

*Мартель А.С., Леушева Е.Л.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Martel A.S., Leusheva E.L.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Как известно, множество разрезов скважин (особенно в Западной Сибири) сложено глинистыми породами или их переслаиванием. Такие породы при бурении промывочными жидкостями на водной основе склонны к гидратации, прилипанию к долоту и элементам компоновки низа бурильной колонны (КНБК), что снижает скорость бурения и приводит к различным осложнениям. В таких условиях необходимо применение технологических и технических решений. Одно из них – разработка и применение специальных буровых растворов, предотвращающих сальникообразование и улучшающих буримость пластичных горных пород.

Сальники на долоте и элементах КНБК могут образовываться по причине: недостаточная очистка забоя; работа долота при отсутствии циркуляции промывочной жидкости; бурение липких пород.

Улучшение качества полимерных ингибированных промывочных жидкостей достигается введением в рецептуру дополнительных добавок, выбор которых производится на основе специальных научно-исследовательских работ.

В данной работе сделана попытка определить взаимосвязь между сопротивлением искусственных глинистых образцов внедрению стального цилиндра и составом бурового раствора. Лабораторные исследования проводились на приборе Вика с пестиком (также его называют «Пестик Майера»).

На основании теоретических и полученных экспериментальных данных был сделан вывод о том, что для бурения скважин в глинистых отложениях возможно применение бурового раствора на основе биополимеров с небольшими добавками поверхностно-активных веществ, например таких, как сульфанол. Снижение возможности сальникообразования происходит за счет образования полимерной пленки



на искусственном забое, что снижает степень проникновения бурового раствора в зону предразрушения породы. При этом рост скорости углубления в промышленных условиях отмечается за счет лучшей очистки забоя от выбуренной породы.

**АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНОЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ  
СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ И АНОМАЛЬНО НИЗКОГО  
ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ**  
**ANALYSING THE APPLICATION OF FOAM CEMENTS FOR WELL CASING IN  
THE CRYOLITE ZONES AND ZONES WITH ABNORMALLY LOW FORMATION  
PRESSURE**

*Мерзляков М.Ю., Яворская А.А.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Merzlyakov M.Yu., Yavorskaya A.A.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Пеноцементные смеси нашли широкое применение при сооружении скважин, строительство которых осложнено наличием аномально низкого пластового давления (АНПД) или многолетнемерзлых пород (ММП).

Наличие полых ячеек, заполненных газом, обуславливает низкую плотность (до 360 кг/м<sup>3</sup>) и теплопроводность (0,25-0,7 Вт/(м·С)) пеноцементных смесей. Ввиду малой плотности они могут быть использованы для создания оптимального гидростатического давления в скважинах с АНПД, а невысокая теплопроводность препятствует растеплению ММП. Особая структура данных смесей позволяет избежать чрезмерных потерь тампонажного материала при изоляции поглощающих пластов. Для их приготовления требуется незначительное количество воды, удерживаемой надёжно смесью, что особенно важно для крепления горизонтальных или наклонно-направленных скважин, а также скважин, пройденных в криолитозоне.

Камень, образуемый из пеноцементной смеси, по сравнению с обычным цементным камнем отличается лучшими механическими свойствами. Его пористая структура препятствует развитию в нём трещин, которые могут возникнуть в камне под действием температурных колебаний и циклических нагрузок при изменении гидростатического давления в скважине. Помимо этого, камень, сформированный пеноцементной смесью, имеет надежную адгезию с обсадной колонной и горными породами, характеризуется низкой теплопроводностью и водогазопроницаемостью, а также высокой морозостойкостью.

Для придания пеноцементным смесям большей стабильности в их состав планируется вводить вспученный перлит, базальтовое или полипропиленовое фиброволокно. Ожидается, что отмеченные добавки позволят получить лёгкий цементный камень, который будет иметь более высокую прочность, трещиностойкость, морозостойкость, водостойкость, коррозионную стойкость, водогазонепроницаемость.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку и изучение новых составов пеноцементных смесей для крепления скважин в отмеченных условиях.

\*\*\*

The foam cements are widely used for the construction of wells in the zones with abnormally low formation pressure or in the permafrost rocks.

The presence of hollow cells, which are filled by the gas, leads to the low density value (up to 360 kg/m<sup>3</sup>) and low heat conductivity (0.25-0.7 W/m·C) of the foam cement mixtures. Because of the low density, these cements can be used to create the optimal hydrostatic pressure inside the wells with the abnormally low formation pressure. Meanwhile the low heat conductivity prevents the defrosting of the permafrost rocks. The special structure of the given mixtures enables to avoid the cement slurry loss during the isolation of the permeable formations. For preparation of the foam cements, the low volume of the water is required to reliably maintain the mixture, which is especially important during the casing of the horizontal and directional wells, and for the wells in the cryolite zones.

The cement rock, formed from the foam systems, has better mechanical properties in comparison with the usual cement. The porous structure of the foam cements prevents from the formation of the fractures, which can be created in the rock due to the temperature variation and cyclic loadings during the hydrostatic pressure variation inside the well. Besides, the rock formed from the foam cements has reliable adhesion to the casing pipes and the adjacent rocks, low heat conductivity, low permeability and high frost resistance.

To provide the stability of the foam cements, the expanded perlite, basaltic or polypropylene vulcanized fibers can be added to the cement composition. It is expected that adding the mentioned reagents leads to the formation of a light cement rock, which has high strength characteristics, low permeability and high fracture, frost, water and corrosion resistance. The future experiment should be conducted to develop and study the new foam cement compositions for well casing applications in the mentioned conditions.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА  
НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ГАЗООБРАЗНОГО ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА  
ENERGY-EFFICIENCY INCREASE OF OIL AND GAS CONSTRUCTION WITH  
UTILIZATION OF GASEOUS ENERGY CARRIER AS FUEL**

*Моренов В.А.<sup>1</sup>, Розе Ф.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

<sup>2</sup>*Фрайбергская горная академия, Фрайберг (Германия)*

*Morenov V.A.<sup>1</sup>, Rose F.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

<sup>2</sup>*TU «Bergakademie Freiberg», Freiberg (Germany)*

Энергоснабжение при бурении нефтяных и газовых скважин в сложных климатических условиях характеризуется повышенными потребностями в электрической и тепловой энергии. Энергетические затраты на теплоснабжение производственных объектов, технологических и бытовых помещений могут в несколько раз превышать расход электрической энергии на привод бурового оборудования. Для энергоснабжения объектов как поискового, так и эксплуатационного бурения в большинстве случаев используются локальные электротехнические комплексы на базе дизель-генераторных установок. При этом разработка нефтяных месторождений сопровождается значительными объемами добычи попутного нефтяного газа, а при добыче природного газа возможно его использование в качестве топлива для энергоагрегатов. Поэтому при кустовом способе разработки группы скважин для осуществления тепло- и электроснабжения целесообразно применять энергогенерирующие установки, функционирующие на газообразном топливе, получаемом от введенных в эксплуатацию скважин. Для утилизации газа в качестве энергоносителя возможно использовать газотурбинные установки (ГТУ) или газопоршневые агрегаты (ГПА). Последней разработкой в области ГТУ являются микрогазотурбинные электроагрегаты (МГТЭА). В условиях низких температур атмосферного воздуха и высокой скорости ветра достаточное теплоснабжение необходимо как для обеспечения технологического процесса, а именно подогрева промывочной жидкости, так и для создания комфортных условий труда бригады бурильщиков. Одним из основных параметров теплового режима буровой вышки являются теплопотери. Ввиду данных структурных особенностей большая часть теплопотерь в здании буровой будет приходиться на инфильтрацию холодного воздуха через технологические проемы и отверстия, а также на потери теплоты через изолирующие конструкции. Значительное количество теплоты также требуется для поддержания рабочей температуры бурового раствора. Несоблюдение теплового режима циркуляции может привести к льдообразованию на стенках скважины и появлению ледяных пробок в элементах обвязки. Поэтому необходимо обеспечивать

подогрев бурового раствора в приемной емкости с учетом температуры окружающей среды. Необходимая тепловая мощность будет определяться количеством теплотерь приемной емкости с раствором. С учетом необходимой тепловой мощности для обеспечения функционирования бурового комплекса, возможно создание когенерационного энерготехнологического комплекса на базе МГТЭА, позволяющего обеспечить энергетические нагрузки потребителя, и, в то же время, снизить себестоимость производства энергии. В результате была разработана схема энергоснабжения производственных объектов при кустовом бурении с утилизацией тепла выхлопных газов ГТУ

\*\*\*

Power supplying of well drilling and oil and gas extraction on oil and gas fields at low temperatures of ambient air is characterized by increased requirements of electric and heat energy. Power costs for heating of production facilities, technological and living objects may exceed drilling equipment electric power consumption several times. Power supplying of prospecting and exploitation drilling objects is usually done by means of local electric power structures based on diesel power stations. In the meantime, exploitation of oil fields is accompanied by vast quantities of extracted associated petroleum gas, and while developing gas fields there are considerable amounts of natural gas and gas condensate. In this regard implementation of gas-powered self-sufficient power units functioning on produced crude products for power supplying is seen as most potential. For these purposes gas turbines (GT) or gas reciprocating engines (GRE) may be used. In addition gas-powered units are most efficiently used in cogeneration mode - combined heat and power production. Conducted research revealed that GT generate more heat than GRE while producing electricity. One of the latest GT design are microturbines (MT) - devices that may be efficiently exploited in combined heat and power mode. In conditions of ambient air low temperatures and high velocity wind sufficient heat supplying is required for both technological process, specifically for drilling mud heating, and for maintaining comfortable working conditions at the rig. One of the main heat regime parameters are the heat losses. Due to structural peculiarities of the rig most of the heat losses occur at cold air infiltration through the technological apertures and hatchways and heat transition of isolation constructions. Also significant amount of heat is required for working temperature sustaining of the drilling mud. Violation of circulation thermal regime may lead to ice build-up on well surfaces and ice blockages in armature elements. That is why it is important to ensure heating of the drilling mud chamber according to ambient air temperature. Needed heat power will be defined by heat losses of the chamber. Noting heat power required for drilling structure functioning, it is possible to create combined heat and power complex based on MT for satisfying consumer power needs and at the same time lowering power generation costs. As a result, combined power supplying scheme for multiple well drilling utilizing heat of MT flue gases was developed.

