



Москва
ОАО "ВНИИОЗНГ"

12(348).2020

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Геология, Геофизика

и разработка
нефтяных и газовых
месторождений

Geology,
geophysics
and development
of oil and gas fields

Открытое акционерное общество
"Всероссийский
научно-исследовательский
институт организации,
управления и экономики
нефтегазовой промышленности"
(ОАО "ВНИИОЭНГ")



ЛАУРЕАТ
ЗОЛОТОЙ МЕДАЛИ SRI
ПАРИЖ ФРАНЦИЯ

НАГРАЖДЕН ПАМЯТНЫМ ЗНАКОМ
"ЗОЛОТОЙ ИМПЕРИАЛ"
ЗА АКТИВНОЕ УЧАСТИЕ
В МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЫСТАВКАХ
И ЯРМАРКАХ

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Geology, Geophysics and Development
of Oil and Gas Fields

.....
12(348) ♦ 2020 МОСКВА • ВНИИОЭНГ



ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ежемесячный научно-технический журнал

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор

Дмитриевский А.Н. – д. г.-м. н., профессор, академик РАН, научный руководитель Института проблем нефти и газа РАН,

Зам. главного редактора

Гогоненков Г.Н. – д. т. н., первый заместитель генерального директора ОАО "ЦГЭ",

Астахова А.Н. – к. т. н., главный менеджер ОАО "ВНИИОЭНГ",

Бочкарев А.В. – д. г.-м. н., профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,

Брехунцов А.М. – д. г.-м. н., директор ОАО "Сибирский научно-аналитический центр России",

Варламов А.И. – к. г.-м. н., генеральный директор ФГУП "ВНИГНИ",

Гильманова Р.Х. – д. т. н., профессор, генеральный директор ООО "Нефтегазтехнология",

Грунис Е.Б. – д. г.-м. н., руководитель дирекции Института геологии и разработки горючих ископаемых,

Дарищева Е.Ю. – с. н. с. ОАО "ВНИИОЭНГ",

Золотухин А.Б. – д. т. н., профессор, академик международной академии наук Евразии, академик международной технологической академии, академик норвежской научной академии полярных исследований (Норвегия),

Кузнецов В.Г. – д. г.-м. н., профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,

Михайлов Н.Н. – д. т. н., профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,

Салаватов Т.Ш. – д. т. н., профессор, зав. кафедрой Азербайджанской государственной нефтяной академии,

Сенин Б.В. – д. г.-м. н., генеральный директор ОАО "Союзморгео",

Старосельцев В.С. – д. г.-м. н., профессор, зам. генерального директора Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья,

Супруненко О.И. – д. г.-м. н., зам. директора ВНИИ-Океангеология им. И.С. Грамберга,

Холодильов В.А. – д. г.-м. н., первый зам. генерального директора ООО "Газфлот"

Оформить подписку можно в любом почтовом отделении РФ по каталогу "Издания органов научно-технической информации" Агентства "Роспечать" – индекс 58500 и Объединенному каталогу "Пресса России" – индексы 10329, 10330, а также в издательстве ОАО "ВНИИОЭНГ" по тел. (495) 332-06-15.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОИСКИ И РАЗВЕДКА

Пунанова С.А. О некоторых классификационных особенностях неантиклинальных ловушек и актуальности их выявления 4

Маркин М.А., Бородин В.Н., Курчиков А.Р., Смирнов О.А., Лукашов А.В., Комгорт М.В. Комплексный подход к выделению зон технической стимуляции отложений баженовской свиты Красноленинского свода Западной Сибири 10

Шиловский А.П. Связь углеводородного потенциала Южно-Татарского свода с тектоникой 14

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Попов И.П., Захаров Н.О., Рожнев Д.А. Методика совершенствования поисков, оценки и разработки месторождений нефти и газа на основе учёта геологической модели 19

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ирбахтин А.Н., Саврей Д.Ю. Анализ результатов геофизических исследований скважин, предназначенных для пароциклических работ с использованием метода термометрии 27

Ленский В.А., Жужель А.С., Чанышев Ш.Р., Салихова Ф.Х. Сопоставление оценок неупругого поглощения по данным наземной сейсморазведки и вертикального сейсмического профилирования 33

Чен-лен-сон Ю.Б., Колеватов А.А. Выявление каверновой составляющей в пустотном пространстве карбонатных трещиноватых нефтенасыщенных коллекторов 40

РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Еремин Н.А., Черников А.Д., Столяров В.Е., Сафарова Е.А., Филиппова Д.С., Горева А.В. Безаварийное газовое производство 51

Шеховцова Е.В., Романько В.В., Ким С.Л. Результаты обработки и использования модифицированной воды в пластовых условиях 61