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ  
НА СФОРМИРОВАННУЮ КОРКУ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ  
ANALIZING THE EFFECT OF PROCESS FLUIDS ON DRILLING FLUIDS ON  
FILTER CAKES**

*Николаев Н.И., Петров А.А.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Nikolaev N.I., Petrov A.A.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Достижение равномерной и полной очистки ствола скважины от фильтрационной корки вдоль всего участка открытого ствола является необходимым и приводит к высоким результатам добычи, особенно в протяженных горизонтальных стволах. Во многих случаях невозможность достижения требуемой очистки ПЗС при освоении скважины в дальнейшем ведет к необходимости применения дорогостоящих повторных операций и КРС, экстенсивных химических и механических способов очистки ПЗС. Зачастую эффективность очистки ствола зависит от правильного подбора компонентов в зависимости от состава фильтрационной корки. Поскольку фильтрационная корка образуется в процессе фильтрации промывочной жидкости для вскрытия продуктивных пластов, то необходим критический анализ компонентов, входящих в состав этой жидкости. Критическими компонентами являются: сводообразующие материалы (твердая фаза): карбонат кальция – растворители: кислоты, хелаты; загустители-структурообразователи (полимеры): ксантовая смола (ХС) – растворители: окислители; реагенты для снижения фильтрации (полимеры): крахмал – растворители: кислоты, окислители, энзимы; буровой шлам.

Выбор соответствующего брейкера (разрушитель, растворитель) будет зависеть от типа фильтрационной корки и её компонентов, состава жидкости заканчивания, забойной температуры и способа заканчивания. Химические брейкеры могут быть разделены на 4 основные группы: кислоты, оксиданты, энзимы, хелатные соединения.

В общем случае, при выборе раствора брейкера необходимо учитывать: экологическую безопасность и токсичность реагентов; коррозионную активность брейкеров; скорость реакции растворов-разрушителей; вероятность загрязнения коллектора продуктами реакции.

На основе проведенного анализа был разработан предполагаемый состав жидкости для разрушения фильтрационной корки с целью повышения эффективности очистки ПЗП – водный раствор хелатных соединений и энзима или комплекса энзимов. Разработана методика исследования эффективности воздействия разрушителей фильтрационной корки в зависимости от ряда факторов.

\*\*\*

Achieving a uniform and complete wellbore cleaning from filter cake along the entire section of the open hole is necessary and leads to high production results, especially in

extended reach drilling. In many cases, the inability to achieve the required cleaning of the bottomhole zone during well development further leads to the need for costly repeated operations and workovers, extensive chemical and mechanical methods for cleaning the bottomhole zone. Often, the efficiency of wellbore cleaning depends on the correct selection of components, taking into consideration the composition of the filter cake. Since the filter cake is formed during the filtration of the drilling fluid during drilling, a critical analysis of the components the fluid make-up is necessary. Critical components are: biodegradable materials (solid phase): calcium carbonate - solvents: acids, chelates; thickeners-viscosifiers (polymers): xanthan - solvents: oxidizing agents; filtrate reducers (polymers): starch - solvents: acids, oxidants, enzymes; drilling mud.

The choice of the appropriate breaker will depend on the type of filter cake and its components, the composition of the completion liquid, the bottomhole temperature and the completion method. Chemical breakers can be divided into 4 main groups: acids, oxidants, enzymes, chelating compounds.

In general, when choosing a breaker solution, it is necessary to take into account: ecological safety and toxicity of reagents; corrosive activity of breakers; the reaction rate of solution-breaker; the probability of reservoir contamination by-products of the reaction.

On the basis of the analysis, a drilling fluid with a presumptive composition (an aqueous solution of chelate compounds and an enzyme or complex of enzymes) was developed to breakdown the filter cake in order to increase the efficiency of wellbore cleaning. A technique for investigating the effectiveness of breakers on filter cakes depending on a number of factors is developed.

**НОВЫЕ МОДИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ  
NEW MODIFICATIONS OF TELEMETRY COMPLEX TECHNOLOGIES  
TO ADDRESS THE ISSUES OF OIL AND GAS INDUSTRY**

*Никонов В.А., Залятдинов А.А.*

*НП ООО «Горизонт» (ООО «УК «Татбурнефть»), Альметьевск*

*Nikonov V.A., Zalyatdinov A.A.*

*Scientific Industrial Enterprise Gorizont, LLC (MC Tatburneft, LLC), Almet'yevsk*

В докладе представлена краткая история развития бурения скважин в ПАО «Татнефть» с применением телесистем за период с 1998г. по 2016г. Всего пробурено порядка двух с половиной тысяч скважин, из которых 50% составляют скважины с горизонтальным окончанием. Дано описание принципа работы наддолотного модуля, интегрированного в забойный двигатель, который позволяет сократить «мертвую» зону инклинометра и датчика гамма-каротажа с 12-16м до 0,5м. Применение данного геонавигационного оборудования позволяет осуществить проводку горизонтального

ствола по наиболее продуктивной части разреза и отказаться от проведения промежуточного каротажа перед спуском эксплуатационной колонны.

Винтовой забойный двигатель ДРЗ-106ТС (120ТС) предназначен для бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин долотами диаметром 142.9 – 151.0 мм (155.6), измерения и передачи в процессе бурения геофизических параметров:

- зенитный угол,
- естественная радиоактивность пород (ГК),
- кажущееся сопротивление (индикатор КС),
- частота вращения вала.

В докладе рассматриваются примеры применения данной технологии на скважинах и результаты использования.

\*\*\*

The Report summarizes a brief history of well dilling development in PJSC Tatneft due to application of telesystems from 1998 till 2016. Approximately 2500 wells have been drilled, and 50% of them were horizontal sidetrack wells. The Report provides the operation principle of the above-bit module integrated into the bottomhole motor, which allows reducing the "dead" area of inclinometer and gamma logging sensor from 12-16 m to 0.5 m. Application of this geo-steering equipment allows horizontal drilling of the most productive section part and refusal of interim logging before starting the production string.

DR3-106TS (120-TS) bottomhole motor is dedicated for drilling of directional and horizontal wells by means of bits of 142.9-151.0 (155.6) mm in diameter, as well as for measurement and transmission of the following geophysical parameters while drilling:

- inclination (zenith),
- natural radioactivity (gamma-logging),
- apparent resistivity (AR indicator),
- shaft speed.

The Report provides examples and results of application of this technology in the wells.

**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ БУРОВЫХ УСТАНОВОК  
METHODS OF IMPROVEMENT OF RELIABILITY OF CONTROL SYSTEMS AND  
POWER SUPPLY FOR ELECTRIC MOTORS OF DRILLING RIGS**

*Никулин О.В.*

*ООО «УК «Татбурнефть», Альметьевск*

*Nikulin O.V.*

*MC Tatburneft, LLC, Almetьевsk*

В работе рассмотрен электротехнический комплекс буровой установки с регулируемыми электроприводами основных механизмов. Разработаны компьютерные

модели электротехнических комплексов буровой установки. Приведены результаты моделирования. Для исследования использована система MATLAB. Результаты моделирования коротких замыканий позволили скорректировать токи срабатывания релейной защиты на действующих буровых установках. Для повышения надежности электроснабжения разработано два Устройства защиты от потери питания буровой лебедки. Эти устройства разгружают электрическую сеть при перегрузках, обеспечивая работу буровой лебедки.

Разработана компьютерная модель системы верхнего привода. Приведены результаты моделирования в режиме комбинированного бурения – с использованием в качестве привода долота как системы верхнего привода, так и турбобура, и в режиме бурения с использованием в качестве привода долота только системы верхнего привода. Исследован электропривод бурового насоса на основе двигателя постоянного тока при отказах системы возбуждения. Рассмотрена возможность сохранения в работе электропривода бурового насоса при аварийном исчезновении тока в двух из четырех полюсных катушках возбуждения. Разработана система управления буровым насосом, включающая в себя пульт управления, релейную схему и управляющую программу, рассмотрена система управления электроприводами буровых лебедок и роторов. Предложено использование функциональной схемы формирования задания частоты вращения при помощи аналогового сигнала в системе управления тиристорного преобразователя и устройство для переключения входных аналоговых сигналов контроллера.

\*\*\*

The paper considers the electrotechnical complex of a drill rig with adjustable electric drives of the main mechanisms. Computer modes have been developed for the electrical complex of drill-ing rigs. The simulation results are presented. MATLAB software was used for this research. The results of short circuit simulation made it possible to determine the correct tripping currents of relay protection systems for operational drilling rigs. Two protection devices in the event of power outage at drawworks were developed to improve reliability of power supply. These devices unload the power grid at overloading and provide drawworks operation.