Воеводкин В.Л., Микитин Е.О., Метт Д.А., Немова В.Д. Опыт научного сопровождения разработки верхнеюрских отложений, относящихся к трудноизвлекаемым запасам углеводородов 67

Перечень статей, опубликованных в НТЖ "Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений" в 2020 году 71

CONTENTS

OIL AND GAS PROSPECTING

- Punanova S.A.* About some classification features of non-anticlinal traps and the relevance of their identification.....4
- Markin M.A., Borodkin V.N., Kurchikov A.R., Smirnov O.A., Lukashov A.V., Komgort M.V.* An integrated approach to identification of technical stimulation zones belonging to the Bazhenov formation sediments of the Krasno-leninsky arch of the Western Siberia 10
- Shilovsky A.P.* Interrelation of the hydrocarbon potential of the South Tatar arch with tectonics 14

GEOLOGICAL MODELING

- Popov I.P., Zakharov N.O., Rozhnev D.A.* A method for improving prospecting, appraisal and development of oil and gas fields based on accounting of a geological model 19

GEOPHYSICAL RESEARCH WORK

- Irbakhtin A.N., Savrey D.Yu.* Analysis of the geophysical research results of wells designed for steam cyclic treatment using the thermometry method....27
- Lensky V.A., Zhuzhel A.S., Chanyshv Sh.R., Salikhova F.Kh.* Comparison of non-elastic absorption estimates based on land seismic data and vertical seismic profiling data 33
- Chen-len-son Yu.B., Kolevatov A.A.* Identification of the cavern component in the void space of carbonate fractured oil-saturated reservoirs 40

DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS

- Eremin N.A., Chernikov A.D., Stolyarov V.E., Safarova E.A., Filippova D.S., Goreva A.V.* Non-breaking gas production.....51
- Shekhovtsova E.V., Romanko V.V., Kim S.L.* The results of treatment and use of modified water in formation conditions 61
- Voevodkin V.L., Mikitin E.O., Mett D.A., Nemova V.D.* Experience of scientific support for the development of the Upper Jurassic deposits referring to hard-to-recover hydrocarbon reserves 67
- List of articles, published in Scientific-Technical Journal "Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields" in 2020 71

Учредитель журнала –
ОАО "ВНИИОЭНГ"Генеральный директор **А.Г. Лачков**

Решением Президиума ВАК Министерства образования и науки РФ НТЖ "Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений" входит в "Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук". Журнал включен в базу Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе **Web of Science**, а также в международную реферативную базу данных и систем цитирования **GeoRef**.

Всем научным статьям, публикуемым в журнале, присваивается индекс DOI – The Digital Object Identifier.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ № 77–12330 от 10 апреля 2002 г.

Ведущие редакторы:
А.Н. Астахова, Е.Ю. Дарищева

Компьютерный набор *В.В. Васина*

Компьютерная верстка *Т.Д. Дуатронтова*

Корректор *Н.В. Шуликина*

Подписано в печать 25.12.2020.
Формат 84×108 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,98. Уч.-изд. л. 8,12.
Тираж 1500 экз. Цена свободная.
ОАО "ВНИИОЭНГ" № 6356.

Адрес редакции:
117420 г. Москва, ул. Наметкина, д. 14, корп. 2.
Тел. редакции: (495) 332-00-35, 332-00-49.
Факс: (495) 331-68-77.

Адрес электронной почты:
vniioeng@mcn.ru, vniioeng@vniioeng.ru

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за соблюдение принципов научной этики и достоверность приведенных сведений.

При перепечатке материала ссылка на издание обязательна.

Мнение редакционной коллегии не всегда совпадает с мнением автора материала.

БЕЗАВАРИЙНОЕ ГАЗОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Н.А. Еремин, А.Д. Черников, В.Е. Столяров, Е.А. Сафарова, Д.С. Филиппова, А.В. Горева
(Институт проблем нефти и газа РАН)

Нефтегазовая скважина является основным технологическим объектом и средством, определяющим эффективность добычи на всех стадиях жизненного цикла месторождения. В статье представлено описание перспективной технологии, обеспечивающей снижение уровня аварийности, приведены мероприятия для предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений с применением технологий искусственного интеллекта, промышленного интернета и индустриального блокчейна, проводимых в рамках создания цифрового месторождения. По оценкам экспертов цифровые или высокотехнологичные скважины позволяют обеспечить процесс эффективного управления добычей и быструю экономическую отдачу от инвестиций, что позволяет снизить стоимость освоения на 3...5 % и эксплуатационные затраты не менее чем на 20 %. Предлагаемые технологии способствуют оптимизации стоимости строительства скважин, повышению уровня добычи продукции (нефть и газ) за счет интегрального применения технологий Индустрии 4.0, в том числе для шельфовых проектов.