A computer model of the top drive system was developed. The results of modeling in the mode of combination drilling when both top drive and bottom-hole motor were used for the drill bit and also in the mode when only top drive was used for the drill bit are presented. DC type mud pump electric motor was investigated at excitation system failures. The possibility of maintaining the mud pump in operation in case of emergency collapse of current in two of four polar coils is considered. A control system for the mud pump including control panel, relay diagram and supervisory program has been developed and a control system for the electric motors of drawworks and rotors are considered. It is proposed to use functional diagram of speed setting by analog signal in the thyristor frequency converter control system, and a switching device for analog input signals of the controller.



# **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН ЗА СЧЁТ НАЛОЖЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА БУР INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF DRILLING OIL AND GAS WELLS DUE TO THE IMPOSITION OF ULTRASONIC OSCILLATIONS ON THE DRILL**

*Палаев А.Г., Назарова М.Н.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Palaev A.G., Nazarova M.N.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Доклад посвящен проблеме малой производительности бурения скважин.

По мере создания новых материалов и технологий, все больше внимания проектировщики уделяют интенсификации и оптимизации процесса бурения.

При механическом способе бурения, разрушения горных пород основная доля энергии расходуется на внедрение породоразрушающих элементов в горную породу.

Ультразвуковое бурение является высокоэффективным, наукоёмким методом, в котором используется энергия высокочастотного резонанса, вырабатываемая ультразвуковой бурильной головкой. За счет вращения бурильной колонны и ультразвуковых колебаний обеспечивается равномерное распределение энергии и ударов рабочего торца коронки.

Когда резонансная энергия ультразвуковых колебаний совпадает с естественной частотой колебаний бурильной колонны, возникает резонанс. В результате на торец буровой коронки передается максимальное количество энергии. В то же время значительно снижается трение о почву в областях, прилегающих непосредственно к бурильной колонне.

Таким образом, обеспечивается максимальная скорость бурения.

Преимущества ультразвукового способа бурения:

- погрешность составляет до 1%, значит мы получаем точные данные, с какой глубины был взят керн и керн будет высокого качества с любой глубины

- при ультразвуковом бурении повышается скорость бурения, благодаря чему за более короткий промежуток времени можно выполнить больший объём работ. Также, из-за минимального количества отходов улучшается экология, и значительно уменьшаются расходы на утилизацию.

Дальнейшее развитие разрушения горных пород при бурении скважин связано как с совершенствованием бурового инструмента, повышением эффективности разрушения горной породы ударной нагрузкой, вдавливанием, сдвигом, применением новых износостойких материалов, так и с совершенствованием технологии бурения. Ультразвуковое бурение позволяет проводить бурение скважин с большой эффективностью, оказывая воздействие на кристаллическую решетку горных пород породоразрушающего инструмента совершающего колебания ультразвуковой частоты,

повышая качество и скорость бурения, а также позволяет увеличить стойкость инструмента.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПАВ НА КОЭФФИЦИЕНТ  
АБРАЗИВНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД  
INVESTIGATION OF VARIOUS SURFACTANTS INFLUENCE ON ROCKS  
ABRASIVITY**

*Пантюхин А.А., Евсева Д.Г., Леушева Е.Л.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Pantyukhin A.A., Evseeva D.G., Leusheva E.L.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

При строительстве скважины, процесс углубления напрямую связан со свойствами буримых горных пород, одним из основных является - абразивность. Как известно, абразивность – это свойство горных пород изнашивать контактирующие с ними части бурового оборудования, в том числе и элементы КНБК (компоновки низа бурильной колонны), что приводит к износу и, соответственно, выходу из строя.

Наиболее абразивными являются крупнокристаллические породы, состоящие из зерен твердых минералов, слабо связанных между собой, и образующие при бурении крупный остроугольный шлам. При бурении в трещиноватых и пористых породах резцы буровой коронки обкалывают острые края трещин и образующиеся при этом крупные угловатые частицы породы перетираются под торцом, вызывая интенсивный износ породоразрушающего инструмента. Кроме того, объем бурового шлама при бурении таких пород значительно увеличивается за счет частичного разрушения керна в зоне его входа в колонковую трубу, что также существенно повышает износ инструмента

В связи с этим, исследования, направленные на снижение влияния абразивного износа, являются актуальными. Поэтому в данной работе оценивается влияние различных веществ на абразивный износ, что позволит увеличить продолжительность работы бурового оборудования и элементов КНБК.

В статье представлены исследования влияния различных видов водных растворов ПАВ на абразивность горных пород. Экспериментальные исследования были проведены на приборе ПОАП-2.

Абразивность горной породы зависит от твердости породообразующих минералов, от характера сцепления зерен друг с другом, от крупности и формы зерен, от плотности породы и степени ее трещиноватости.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что наибольшее снижение коэффициента абразивности, в сравнении с сухим песком показывает раствор Катамина-АБ концентрацией 0,5 %.

Дальнейшие исследования направлены на разработку составов буровых растворов, с добавкой Катамина-АБ, для снижения абразивности горных пород и предотвращения изнашивать контактирующие с ними частей бурового оборудования, в том числе и элементов КНБК.

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ВО  
ЛЬДАХ ГОРЯЧЕЙ ВОДОЙ НА СТАНЦИИ ВОСТОК (АНТАРКТИДА)  
POSSIBILITY OF USING THE TECHNOLOGY OF WELL DRILLING IN ICE  
LAYERS VIA WARM WATER AT VOSTOK STATION (ANTARCTICA)**

*Подоляк А.В., Васильев Н.И., Большунов А.В., Сербин Д.В.  
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Podoliak A.V., Vasilev N.I., Bolshunov A.V., Serbin D.V.  
Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Кафедра бурения скважин Горного университета занимается разработкой технологии бурения скважин во льдах с 1967 года. За это время было пробурено множество скважин в различных областях нашей планеты. В том числе на станции Восток было пробурено 5 скважин, одна из которых действующая и ствол этой скважины 5Г в феврале 2012 года впервые достиг поверхности реликтового подледникового озера Восток, в результате чего были отобраны пробы воды озера для всесторонних лабораторных исследований.

Технология бурения скважины 5Г предполагает использование электромеханического бурового снаряда КЭМС-135 на грузонесущем кабеле с заливкой скважины буровой жидкостью для компенсации гляциостатического давления.

В связи с уникальностью озера Восток технология его вскрытия должна гарантировать экологическую безопасность озера, при этом большой интерес представляют пробы воды, пригодные для всесторонних лабораторных исследований.

Имея неоднократный опыт вскрытия озера Восток, авторы утверждают, что существующая технология с заливкой скважины смесью, состоящей из керосина и фреона не обеспечивает заявленное качество проведения буровых работ и вскрытия подледниковых водоёмов.

В связи с этим представляет интерес сравнительный анализ существующих проектов вскрытия подледниковых водоёмов для выбора оптимальной технологии с учетом специфических условий станции Восток. В частности, технология бурения скважин сквозь ледовый массив с быстрым доступом до подошвы ледника.

\*\*\*

Well drilling department of Mining University is developing technology of drilling in ice since 1967. During this time, we had drilled numerous wells in various areas of our planet. Including at Vostok station drilled 5 wells, one of which is currently in the trunk of the

borehole 5G in February 2012 for the first time reached the surface of subglacial lake Vostok, the result of which was sampled lake water for extensive laboratory studies.

Technology of drilling borehole 5G involves the use of an Electromechanical drill string KEMS-135 in the load-bearing cable with the fill of the well drilling fluid to compensate for glaciochemical pressure.

In connection with the uniqueness of lake Vostok, the technology of its opening must guarantee the environmental safety of the lake, with great interest samples of water suitable for extensive laboratory studies.

Having repeated experiences of the opening of lake Vostok, the authors argue that current technology with filling the wells with a mixture of kerosene and freon does not provide the stated quality of drilling and the opening of the subglacial reservoirs.

In this regard, it is of interest to compare the existing projects of opening subglacial reservoirs to select the optimal technology, taking into account the specific conditions of the station Vostok. In particular, the technology of drilling wells through the ice array with rapid access to the bottom of the glacier.

## **ТЕХНОЛОГИЯ НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОУДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТА С РЕГУЛИРУЕМОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ИМПУЛЬСА**

### **THE TECHNOLOGY OF DIRECTIONAL HYDRAULIC IMPACTS ON THE BOTTOMHOLE FORMATION ZONE WITH AN ADJUSTABLE PULSE WIDTH**

*Рогачев М.К., Петраков Д.Г., Кунавых К.С., Кунавых А.С.  
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Rogachev M.K., Petrakov D.G., Kupavikh K.S., Kupavikh A.S.  
Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Среди многих применяемых в настоящее время методов направленных на улучшение коллекторских свойств призабойной зоны пласта (ПЗП) особое место занимают импульсные методы обработки. Отличаясь простотой проведения технологических операций, простотой и доступностью применяемого оборудования, допускающего его многократного использования, незначительностью трудовых, энергетических и материальных затрат, импульсные технологии обработки ПЗП выступают как оперативные методы интенсификации работы скважин.

С целью подтверждения теоретических обоснований на нагнетательной скважине Туймазинского нефтяного месторождения проведен промысловый эксперимент, в ходе которого цементировочный агрегат АНЦ-320 создавал гидроимпульсы высокого давления.

Передача давления к пласту осуществлялась импульсами повышенного давления, создаваемыми в насосно-компрессорных трубах (НКТ) путем кратковременного открытия пневмоздвижки на устье скважины.

Анализируя данные промышленного эксперимента, можно сделать вывод, что при создании импульса давления равный 16 МПа возможно получение на забое ударной нагрузки на ПЗП с давлением 21-22 МПа. Однако длительность приложенного воздействия составляет лишь 0,15 с.

Предлагается технология направленного импульсного гидроударного воздействия на ПЗП с применением гидроаккумулятора давления, позволяющего регулировать длительность импульса воздействия в пределах до 0,5-0,8 с. Особенность предлагаемого метода воздействия заключается в том, что вместо приложения высокого давления ПЗП подвергают сериям коротких ударов, при которых жидкость в полном объеме не успевает фильтроваться в трещины пласта и значительно увеличивать их длину.

Таким образом, варьируя амплитуду, частоту и длительность импульса давления, возможно минимизировать зависимость полученного эффекта от глубины залегания продуктивного пласта и вовлечь в разработку всю слоисто-неоднородную толщу нефтеносного пласта.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДОБАВКИ «ПЕТРОСОРБ» К БУРОВЫМ РАСТВОРАМ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ТАМПОНИРОВАНИЯ ЗОН ПОГЛОЩЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН**

### **THE RESEARCH OF «PETROSORB» ADDITIVE FOR OPERATIONAL PLUGGING LOST CIRCULATION ZONES WHILE DRILLING**

*Рудяева Е.Ю., Нуцкова М.В., Страупник И.А.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Rudiaeva E.Yu., Nutskova M.V., Straupnik I.A.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Одним из актуальных направлений решения проблемы поглощения промысловой жидкости при бурении скважин является разработка водонабухающих полимерных составов с целью оперативного тампонирования.

На первом этапе исследования были проведены опыты для определения характера поведения полимера «Петросорб» в водной среде. По результатам анализа графиков изменения пластической вязкости и динамического напряжения сдвига по времени водного раствора полимера получен вывод, что кислая среда, в которой набухание частиц «Петросорба» происходит менее интенсивно в течение времени, является более подходящей, чем нейтральная и щелочная среды. Также проведено исследование изменения пластической вязкости и ДНС в момент проникновения раствора в зону поглощающего пласта и смешивания с пластовыми водами.

Аналогично исследованиям в водной среде проведен анализ реологических показателей бурового раствора различной кислотности с добавлением полимера и построены графики изменения пластической вязкости и ДНС по времени,

характеризующие определенный вид промывочной жидкости. Далее проведены наблюдения для двух случаев: кислый буровой раствор – щелочные пластовые воды, щелочной буровой раствор – кислые пластовые воды, в основные временные моменты.

По проведенным исследованиям сделаны выводы и рекомендации.

\*\*\*

One of the relevant solution of the fluid loss while drilling is the development of well-swellable polymer-consist combinations in order to plug-back of lost circulation zone.

Firstly, the experiments of fluid behavior ways of «Petrosorb» polymer in water medium were made. The results of the plots analyses show that acid medium has more benefits then water and alkaline mediums because of slower swelling of «Petrosorb» polymer. Also, there was made a research of plastic viscosity and dynamic shear stress changes while fluid penetrate to loss formation zone and mingle with layer water.

Analogic to researches in water medium there was made an analysis of rheological characteristics of drilling fluid (with polymer) with different sourness. Also, there were plotted charts of changing the plastic viscosity and dynamic stress changes with time. Then the next supervisions were made: acid drilling fluid – alkaline formation water, alkaline drilling fluid – acid formation water.

After this research, the main consequence and recommendations were made.

## **РОЛЬ БУФЕРНОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН ROLE OF SPACER FLUIDS TO INCREASE THE QUALITY OF CASING PIPES CEMENTING**

*Табатабаи Моради С.Ш., Николаев Н.И.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Tabatabaee Moradi, S.Sh., Nikolaev N.I.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Важным направлением обеспечения качественного цементирования обсадных колонн является разработка составов буферных жидкостей, повышающих степень очистки ствола скважины от глинистой корки. Буферные жидкости закачиваются в скважину с целью разделения двух растворов разнородных по физико-химическим свойствам. Отсутствие буферных жидкостей приведет к коагуляции бурового и тампонажного растворов в зоне их смешения. Кроме того, смешение бурового и тампонажного растворов приводит к потере подвижности тампонажного раствора и его недоподъему до проектной высоты.

Основной функцией буферной жидкости является вытеснение остатков бурового раствора из затрубного пространства и удаление глинистой корки со стенок скважины. Если на поверхности обсадных колонн и/или на стенке скважины останется слой

бурового раствора, то адгезия цементного камня с породой и трубами существенно снижается.

В качестве буферных жидкостей чаще всего используются вода, нефтепродукты и водные растворы различных химических реагентов. Вода применяется, когда в геологическом разрезе скважины существуют устойчивые породы. Хотя вода способна выполнять основные функции буферной жидкости, но она имеет низкую моющую способность, особенно при ее насыщении глинистой фазой. С целью повышения данной способности в ряде случаев в воде растворяют поверхностно-активные вещества (ПАВ).

С целью повышения моющей способности высоковязких и высокоплотных утяжеленных буферных систем применяются эрозионные буферные жидкости, которые улучшают очистку поверхности горных пород от глинистой корки и турбулизацию потока при низких скоростях движения. Абразивные частицы являются центрами турбулизации в воде. Во время применения эрозионных буферных жидкостей важное значение имеет изучение седиментационной устойчивости системы.

В данной работе разработан состав утяжеленной буферной жидкости с высокой моющей способностью. Применение разработанного состава приводит к повышению качества цементирования обсадных колонн в результате увеличения степени очистки ствола скважины от глинистой корки и остатков бурового раствора.

\*\*\*

An important direction to increase the quality of casing cementing job is to develop the composition of spacer fluids, which are capable of increasing the degree of wellbore cleaning from the drilling mud remaining. The spacer fluids are pumped inside well mainly to separate two fluids, which are physically and chemically incompatible. The absence of the spacer fluid may lead to the coagulation of the drilling mud and cement slurry in the zone of their mixture. Besides, the mixture of the drilling mud and cement slurry leads to the decrease in the slurry movability, as a result of which the annular space is not fully filled by the cement.

The main function of the spacer fluid is to displace the drilling mud remaining from the annular space and remove the mud cake from the well walls. Remaining of the drilling mud on the surface of casings or on the rock surface will result in a decreased adhesion of the cement to the casings and the rock surface.

Most often the water, oil products and the water solution of different chemical reagents are used as the spacer fluid. When the stable rocks are present in the geological section of the well the water is used as the spacer fluid. Although the water is capable of performing the main functions of the spacer fluids, but it has a low cleaning ability, especially in the clay and shale zones. To increase the given property of the water, different surfactants can be solved in the water.

To increase the cleaning ability of the high-viscosity and high-density spacer fluids, the erosive spacers are used, which can improve the cleaning of the rock surfaces from the drilling mud remaining and are capable to flow turbulization in low flow velocities. The

abrasive particles serve as the turbulization center in the water. It is of great importance to study the system seimentation stability during the application of the erosive spacer fluids.

In this work, a high-density spacer fluid composition with a high cleaning ability is developed. Application of the developed composition leads to increase of the casing cementing job as a result of increase in the well cleaning from the remaining of the drilling mud.

**АВТОНОМНЫЙ ТЕРМОБУРОВОЙ СНАРЯД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПОДЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР В АНТАРКТИДЕ  
AUTONOMOUS THERMAL SONDE FOR EXPLORATION OF ANTARCTIC  
SUBGLACIAL LAKES**

*Талалай П.Г., Сун Й., Цао П., Марков А.Н., Ван Р., Жан Н., Фан С., Ян Я., Ван Т.  
Полярный научно-исследовательский центр, Цзилинский Университет, Китай*

*Talalay P.G., Sun Y., Cao P., Markov A.N., Wang R., Zhang N., Fan X., Yang Y., Wang T.  
Polar Research Center, Jilin University (China)*

К настоящему времени в Антарктиде обнаружено более 400 относительно небольших подледниковых водоемов и несколько крупных озер. В последние годы все больший интерес проявляется к непосредственному проникновению в озеро при помощи буровой скважины. Только так можно определить состав подледной воды и получить непосредственные доказательства существования жизни подо льдом или опровергнуть эту гипотезу. Подледниковые водные горизонты в Антарктиде были вскрыты несколько раз электромеханическими снарядами на грузонесущем кабеле (станция Берд, 1968 г.; база Конен, 2006 г.; станция Восток, 2012 и 2015 гг.), однако полученные пробы были загрязнены используемой промывочной жидкостью.

Многие специалисты считают, что вскрытие подледниковых водоемов при помощи буровых установок, использующих горячую воду для плавления льда, как это было осуществлено в проекте WISSARD (ледниковый поток Уилланса, 2012 и 2014 гг.), является наиболее экологически чистым на современном этапе развития технологии бурения скважин во льду. Однако, даже при нагревании до 90 °С, фильтрации до 0,45 мкм и ультрафиолетовой обработке, микроорганизмы из снега, фирна и льда могут попасть в циркулирующую горячую воду и распространяться в огромном количестве по скважине.

С целью повышения экологичности проникновения в подледниковые озера Антарктиды, в Цзилинском Университете разрабатывается автономный термобуровой снаряд RECAS (RECoverable Autonomous Sonde), позволяющий получить доступ к подледниковой воде в условиях полной изоляции от поверхности ледника. Буровой снаряд оснащен двумя тепловыми головками с противоположных концов для бурения льда плавлением в направлении к озеру и извлечения снаряда на поверхность. Перед началом бурения снаряд полностью стерилизуется с использованием комбинации



химических методов и ультрафиолетовой обработки. Талая вода не извлекается из скважины и снова замерзает позади снаряда. При этом кабель для подачи энергии и контроля вытравливается с барабана лебедки, размещенной внутри снаряда. После проникновения в озеро и опробования снаряд извлекается за счет тягового усилия кабеля при его обратной намотке на барабан забойной лебедки.