Ключевые слова: разработка нефтегазовых месторождений; строительство скважин; бурение нефтяных и газовых скважин; геолого-геофизическая информация; большие геоданные; предотвращение аварий и осложнений; нефтегазовый интернет вещей; нейронные сети; искусственный интеллект; достоверность данных; индустриальный блокчейн; автоматизированная система; модели; машинное обучение; нейросетевые вычисления; геофизические услуги; геолого-технологические исследования.

DOI: 10.30713/2413-5011-2020-12(348)-51-60

NON-BREAKING GAS PRODUCTION

N.A. Eremin, A.D. Chernikov, V.E. Stolyarov, E.A. Safarova, D.S. Filippova, A.V. Goreva
(Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences)

An oil-gas well is the main technological object and means that determines the efficiency of production at all stages of the oil and gas field's life cycle. The scientific papers describe a promising technology that reduces the level of accidents and present measures preventing complications and accidents during the construction of oil and gas wells based on constantly operating geological-technological models of fields using the artificial intelligence, petroleum internet and blockchain technologies conducted within the framework of creating a digital field. According to experts, digital or high-tech wells allow for efficient production management and rapid economic return on investment, which reduces the cost of development by 3...5 % and operating costs by at least 20 %. The proposed technologies contribute to optimizing the cost of well construction, increasing the level of production (oil and gas) due to the integrated application of Industry 4.0 technologies, including for offshore projects.

Keywords: development of oil and gas fields; well construction; drilling of oil and gas wells; geological-geophysical information; Big GeoData; prevention of accidents and complications; Petroleum Internet of Things; neural networks; artificial intelligence; data reliability; industrial blockchain; automated system; models; machine training; neural network computing; geophysical services; geological-technological researches.

Введение

Сырьевая база находящихся в эксплуатации нефтегазовых месторождений является естественным конкурентным преимуществом Российской Федерации, базовым источником доходов, обеспечивающим возможности и условия перехода к инновационно-технологическому развитию, модернизации с применением интеллектуальных технологий в различных отраслях. Современное состояние газонефтедобывающей отрасли топливно-энергетического комплекса России характеризуется тем, что большинство производств эксплуатируется более 40 лет и находится на поздней стадии эксплуатации, отличающейся наличием геолого-технологических осложнений и механических примесей, увеличенной обводненностью продукции, значительным снижением среднего дебита

большого числа скважин, что приводит к росту затрат. Более половины фонда скважин действующих промыслов нефтегазовых компаний находится на грани рентабельности вследствие низких дебитов, и требуются значительные технологические новации для сохранения фонда скважин и поддержания показателей добычи в средней перспективе. Число бездействующих скважин уже превысило четверть от всего эксплуатационного фонда. Ввод новых скважин является экономически затратным, так как на стоимость строительства скважин приходится более 40 % от всех инвестиций в нефтегазодобычу, более того, такие инвестиции не оправдывают себя для промыслов с падающей добычей. Затраты по обустройству скважин включают значительный комплекс проектных и производственных ресурсов, в том числе: проведение разведки; обоснование инвестиций; проектирование;

отсыпку и подготовку инфраструктуры строительства; поставку необходимого оборудования; бурение (монтаж/демонтаж буровой установки, расходы на бурильные трубы, промывочную жидкость и химические добавки), работы по утилизации отходов, оплату персонала – проектировщиков, буровиков, каротажников, растворщиков и комплекс работ по обеспечению подготовки к эксплуатации и т. д. Особенно важным до начала строительства становится первоначальное формирование перечня функциональных задач по строительству скважин на основе современных технологий, целей и задач функционирования объекта, принятых технологических решений и очередей строительства и итогов бизнес-процессов по всему жизненному циклу для законченного строительством объекта [1].

Условия проведения цифровой модернизации

В рамках проведенных в период 1995–2020 гг. фундаментальных поисковых и прикладных исследований по программе "Фундаментальный базис инновационных технологий в нефтяной и газовой промышленности", в которой принимали участие 28 академических институтов РАН, были сформированы научно обоснованные подходы, способные в сжатые сроки обеспечить создание отечественных прорывных инновационных технологий по всей технологической цепочке газодобычи (поиск, разведка, разработка, хранение, транспорт, переработка), которые способны в значительной мере решить имеющиеся проблемы энергоэффективности, ресурсосбережения, импортозамещения в рамках проведения цифровой модернизации газового комплекса и интеллектуализации производств в сложных экономических условиях (рис. 1 и 2).