В настоящее время проведена конструкторская проработка общего вида прототипа бурового снаряда, проведены маркетинговые исследования автономного энергообеспечения, проработана система контроля и предложена система дистанционного управления, сконструированы два альтернативных варианта забойной лебедки, проведены испытания нескольких типов кабеля, испытана серия тепловых нагревателей – термоигл и системы бокового обогрева, проработан эскизный проект поверхностного оборудования, сконструирован стенд для испытаний снаряда. Первые лабораторные испытания прототипа термобурового снаряда запланированы на начало 2018 г., полевые испытания планируется провести в сезоне 2018-2019 гг. в районе китайской антарктической станции Жоншан.

\*\*\*

To date, more than 400 relatively small subglacial reservoirs and several large lakes were discovered in Antarctica. In recent years, different approaches were taken to access, measure in situ properties and directly sample subglacial Antarctic water environments. That is only one to determine composition of sub-ice water and to obtain direct evidence for the existence of life beneath the ice or refute this hypothesis. Subglacial water reservoirs in Antarctica were reached several times by electromechanical drills suspended on cable (Byrd station, 1968; base Kohnen, 2006; Vostok station, 2012 and 2015), but recovered samples were contaminated with used drilling fluid.

Many experts believe that on the modern stage of ice-drilling technology development penetration into subglacial reservoirs with hot-water drilling systems, as it was practiced in the WISSARD project (Whillans Ice Stream, 2012 and 2014), is the most environmentally friendly penetration method. However, even when heated to 90 °C, filtered to 0.45 µm and UV-treated at the surface, hot water could pick up microorganisms from snow, firn and ice and circulate them in large numbers through the borehole.

With a view to increase environmental sustainability of penetration into Antarctic subglacial lakes, Jilin University has started to develop autonomous thermal drill RECAS (RECoverable Autonomous Sonde), allowing to access subglacial water when subglacial lake remains isolated from the surface during sampling. The thermal drill can melt a hole to ice sheet bottom and is able to move upwards. It includes two electrically powered thermal drill bits, heated body, and coiling system. Two thermal bits are located at the upper and lower ends of the sonde. All down-hole RECAS components will be sterilized using a combination of chemical wash, hydrogen peroxide vapor (HPV) and ultraviolet (UV) sterilization prior to deployment. The melted water is not recovered from the hole and it refreezes behind the sonde. The power and signal line is released from the coil inside the sonde. When sampling and monitoring are complete, the coil motor is activated and the top drill bit is powered. The

sonde begins to recover himself to the surface by spooling the cable and melting overlying ice with the help of the upper drill bit.

Currently, the following activities have been done: the general view of thermal drill prototype have been designed; autonomous power supply have been searched on the market; general concept of control system and remote control system have been examined, two alternative downhole winches were designed; several types of cable have been tested; series of drill head heaters and side heating system have been tried; preliminary design of surface equipment have been elaborated; testing stand have been developed. The first laboratory tests of thermal drill prototype are scheduled for early 2018, field tests are planned in season 2018-2019, in the area of Chinese Antarctic station Zhongshan.

**О ПРОБЛЕМЕ БУРЕНИЯ СКВАЖИН САМОХОДНЫМИ БУРОВЫМИ  
УСТАНОВКАМИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА  
ON THE PROBLEM OF DRILLING WELLS WITH SELF-PROPELLED DRILLING  
UNITS IN THE CONDITIONS OF THE ARCTIC**

*Тимофеев Н.Г., Скрябин Р.М., Татаринов Д.М.*

*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск*

*Timofeev N.G., Skryabin R.M., Tatarinov D.M.*

*North-Eastern Federal University, Yakutsk*

В районах Северо-Востока и Арктики Российской Федерации при геологоразведочных и инженерных работах широко востребованы самоходные буровые установки для бурения скважин различного целевого назначения. В связи с труднодоступностью участков работ в теплое время года, основной объем буровых работ приходится в зимнее время года.

Бурение скважин самоходными буровыми установками в зимнее время года имеет ряд серьезных осложнений, связанных с отрицательной температурой окружающей среды. Одной из таких проблем является экстремально низкая температура (ниже -40 С), которая приводит к замерзанию гидравлических рукавов самоходных буровых установок, в последствии к разрыву в местах изгиба рукавов при спуско-подъемных и вспомогательных операциях, что способствует вытеканию гидравлической жидкости в наружу и прекращению буровых работ, с созданием далеко не комфортных ситуаций обслуживающему персоналу.

В результате возникновения данных ситуаций, наблюдаются преждевременный выход из строя основных узлов кинематики установки, частый ремонт оборудования, закупка запасных частей и др., что создает далеко не комфортные условия машинистам буровых установок, инженерам и мастерам предприятий по обслуживанию оборудования в зимнее время.

Большинству промышленных организаций, в силу отсутствия специальных технологических укрытий и защиты основных узлов гидросистемы самоходной

буровой установки, приходится останавливать рабочий процесс при температуре окружающей среды ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ , что в последствии способствует простоям и отставанию от производственного плана.

Рабочему персоналу постоянно приходится контролировать условия работы узлов гидросистемы бурового оборудования:

- на предмет избыточного изгиба;
- дефекта рукавов высокого давления (РВД) гидравлической системы;
- сезонная замена рабочей жидкости гидравлической системы;
- предварительное прогревание гидросистемы перед работой;
- необходимо постоянная циркуляция рабочей жидкости в гидравлической системе при остановке процесса бурения и другие факторы которые прямо зависят от окружающей среды работы самоходной буровой установки с гидравлической подачей.

В этой связи, в районах Севера-Востока и Арктики Российской Федерации проведение исследований и разработка инновационных методов улучшения условий труда рабочего персонала и технологии защиты гидравлической системы самоходного бурового оборудования, учитывающей суровые особенности климата региона, является актуальной научно-технической задачей всего бурового производства крупных региональных компаний.

\*\*\*

In the areas of the Northeast and the Arctic of the Russian Federation, geological exploration and engineering works are in great demand for self-propelled drilling rigs for drilling wells for various special purposes. Due to the inaccessibility of work sites in the warm season, the bulk of drilling operations occur in the winter season.

Drilling of wells by self-propelled drilling rigs in the winter season has a number of serious complications related to the negative temperature of the environment. One of such problems is the extremely low temperature (below  $-40^{\circ}\text{C}$ ), which leads to the freezing of hydraulic hoses of self-propelled drilling rigs, subsequently to the rupture in the bend points of the hoses during the lifting and auxiliary operations, which helps to drain the hydraulic fluid outwards and to stop drilling works, with the creation of far from comfortable situations for the personnel.

Because of these situations, premature failure of the main units of the plant kinematics, frequent repairs of equipment, purchase of spare parts, etc. are observed, which creates far from comfortable conditions for drivers of drilling rigs, engineers and masters of equipment maintenance enterprises in the winter.

For most industrial organizations, due to the lack of special technological shelters and the protection of the main components of the hydraulic system of the self-propelled drilling rig, it is necessary to stop the working process at an ambient temperature below  $-40^{\circ}\text{C}$ , which subsequently contributes to the idle time and the backlog from the production plan.

The working personnel constantly have to control the working conditions of the hydraulic system components of the drilling equipment:

- for excessive bending;
- Defect of high pressure hoses (HPH) of the hydraulic system;

- Seasonal replacement of the working fluid of the hydraulic system;
- preliminary heating of the hydraulic system before work;
- it is necessary to constantly circulate the hydraulic fluid in the hydraulic system while stopping the drilling process and other factors that directly depend on the environment of the operation of the self-propelled drilling rig with hydraulic feed.

In this regard, in the areas of the North-East and the Arctic regions of the Russian Federation, research and development of innovative methods for improving the working conditions of workers and the technology of protecting the hydraulic system of self-propelled drilling equipment, taking into account the harsh climatic characteristics of the region, is an urgent scientific and technical task of the entire drilling production of large regional companies.

**ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ЗНАНИЙ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ ПРИ  
РЕШЕНИИ ЗАДАЧ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СФЕРЕ  
THE PROBLEM OF USING THE KNOWLEDGE OF HIGHER MATHEMATICS AT  
PROFESSIONAL SOLUTIONS**

***Торопов Т.М., Быкова О.Г.***

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

***Toropov T.M., Bykova O.G.***

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Бурение – процесс проходки скважины (путем разрушения горной породы буровым инструментом) и выноса шлама на поверхность буровым раствором. Бурение включает в себя следующие технологические процессы: углубление скважины, крепление ее обсадной колонной, тампонирувание скважины, заканчивание скважины и ее промывку. Для исследования каждого из процессов применяют математические расчеты. Математическая модель и расчет процесса проведения скважины включает столь много факторов, что до сих пор не имеется общепринятой математической модели. И форма скважины предполагает для описания процессов применять цилиндрическую систему координат, которую обычно не изучают в курсе высшей математики. После знакомства с этой системой координат возникла другая проблема: часть входящих в формулы величин определяются из номограмм – графического представления функции. Такая проблема уже возникала при расчете задач бурения. Мы искали аппроксимацию зависимости коэффициента сопротивления при обтекании частицы шлама буровым раствором от значения числа Рейнольдса.

Режим течения жидкости, характеризующийся числом Рейнольдса, зависит от скорости ее потока. Поэтому важно уметь правильно определять скорости частицы  $v$  и витания  $v_0$  (скорость потока при  $v=0$ ), чтобы выбрать среднюю скорость потока, которая обеспечит транспорт частиц в кольцевом пространстве. При экспериментах получают различные значения искомых величин, однако для дальнейшего

использования их необходимо аппроксимировать. Аппроксимация позволяет построить приближенную функцию, наиболее близко проходящей около данных точек. В данной работе была изучена кривая сопротивления Релея. Особенностью аппроксимации в этом случае оказалась необходимость отображения решения в логарифмической шкале, поскольку данная шкала очень удобна в математике при работе с очень большими диапазонами значений исследуемых величин.

\*\*\*

Drilling is the process of well excavation (by rock destruction with a drilling tool) and removing the sludge to the surface with drilling mud. Drilling includes the following technological processes: deepening the well, borehole fastening by casing string, cementing the well, completing the well and washing it. To study each of the processes mathematical calculations apply. The mathematical model and the calculation of the process of well excavation include so many factors that until now there is no generally accepted mathematical model. And the well form assumes a cylindrical coordinate system for describing processes, which is usually not studied in the course of higher mathematics. After getting acquainted with this coordinate system, another problem arose: a part of the quantities entering into formulas are determined from nomograms - the graphical representation of the function. Such a problem already arose in the calculation of drilling problems. We were looking for approximation of the connection between coefficient of resistance in the flow of a mud particles and the value of the Reynolds number.

The fluid flow regime, characterized by the Reynolds number, depends on the speed of its flow. Therefore, it is important to be able to correctly determine the velocity of the particle  $v_p$  and the velocity of its waving  $v_w$  (when the flow speed  $v_v=0$ ) in order to choose the average flow speed that will ensure the transport of particles in the annular space. In the experiments, different values of the unknown quantities are obtained, but for further use they must be approximated. Approximation allows us to construct an approximate function that most closely passes around these points. In this paper, the Rayleigh resistance graph was studied. A feature of the approximation in this case was the need to display the solution in a logarithmic scale, because this scale is very convenient in mathematics when working with very large ranges of values of the investigated quantities.

## **АНАЛИЗ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ** **ANALIZING CEMENT SHEATH FATIGUE FAILURE**

*Тсиклону Д.Э., Двойников М.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Tsikplornu D.E., Dvoynikov M.V.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Усталостная прочность цементного камня при повторно-переменном нагружении во многом зависит от значений действующих напряжений и их частота.

Как правило, крепь скважины работает именно в асимметричном цикле нагружения. Разрушение при растяжении возникает, когда напряжение на цементе превышает предел прочности на разрыв или растяжение цемента, а разрушение при сдвиге происходит, когда напряжение превышает статическое напряжение сдвига цемента. Отказы, вызванные тепловой и нагружением, могут возникать в результате напряжений, вызванных температурой и давлением, создаваемых событиями скважины, такими как гидравлический разлом, циклическое закачивание пара, дренаж с гравитацией пара, добыча, заканчивание или ремонт скважин. Термические и циклы напряжения могут нанести риск разобщения интервалов и привести к задержке в добыче углеводородов. Изучение таких эффектов могло бы помочь в разработке лучшего понимания порога разрушения цементного камня и, по сути, могло бы быть дополнением к измерению механических свойств.

Целью этого исследования является введение лабораторного метода и метода конечных элементов (МКЭ), который исследует влияние усталости (циклической нагрузки) на цементный камень. Вероятность разрушения цементного камня также возрастает, когда применение связано с условиями высокого давления / высокой температуры; поэтому тестовая установка будет рассчитана на 170 МПа и 230 °С. В этом методе цикл усталостных отказов и величина напряжения могут раскрыть степень толерантности к усталости различных конструкций цементных растворов относительно друг друга. Можно было бы запрограммировать и отрегулировать давление в обсадной колонне, поровое давление, температуру, интервалы цикла и скорости отслеживания графика нагрузки для автоматического тестирования циклической нагрузки.

Также, для проведения исследований, направленных на изучение надежности (долговечности) цементного камня в работе используются фактические выборки давлений и температуры действующих скважин. Выявление критерия надежности цементного камня определяется с помощью графической диаграммы Смита, построенной по трем режимам нагружения, для каждого из которых определяется предел выносливости. Причем плотность распределения случайных величин действующих напряжений определяется с использованием методов непараметрической статистики.

\*\*\*

The fatigue strength of cement sheath under a repeatedly variable load depends largely on the magnitude and frequency of the acting stresses. Generally, the support of the well works precisely in an asymmetrical loading cycle. Tensile failure occurs when the stress on the cement exceeds the tensile strength, while shear failure occurs when the stress exceeds the shear stress of the cement. Well events, such as hydraulic fracture, cyclic steam injection, steam gravity drainage, production, completion or well repair generate temperature and pressure-induced stress. This results in failures caused by thermal and stress loading. Thermal and stress cycles can lead to a risk of zonal separation, hereby causing a delay in the production of hydrocarbons. The study of such effects could help in developing a better understanding of the threshold of cement sheath failure and, could be an addition to the measurement of mechanical properties.

The aim of this study is to introduce a laboratory method and the finite element analysis (FEA), which examines the effect of fatigue (cyclic loading) on cement sheath. When the application is associated with high pressure/high temperature (HP/HT) conditions, the likelihood of cement sheath failure also increases; so, the test setup will be rated at 170 MPa and 230 ° C. In this method, fatigue failures cycle and the magnitude of the stress can reveal the threshold of fatigue tolerance of various designs of cement slurries relative to each other. Cylinder pressure, pore pressure, temperature, cycle intervals, and ramp rates could be programmed and adjusted to carry out cyclical load testing automatically.

Also, to conduct studies aimed at studying the integrity of cement sheath, actual values of the pressures and temperatures of operating wells are used in the work. The determination of the criterion for cement sheath integrity is determined using Smith chart, constructed according to three loading regimes, for each of which a fatigue strength is determined. The frequency density of random values of acting stresses is determined using nonparametric statistics methods.

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПЕРЕВОДНИКОВ И БУРИЛЬНЫХ ТРУБ  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ  
INCREASING THE DURABILITY OF ADAPTER BUSHINGS AND DRILL PIPES  
BY ELECTROMECHANICAL PROCESSING**

***Федоров С.К.,<sup>1</sup> Федорова Л.В.,<sup>1</sup> Иванова Ю.С.,<sup>1</sup> Воронина М.В.,<sup>2</sup> Садовников А.В.,<sup>3</sup>  
Никитин В.Н.<sup>4</sup>***

*<sup>1</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва*

*<sup>2</sup>Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*<sup>3</sup>ООО «Материалы Технологии Сервис», Москва,*

*<sup>4</sup>ООО «Интехно», Нижневартовск*

***Fedorov S.K.<sup>1</sup>, Fedorova L.V.<sup>1</sup>, Ivanova Yu.S.<sup>1</sup>, Voronina M.V.<sup>2</sup>, Sadovnikov A.V.<sup>3</sup>,  
Nikitin V.N.<sup>4</sup>***

*<sup>1</sup>Bauman Moscow State Technical University, Moscow*

*<sup>2</sup>Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

*<sup>3</sup>Materials Technologies Service LLC, Moscow*

*<sup>4</sup>Intechno LLC, Nizhnevartovsk*

Увеличение долговечности БТ и переводников является актуальной задачей, решение которой позволит повысить эффективность работы нефтяных компаний. Наиболее характерными дефектами БТ и переводников являются износ наружного диаметра замков и повреждение резьбы. Низкая долговечность указанных участков деталей объясняется невысокой твердостью поверхностного слоя, не превышающей 32...36 HRC. Кроме того, недостаточная износостойкость резьбы вышеперечисленных деталей связана с особенностями конструкции, технологическими сложностями при ее

изготовлении и восстановлении, схемы нагружения и условий эксплуатации резьбовых соединений.

Проведены сравнительные испытания износостойкости различных наплавочных материалов (хардбендинг) Российского и зарубежного производства между собой и по отношению к замкам БТ без наплавки (исследования проведены по инициативе и финансовой поддержке АО «Сибирская Сервисная Компания»).

На основе многолетних исследований разработаны рекомендации по повышению износостойкости резьбовых соединений способом ЭМО, которые определяют пути повышения ресурса и надежности БТ и переводников, формирования уникальных свойств деталей, снижения трудоемкости изготовления и восстановления деталей, повышения эффективности работы предприятий и организаций, защиты окружающей среды и создания конкурентоспособной продукции.

Металлографические и метрологические исследования переводников, изготовленных в условиях «Александровский завод бурового оборудования», стендовые испытания, проведенные на базе «Ковровский завод бурового оборудования» подтвердили эффективность технологии ЭМО при навинчивании-свинчивании резьбовых соединений.

В условиях ООО «УК«Татбурнефть» проводятся эксплуатационные испытания переводников П-133/133, П-147/147 производства ООО «ПТФ НИГМАШ», изготовленных из стали 40ХН2МА, с резьбой подвергнутой ЭМО. Промежуточные результаты испытаний свидетельствуют, что при бурении скважин после 978 циклов (норматив 500) навинчивания-свинчивания переводника П-147/147, износа резьбы не зафиксировано.

\*\*\*

Increasing the durability of DP and adapter bushings is a topical problem, the decision of which will increase the efficiency of the oil companies. The most characteristic defects of DP and adapter bushings are the wear of the outer diameter of the locks and damage to the threads. Low durability of these parts of the parts is due to the low hardness of the surface layer, which does not exceed 32 ... 36 HRC. In addition, the insufficient wear resistance of the threads of the above-mentioned parts is associated with the design features, technological difficulties in the manufacture of it and recovery, the loading scheme and operating conditions of threaded joints.