В настоящее время в России проработано большинство теоретических и технологических вопросов по применению элементов искусственного интеллекта в виде отдельных компонентов, реализованы опытные программы по эффективному управлению разработкой газовых месторождений, созданию и применению не только элементов геотехнологической модели месторождения, но и предложены механизмы реализации цифрового месторождения в целом. На рис. 3 представлены месторождения с элементами цифровых технологий по состоянию на 01.01.2020 г.

Созданы и апробированы эффективные комплексы алгоритмов и программ, которые могут реализовать системы автоматизированного проектирования и управления, обеспечить технологическую и экологическую безопасность и экономическую эффективность добычи, в том числе для трудноизвлекаемых запасов и месторождений с падающей добычей, включая освоение шельфов [2].

В целях реализации Указа Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 "О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации" постановлением Правительства Российской Федерации от 19 февраля 2019 г. № 162 приняты "Правила разработки, утверждения, реализации, кор-

ректировки и завершения комплексных научно-технических программ полного инновационного цикла (КНТП) и комплексных научно-технических проектов полного инновационного цикла в целях обеспечения реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации" (рис. 4). Одним из практических проектов в этом направлении является проводимая ИПНГ РАН работа по теме "Разработка высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений с применением технологий искусственного интеллекта и индустриального блокчейна для снижения рисков проведения геолого-разведочных работ, в том числе на шельфовых проектах", выполняемая по гранту Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (идентификатор проекта RFMEFI60419X0217).

Особенности обустройства газовых скважин

В рамках формирования предложений по созданию автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций проведен учет целого ряда факторов, определяющих функциональные задачи строящихся скважин, а именно:

- Конструктивных и технологических особенностей скважин, расстояний между устьями скважин (фактор, влияющий на вероятность цепного развития нештатных ситуаций);

- Вида добываемой продукции и диапазонов дебитов скважин (фактор, влияющий на экономическую эффективность затрат на обустройство или реконструкцию);

- Схем расположения скважин и технологических схем газосборной сети (фактор, влияющий на структуру системы контроля и управления);

- Вида строительства – новое строительство или реконструкция (фактор, влияющий на обоснованность объемов привлекаемых инвестиций, – строительство новой скважины с высокими показателями дебита либо реконструкция действующей скважины);

- Наличия в добываемой продукции сероводорода (фактор, влияющий на необходимость аварийной защиты скважин и соответствующего исполнения);

- Наличия систем внешнего электроснабжения и других элементов инфраструктуры (фактор, влияющий на необходимость внедрения комплексных решений по автоматизации и электроснабжению объектов);

- Климатического района расположения объектов управления (фактор, влияющий на климатическое исполнение оборудования при строительстве скважин).

Углеводородное сырье на месторождениях добывают с использованием технологических сооружений – скважин, которые строят (сооружают) посредством операций бурения и крепления. В открытой печати

приводят следующие виды скважин по типу и предназначению:

- Структурно-поисковая – для изучения структуры пород, литологии, тектоники, продуктивности горизонтов и т. д.;
- Добывающая – для добычи углеводородного сырья (нефть, газ, конденсат);

– Разведочная – для уточнения границ и эффективности нефтегазовых пластов, состава и продуктов добычи;

– Нагнетательная – для обеспечения необходимого давления при снижении энергии пласта (вода, пар, газ-лифт);

– Опережающая добывающая – для проведения геолого-технологических

уточнений продуктивного пласта, опережающая непромышленную добычу;

– Оценочная – для проведения геолого-технологических исследований (ГТИ);

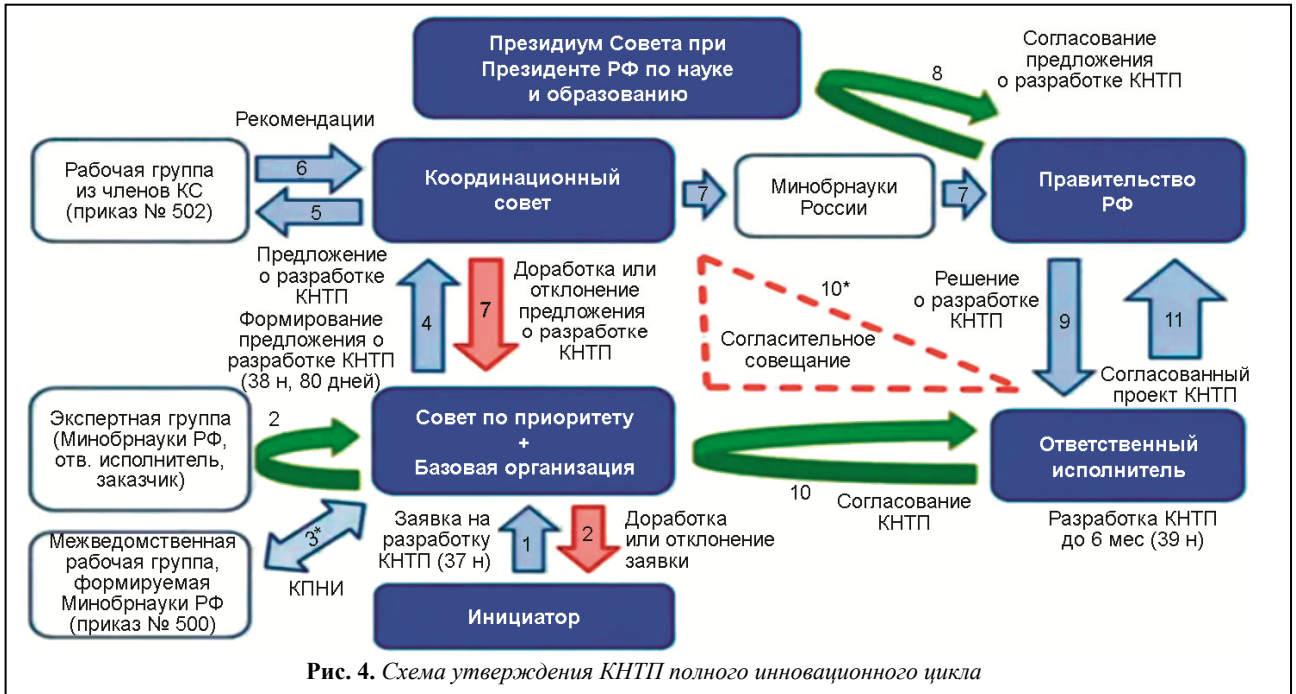
– Контрольная и наблюдательная – для определения контрольных параметров и их изменений при обустройстве месторождений на различных стадиях эксплуатации;

– Опорная – для контроля движения флюидных потоков и перетоков между пластами и их изменениями.

Цифровое месторождение включает в себя подземные и надземные технологические объекты добычи (скважины и объекты инфраструктуры); интегрированную систему управления добычными операциями; цифровую геолого-технологическую модель газового производства; центр интегрированного управления; оптоволоконную систему сбора и передачи данных; банк геопромышленных и технологических операций для обработки и принятия решений, планирования и обеспечения эксплуатации с использованием цифровых операторов (рис. 5) [3, 4]. Применение цифрового оператора сокращает время на устранение осложнений или выполнение рутинных операций с нескольких часов до минут и уменьшает операционные затраты на вышеуказанные операции с сотен тысяч рублей до нескольких тысяч.

Ключевым элементом цифрового месторождения являются скважины, которые по оценкам экспертов позволяют обеспечить процесс эффективного управления добычей и быструю экономическую отдачу от инвестиций, что позво-





ляет снизить стоимость освоения на 3...5 % и эксплуатационные затраты не менее чем на 20 % [5]. Цифровая модернизация позволяет повысить интеллектуальные возможности управляющей промышленной системы исходя из всей доступной информации – как исторически накопленной для месторождения, так и контекстной, прогнозной. Геоинформация по скважине формируется на всем протяжении ее жизненного цикла от бурения до ликвидации.

Построение рискованной модели строительства

Анализ действующих нормативно-технических документов ведущих нефтегазовых российских компаний, таких как ПАО "Газпром", ПАО "НК "Роснефть", ПАО "Газпром нефть", ПАО "ЛУКОЙЛ", ОАО "ОЭГ Петросервис", позволил выделить следующие этапы в организации строительства скважин: подготовка; устройство вышки и оборудования; орга-

низация бурения; непосредственное бурение на месторождении; оборудование скважины трубами и ее укрепление; вскрытие пласта и проверка его на поток газа или нефти; обустройство для эксплуатации. Наиболее полно материалы по анализу рисков при строительстве скважин систематизированы в ПАО "Газпром", где в рамках действующего в настоящее время стандарта регламентирована процедура анализа и оценки технологических рисков строительства скважин в документе "Р Газпром 7.3-028-2014. Документы нормативные для строительства скважин. Методические рекомендации по проведению анализа риска строительства скважин". Рекомендации устанавливают единый порядок проведения анализа и оценки технологических рисков строительства скважин. Перечень мероприятий по локализации последствий или их предотвращению разрабатывается согласно действующему стандарту "СТО Газпром. 7.4-007-2011. Документы нормативные для строительства скважин. Руководство по предупреждению аварий, осложнений и брака при строительстве скважин". Проведение опережающих мероприятий в рамках решения задач снижения аварийности и предупреждения осложнений при строительстве скважин должно выполняться на уровне специализированных проектных институтов и центров удаленного мониторинга буровых компаний или компаний-недропользователей на основе анализа происшедших на объектах аварийных ситуаций и эффективности отраслевых мероприятий по их ликвидации и предупреждению в дальнейшем [6, 7]. Необходимые расчеты и режимы бурения находятся с использованием программных продуктов, которые учитывают статистические зависимости и расчеты, полученные по соседним скважинам. Основные причины и факторы возникновения осложнений при бурении изображены на рис. 6.