Comparative tests of the wear resistance of various surfacing materials (hardbanding) of Russian and foreign production with each other and with respect to DP locks without surfacing were carried out (the studies were conducted on the initiative and financial support of Siberian Service Company JSC).

Based on years of research, recommendations have been developed for increasing the wear resistance of threaded joints by the EMP method, which determine ways to increase the life and reliability of DP and adapter bushings, form unique properties of parts, reduce the complexity of manufacturing and restoring parts, improve the efficiency of enterprises and organizations, environmental protection and the creation of competitive products.



Metallographic and metrological studies of the adapter bushings made under the conditions of the «Alexandrovsky drilling equipment plant», bench tests carried out on the basis of the «Kovrov Drilling Equipment Plant», confirmed the effectiveness of the EMP technology for screwing-unscrewing of threaded joints.

In the conditions of LLC «AC “Tatburneft”» operational tests of P-133/133, P-147/147 adapter bushings produced by LLC «PTF “NIGMASH”» made of 40KhN2MA steel with EP threaded are carried out. Intermediate test results indicate that when bore-hole drilling after 978 cycles (500 standard) of screwing-unscrewing operations of P-147/147 adapter bushings, wear of the thread is not fixed.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ОПЕРАТИВНОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ СКВАЖИН С БОЛЬШИМИ ОТХОДАМИ ОТ  
ВЕРТИКАЛИ**

**THE IMPROVEMENT OF METHOD CONTROL AND OPERATIONAL  
MANAGEMENT OF THE EXTENDED-REACH WELL**

*Филатов С.А., Двойников М.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Filatov S.A., Dvoynikov M.V.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Скважины с большим отходом от вертикали (отношение горизонтального отхода к глубине по вертикали 2:1 и более) являются перспективным направлением в освоении шельфовых залежей нефти и газа, а также в увеличении продолжительности эксплуатации месторождений, находящихся на поздней стадии разработки.

Строительство данных скважин связано с большими рисками обусловленными осложнением и аварийностью, как в процессе бурения, так и сложностью реализации этапов их заканчивания. Основные технологические проблемы, которые возникают при бурении – обеспечение высокого крутящего момента системой силового верхнего привода на поверхности с сохранением требуемой скорости вращения бурильной колонны. Это происходит вследствие большой длины бурильной колонны, коэффициент сопротивления вращению которой в зависимости от типа бурового раствора, траектории ствола, его извилистости и других факторов варьируется от 0,12 до 0,65. Сопротивление движению инструмента приводит к увеличению продолжительности спуско-подъемных операций и недостаточной контролируемости при бурении угла его закручивания и как следствие ориентируемости нижней части компоновки бурильной колонны (КНБК). Также на контроль и оперативное управление траекторией скважины большое влияние оказывает скорость передачи данных по каналам связи в системы забой-устье и погрешность измерительных приборов.

В составе телеметрической системы все приборы имеют определенную погрешность измерений, наибольшей из которых обладает магнитометр. В среднем погрешность данных приборов составляет от 50 до 70нТ. Она возникает по причине подверженности магнитометров, интерференции со стороны окружающей среды, и непостоянства геомагнитных полей. В современном программном обеспечении при проектировании скважины, существует возможность рассчитать вероятностную траекторию ствола скважины. Результатом этого расчета является некий объем, вокруг геометрической траектории скважины, или эллипс неопределенности. Он учитывает все возможные положения ствола скважины с учетом погрешности, с достоверностью 99 процентов.

В работе рассмотрен метод усовершенствованной геомагнитной привязки, благодаря которому погрешность измерений уменьшается до 70 %, по сравнению со стандартными измерениями. Приведены примеры использования данного метода для строительства скважин с большим отходом от вертикали (БОВ), и для бурения скважин с малым кругом допуска (разгрузочные скважины).

\*\*\*

Extended-reach well (horizontal to vertical ratio of 2:1 and more) are a promising area in the development of offshore oil and gas deposits, as well as in the increase in the duration of operation of the fields that are at a late stage of development.

The construction of these wells is associated with high risks due to complications and accidents, both during the drilling process and the complexity of implementing the stages of their completion. The main technological problems that arise during drilling are the provision of high torque by the power top drive system on the surface while maintaining the required rotation speed of the drill string. This is due to the large length of the drill string, the coefficient of rotation resistance depending on the type of drilling mud, the trajectory of the trunk, its sinuosity and other factors varies from 0.12 to 0.65. Resistance to movement of the tool leads to an increase in the duration of the down-hole operations and inadequate ability to control the angle of its twisting when drilling and as a consequence of the orientation of the lower part of the drill string assembly (BHA). Also, the control and operational control of the well trajectory is greatly influenced by the speed of data transfer through the communication channels to the face-hole systems and the error of the measuring instruments.

As part of the telemetry system, all instruments have a certain measurement error, the largest of which is the magnetometer. The average error of these devices is from 50 to 70нТ. It arises because of the susceptibility of magnetometers, interference from the environment, and the inconsistency of geomagnetic fields. In modern software when designing a well, it is possible to calculate the probable trajectory of a well-bore. The result of this calculation is a certain volume, around the geometric trajectory of the well, or an ellipse of uncertainty. It takes into account all possible positions of the well-bore, taking into account the error, with a confidence of 99 percent.

The method of improved geomagnetic binding is considered in the paper, due to which the measurement error is reduced to 70%, in comparison with standard measurements.

Examples of the use of this method for the construction extended-reach well (ERD), and for drilling wells with a small tolerance range (unloading wells) are given.

## **СИСТЕМА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ФИШБОУНЗ (РЫБИЙ СКЕЛЕТ) FISHBONES STIMULATION TECHNOLOGY**

*Хасанов Г.В.*

*ООО «УК «Татбурнефт», Альметьевск*

*Khasanov G.V.*

*MC Tatburneft, LLC, Almetyevsk*

В докладе представлена краткая история развития систем «Рыбий хвост» в России. Дано описание принципа работы одной из современных систем, позволяющей формировать многочисленные ответвления в стволе скважины для интенсификации притока нефти.

Технология Фишбоунз (Рыбья кость) является современной альтернативой гидроразрыву пласта, но при этом воздействие на пласт более управляемое и щадящее. Сущность процесса заключается во включении в компоновку хвостовика специальных переводников, из которых под воздействием давления жидкости в пласт внедряются титановые иглы, формирующие протяженные отверстия перпендикулярно основному стволу скважины.

Принципиально позиционируются две технологии – «гидромониторная» для карбонатных коллекторов и «бурением» для всех типов горных пород.

В докладе рассматриваются критерии применимости той или иной технологии в зависимости от сложности конфигурации ствола, технических и технологических особенностей скважины.

Приведена информация о результатах применения системы в мировой практике.

\*\*\*

The Report summarizes the history of the Fishbones system application in Russia. Described is the operation principle of one of the advanced systems allowing multiple side hole drilling in the well to stimulate oil production.

Fishbones technology is a modern alternative to hydraulic fracturing but featuring the controlled and sparing effect on the formation. The concept of the process is to incorporate special subs into the liner assembly that are used to force titanium needles into the formation under the fluid pressure and to form long holes perpendicular to the main wellbore.

There are two technologies - “water jetting” for carbonate reservoirs and “drilling” for all types of rocks.

The Report deals with criteria of applicability of a particular technology depending on the wellbore configuration complexity and technical and process features of the well.

Included is information on system application worldwide.

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ООО «УК «ТАТБУРНЕФТЬ» MC TATBURNEFT, LLC MANAGEMENT SYSTEM TRANSFORMATION**

*Хуснутдинов А.Т.*

*ООО «УК «Татбурнефть», Альметьевск*

*Khusnutdinov A.T.*

*MC Tatburneft, LLC, Almetyevsk*

В докладе представлена информация о создании единой процессной модели в ООО «УК «Татбурнефть» и ее применении для совершенствования системы управления.

Первый этап – описание бизнес-процессов компании и их регламентация (устранение разрывов между бизнес-процессами; структурирование, выстраивание и оптимизация информационных потоков; усовершенствование нормативно-регламентной документации; распределение ролей и зон ответственности между участниками процесса).

Следующий этап – проектирование информационных систем (определение и описание функциональных требований; описание, как должны быть реализованы функции в системе: архитектура, правила и алгоритмы работы функций). Создание информационных систем, поддерживающих бизнес-процессы компании.

Таким образом, иерархия процессов синхронизирована с иерархией управления в Компании. Целевые процессы носят характер описания сквозной взаимосвязи между бизнес-процессами и между подразделениями Компании.

В докладе рассматриваются предпосылки, применяемые подходы, этапы реализации Программы проектов по трансформации системы управления. Приведена информация о результатах реализации проектов Программы трансформации в ООО «УК «Татбурнефть».

\*\*\*

The Report summarizes information on development of Tatburneft integrated process model and its application for management system improvement.

The first phase is to describe and regulate the company's business processes (eliminate gaps between the business processes; structure, form and optimize the information flows; improve the standard and regulatory documentation; define process participants' roles and responsibilities).

The next phase is to design the information systems (determine and describe the functional requirements; describe how the functions are to be implemented in the system: architecture, rules and algorithms of function operation). Develop the information systems supporting company's business processes.

Thus the process hierarchy is synchronized with the management hierarchy in the Company. Target processes describe the interfaces between the business processes and between the Company business units.

The Report deals with the prerequisites, approaches applied and phases of Management System Transformation Program. It contains results of Transformation Program implementation in Tatburneft.

**ПОДБОР ИНГИБИРУЮЩИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
СТАБИЛЬНОСТИ РАСТВОРА ПРИ БУРЕНИЯ В ГЛИНИСТЫХ ПОРОДАХ  
SELECTION OF INHIBITOR FOR INCREASING STABILITY OF BOREHOLE IN  
SHALES**

*Чудинова И.В., Николаев Н.И., Розенцвет А.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Chudinova I.V., Nikolaev N.I., Rozentsvet A.V.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

В статье рассмотрены вопросы применения ингибирующих реагентов буровых растворов для повышения устойчивости ствола скважины при бурении в глинистых породах. Проанализированы факторы, влияющие на устойчивость ствола, в частности, тип бурового раствора, гидростатическое и поровое давление, геомеханические свойства глинистых пород, а также характер взаимодействия между дисперсионной средой бурового раствора и глинистой породой. Приведены результаты лабораторных исследований по оценке устойчивости образцов глинистых пород при обработке их водными растворами реагентов. Также в работе сделана попытка раскрытия механизма повышения устойчивости пластичных и непластичных глинистых пород при их ингибировании реагентами полифункционального действия.

\*\*\*

The article deals with aspects of using inhibitors for increasing stability of borehole in shale rocks. According to the article authors analyze forces causing of borehole instability, such as type of drilling fluid, hydrostatic and pore pressure, geomechanical properties of shales, and interaction between dispersive phase of drilling fluid and shale rocks. Laboratory tests results of definition of shales samples stability on treatment with water solution of inhibitor are reported. Assumed mechanism of enhancement of shale rocks competence on treatment with multifunctional inhibitors is described.

**СОСТОЯНИЕ МАТЕРИАЛА ЭЛЕМЕНТОВ КОМПОНОВКИ БУРИЛЬНОЙ  
КОЛОННЫ ПРИ БУРЕНИИ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ  
STATE OF MATERIAL ELEMENTS BHA DRILLING IN THE COMPLICATED  
CONDITIONS**

*Шакирова А.И.<sup>1</sup>, Назарова М.Н.<sup>2</sup>, Исмаков Р.А.<sup>1</sup>, Палаев А.Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Shakirova A.I.<sup>1</sup>, Nazarova M.N.<sup>2</sup>, Ismakov R.A.<sup>1</sup>, Palaev A.G.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Ufa State Petroleum Technological University, Ufa*

<sup>2</sup> *Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Известно, что компоновка низа бурильной колонны (КНБК) работает в экстремальных условиях нагружения - высокие температуры, высокое пластовое

давление, шокковые нагрузки, агрессивные среды, что в совокупности приводит к деградации металла, появлению и развитию дефектов и в конечном итоге разрушению объекта. Согласно статистическим данным за последние пять лет, количество разрушений КНБК увеличилось в три раза. Настоящая работа была посвящена исследованию образцов материалов КНБК стали 40ХМФА. Из различных элементов КНБК были вырезаны образцы для исследований химического состава, макро и микроструктуры, а также измерений механических свойств: микротвёрдость (схема измерения микротвёрдости представлена на красной стрелке) и твёрдости. Результаты исследований механических свойств 40ХМФА после трех лет эксплуатации показали, что наблюдается изменение в 10% от начальных параметров стали.

Изучение поверхности изломов стали после ударного разрушения образцов (при прочих равных условиях: размер зерна, механические свойства), наблюдаемые при разрушении различных элементов КНБК, указывают на то, что важную роль играет напряженно-деформированное состояние стали, обусловленное условиями эксплуатации и размером зерен металла. Согласно исследованиям изменение размера зерен до 0,1-1 мкм изменяет как физические, так и механические свойства: значительно повышается прочность и пластичность металла, коррозионная стойкость, модули упругости, намагниченность насыщения и др.

В настоящее время интенсивно разрабатываются и изучаются способы получения ультрамелкозернистых материалов из уже существующих и используемых сплавов для изготовления бурового инструмента. Исходя из вышеизложенного видно, что для создания долговечного инструмента требуется изучить закономерности формирования УМЗ структуры в соответствующих сталях, а в последующем исследовать влияние УМЗ структуры и фазового состава на различные показатели механических свойств и процессы износа, тем самым способствовать созданию высокопрочного и износостойкого бурового инструмента для эксплуатации его в осложненных условиях длительное время.

**РАСЧЕТ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ МНОГОЗАБОЙНОЙ СКВАЖИНЫ С  
ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ КНБК  
CALCULATION THE COMPLEX SHAPE OF MULTILATERAL WELL AND  
APPLYING THE STANDARD BOTTOM HOLE ASSEMBLY**

*Шалыпин Д.В., Двойников М.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Shalyapin D.V., Dvoynikov M.V.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Уже многие годы в нефтегазовой отрасли России обостряются проблемы добычи углеводородных ресурсов (растет обводненность продукции, снижение объемов прироста запасов и т.д.).

Одним из решений этой проблемы является строительство многозабойных скважин.

В работе же предлагается соединить технологии зарезки бокового ствола и строительства многозабойных скважин.

Расчет профиля горизонтального участка производится по методике, предложенной Бакировым Д.Л. и Фаттаховым М.М.:

1. Определение оптимального количества боковых ответвлений в МЗС;
2. Выявление потенциальных точек зарезки боковых ответвлений;
3. Обоснование местоположений забоев боковых ответвлений при условии сведения к минимуму влияния стволов друг на друга и на соседние скважины;
4. Проведение инженерных расчетов по оценке рисков бурения МЗС типовым инструментом.

Инженерные расчеты, касающиеся технологии бурения и спуска обсадной колонны, проведены в программном продукте Landmark.

Буровой раствор выбран, исходя из практических данных компании Сургутнефтегаз.

\*\*\*

The Russian oil and gas industry has problems with the production of hydrocarbons (increasing of the water's contents, the falling of the volume new oil and gas recourses etc.).

The one of way to solve this problem is the multi-lateral wells.

My suggestion is to connect technology of the construction sidetrack and multi-lateral wells.

The profile of the horizontal section is calculated according to the procedure proposed by D.L. Bakirov and M.M. Fattakhov:

1. The determination of the optimal quantity of the laterals;
2. The determination of the potential points of the laterals;
3. The substantiation of the location bottom with the minimal interference;
4. The engineering calculations to choose the typical BHA.

The engineering calculations were done by Landmark (the technology of drilling, the tripping of casing).

The drilling mud was selected by the recommendation of Surgutneftegas.

**ИССЛЕДОВАНИЯ БИНАРНЫХ СОСТАВОВ ПАВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
ГАЗОЖИДКОСТНЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ И ТАМПОНАЖНЫХ СМЕСЕЙ  
INVESTIGATION OF THE BINARY SURFACTANT STRUCTURES FOR GAS-  
LIQUID MUD AND CEMENT MIXTURES**

*Яковлев А.А., Нуцкова М.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*Yakovlev A.A., Nutskova M.V.*

*Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Для разработки комплексной технологии бурения и крепления скважин представляет значительный практический интерес выбор такого поверхностно-активного вещества, которое бы обеспечивало получение как качественных газожидкостных промывочных, так и тампонажных смесей.

Известно, что композиции поверхностно-активных веществ дают лучшие технологические показатели газожидкостных промывочных смесей, чем при применении одиночных ПАВ. Поэтому исследования были направлены на изучение бинарных составов поверхностно-активных веществ.

Исследовалась бинарный состав, состоящий из неионогенных пенообразователей: синтанола АЦСЭ-12 (ТУ 6-14-19-473-83), представляющего собой белую или желтоватую пасту, с содержанием активного вещества по массе 99% и биологической разлагаемостью 92% и Т-80, являющегося флотореагентом (смесь гомологов и производных гетероциклических спиртов), выпускаемого в виде легкоподвижной жидкости от желтого до коричневого цвета.

Проведены исследования указанного выше бинарного состава ПАВ для получения газожидкостной промывочной смеси. Оценивались пенообразующая способность (по Росс-Майлсу) и кинетика ее разрушения. Полученные результаты сопоставлялись с данными для сульфанола НП-1.

Разработанные составы для получения газожидкостных промывочных смесей рекомендуются для реализации в геологоразведочной практике: первый - при бурении монолитных и слаботрещиноватых пород, а второй - при проходке неустойчивых и устойчивых трещиноватых пород, зон поглощений и сооружении технических скважин большого диаметра.

Для разработки составов газожидкостных тампонажных смесей были исследованы те же бинарные составы поверхностно-активных веществ. Оценка газожидкостных тампонажных смесей производилась по следующим показателям: стабильность, растекаемость, плотность, предел прочности на сжатие тампонажного камня (через 7 суток).

Использование бинарного состава ПАВ (АЦСЭ-12 + Т-80) обеспечивает получение газожидкостных тампонажных смесей, обладающих высокой стабильностью и растекаемостью, и тампонажного камня с большим содержанием пузырьков газа на единицу площади при их малом диаметре.



Б 912

**Бурение скважин в осложненных условиях: II**  
Международная научно-практическая конференция 30 октября –  
1 ноября 2017 г.: Тезисы докладов / Санкт-Петербургский горный  
университет. СПб, 2017. 72 с.

УДК 622.241+622.143

ББК 33.131

*Научное издание*

БУРЕНИЕ СКВАЖИН В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

30 октября – 1 ноября 2017 г.

Тезисы докладов


Материалы публикуются в авторской редакции

Оригинал-макет подготовлен  
кафедрой бурения скважин

Сборник включен в базу данных  
Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)  
Научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru>

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002  
Подписано к печати 00.00.2017. Тираж 100 экз.  
Уч.-изд.л. 6. Заказ 000. С 218

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2



**Санкт-Петербургский горный университет**  
Россия, 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2  
[www.spmi.ru](http://www.spmi.ru)