Наиболее эффективный путь решения вышеописанных проблем – создание отраслевых центров удаленного мониторинга, которые функционируют в режиме 60/24/7 и осуществляют геологическое и технологическое сопровождение процесса строительства скважин. Вся информация, включая показания датчиков, видеонаблюдение и др., поступает в центр по корпоративным каналам связи, включая спутниковые, а также 4 и 5G промышленный интернет, и анализируется по ранее созданной в проектом институте виртуальной модели скважины. Центр удаленного мониторинга бурения комплектуется горными инженерами, геологами, геофизиками, каждый из которых отвечает за свой фронт работ и может вести одновременно несколько объектов. Задача управления рисками при этом сводится к прогнозированию осложнений и аварий. Экономически целесообразнее предупредить возможные виды осложнений (прихваты, поглощения, газонефтеводопроявления и др.), чем ликвидировать их последствия и аварии. В "Руководстве по безопасности" риск аварии определен как мера опасности, характе-

ризирующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий. Мероприятия, способствующие снижению риска аварий, повышают безотказность объекта, т. е. непосредственно влияют на надежность объекта. К основным количественным показателям риска аварии причислен технический риск – вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за конкретный период функционирования опасного производственного объекта [8]. При определении и оценке рисков необходимо рассматривать цели организации системы оценки и воздействия на риск для всех заинтересованных сторон, участвующих в процессе строительства. Стандартами в России в настоящее время установлена методология и предлагается реализация процесса менеджмента риска с использованием различных методов. Выбор методов оценки рисков определяется факторами: объектом (человек, социальная группа, территория и т. п.); величиной потенциального ущерба (авария, катастрофа и др.); исходной детерминированной или статистической информацией; наличием базы знаний; правовыми и нормативными требованиями; опытом; мотивацией заинтересованных сторон и др. Показателями риска аварии являются: индивидуальный риск, потенциальный территориальный риск (или потенциальный риск), коллективный риск, социальный риск, ожидаемый ущерб. В соответствии с "СТО Газпром 7.4-007. Документы нормативные для строительства скважин. Руководство по предупреждению аварий, осложнений и брака при строительстве скважин" аварийные ситуации при строительстве скважин классифицируются на:

- инциденты (поломка, обрыв, смятие, самопроизвольное и неконтролируемое скручивание, прихват);
- аварии (фонтан, падение буровой вышки);
- осложнения (поглощения, газонефтеводопроявления (ГНВП), рапопроявления, самопроизвольное искривление ствола, нарушение целостности стенок скважины, осложнения в породах).

Соответственно на этапе идентификации опасностей и предупреждения возможных осложнений и

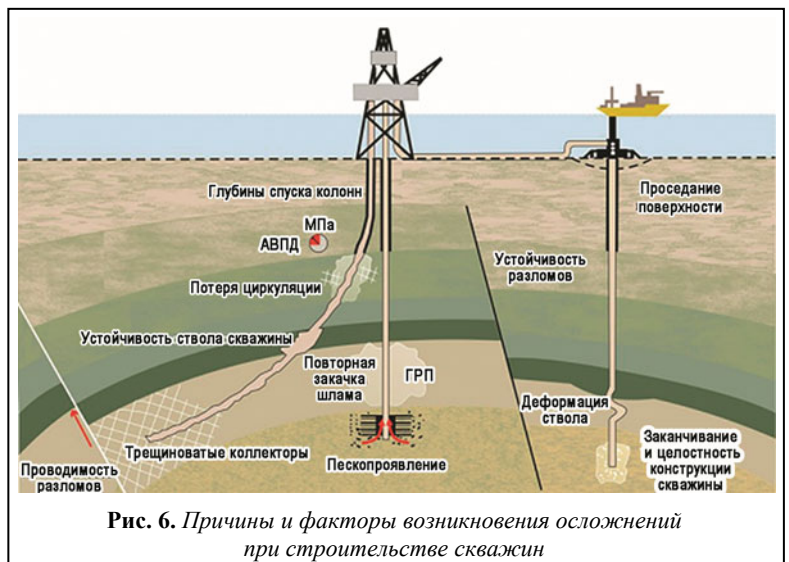


Рис. 6. Причины и факторы возникновения осложнений при строительстве скважин

аварийных ситуаций на основе анализа исходных данных являются:

- возможные опасности, факторы, причины и условия возникновения и реализации аварийных ситуаций по данным о геологическом разрезе;
- зоны потенциального риска реализации идентифицированных опасностей;
- возможные аварийные ситуации при строительстве скважин в идентичных природно-климатических и геологических условиях на основе статистических данных;
- возможные аварийные ситуации при строительстве скважин при выполнении различных технологических операций.

Для предупреждения осложнений и аварий предусматривается комплекс технологических приёмов, которые проводятся при выявлении на ранней стадии развития за счет применения высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений с применением технологий искусственного интеллекта. Такие системы находят свое применение в роботизированных и автоматизированных буровых комплексах.

Осложнения при проведении буровых работ

Основными видами осложнений при бурении исходя из практики бурения являются: прихваты бу-

рильной колонны в результате осыпей и обрушений неустойчивых пород, сужения ствола скважины осыпавшимися породами; поглощения бурового раствора, газонефтеводопроявления и рапопроявления. Доля этих осложнений составляет более 85 % от общего числа фиксируемых осложнений; при этом в годовом балансе доля затрат на их устранение составляет от 5 до 25 % себестоимости добываемого продукта согласно материалам из открытой печати. Ключевыми осложнениями в многолетнемерзлых породах (ММП) являются: растепление (разрушение) мерзлых стенок скважин; возникновение обвалов породы; некачественное цементирование скважин в толще мерзлых пород; смятие обсадных труб и др. Многообразие причин возникновения осложнений и их взаимосвязь требуют целого комплекса мероприятий по их предупреждению. Большинство причин действуют дифференцированно, т. е. являются следствием не одного, а развитием нескольких типов геологических осложнений [9]. По ряду причин нарушения технологического процесса и возникающие при этом осложнения нередко переходят в категорию аварий. Среди аварий основное место занимают прихваты бурильного инструмента (в основном вследствие действия перепада давления в зоне проницаемых пород и заклинивания колонны бурильных труб), а также смятие обсадных колонн из-за пластического течения горных пород. По статистике прихваты составляют 37 % от общего числа осложнений. Затраты времени на их ликвидацию составляют почти 50 % от времени на ликвидацию всех осложнений и серьезно влияют на экономику

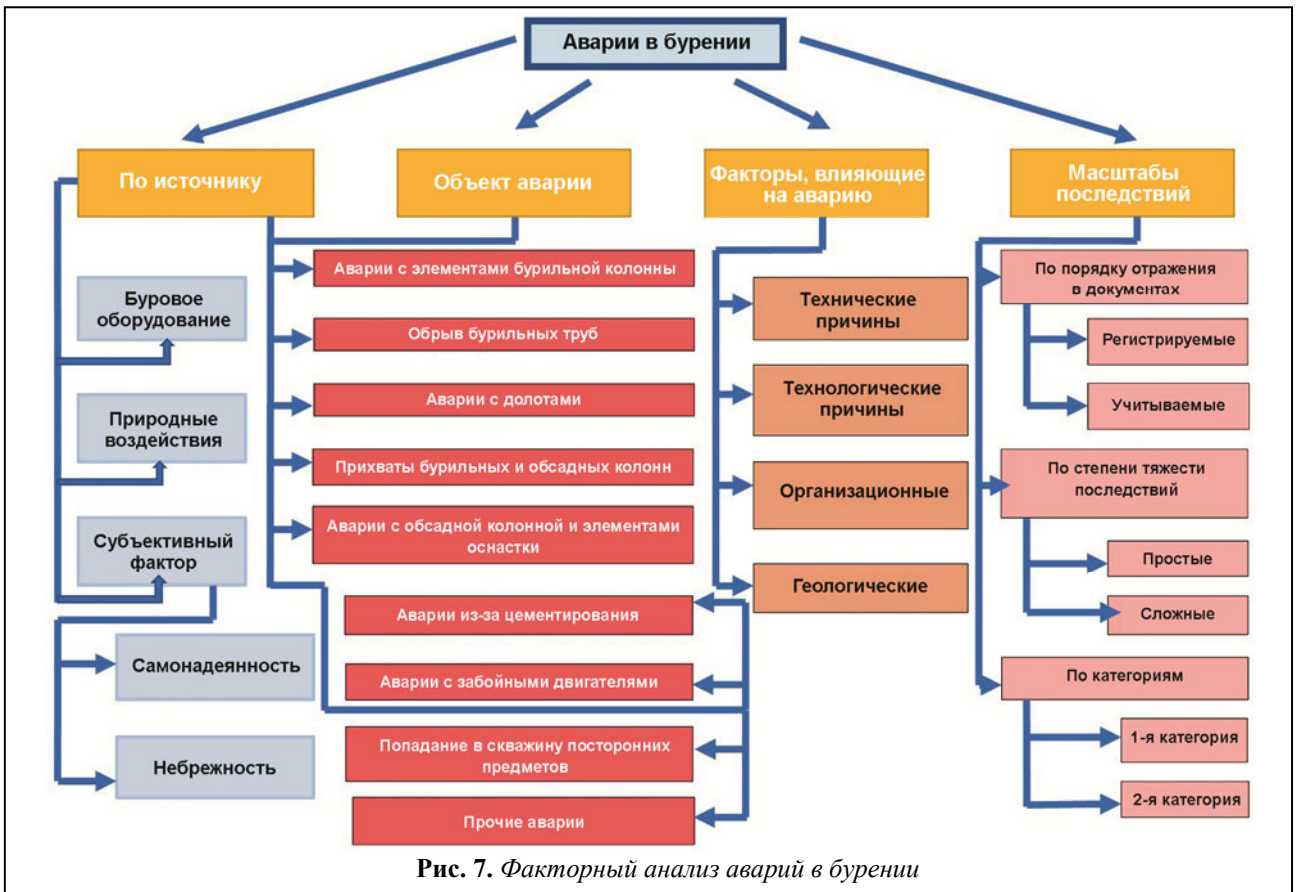


Рис. 7. Факторный анализ аварий в бурении

процессов бурения. Согласно мировой статистике, газонефтеводопроявления при бурении в сложных условиях связаны с проблемами устойчивости ствола скважины. Осложнения, связанные с устойчивостью стенок скважин, могут приводить к ГНВП, потере циркуляции, обвалам, прихватам, потерям инструмента и оборудования, а также необходимости перебуривания скважины. Аварийные ситуации, связанные с поглощением бурового раствора, связаны с перетоком бурового раствора из ствола скважины в горную породу. Ликвидация осложнений в виде поглощений зависит от метода оценки причин возникновения поглощения и выбора наиболее подходящего способа её устранения. Успешность применения технологий для ликвидации осложнений составляет менее 30 %, эффективность связана с возможностью раннего инструментального обнаружения. Одной из основных целей геолого-технологических исследований является обеспечение безопасности в процессе бурения и строительства скважин в целом, а также возможности анализа технологических параметров скважины в различных режимах. Анализ рынка основных отечественных производителей станций ГТИ показывает, что основной проблемой в этой области является отсутствие отечественного базового программного обеспечения [10–13]. В рамках геологического сопровождения для получения наиболее полной информации и предупреждения развития нештатных ситуаций непосредственно на буровой появляется также возможность проведения комплексного экспресс-анализа отобранного при бурении шлама с привязкой по глубинам, для которых был проведен анализ. Получение информации в режиме реального времени и предпринимаемые на её основании корректировки режимов проходки и отбора продукции помогают своевременно исключить неблагоприятные факторы, способные повлиять на дальнейшую разработку и эксплуатацию скважины на основании имеющихся архивов разработки. Геолого-технологические исследования (ГТИ) при построении цифровых месторождений проводятся с целью контроля в режиме реального времени за жизненным циклом строительства и эксплуатации скважины и включают такие исследования, как газовый каротаж, петрофизические исследования, выделение в разрезе нефтегазоперспективных пластов-коллекторов, изучение фильтрационно-емкостных свойств и характера насыщения по разрезу, экспрессное опробование. Для решения комплексных задач обустройства с учетом построения цифровой модели месторождения они должны быть оснащены также оборудованием системы сбора, обработки, анализа и передачи больших объемов данных; включать в свой состав рабочие места инженера-геолога и инженера по геоданным, иметь в составе мониторы контроля бурения и обустройства: контроля видео с видеокamer, сопоставления данных ГИС и ГТИ, расчета геологических давлений, расчета газовых флюидных коэффициентов, контроля газонефтеводопроявлений, вибрационных нагрузок, аварийных сигналов, времени отставания, расчетов расчетных и фактических режимов, серверов баз данных, контроля емкостей и режимов, мониторинга спускоподъемных операций и времени операций, контроля очистки ствола скважины, а

также систему непрерывного мониторинга технологического бурового оборудования, насосов и емкостного парка, оснащенных различными датчиками (около 50–100 ед.), в том числе датчиками оборотов лебедки, скорости вращения ротора, тензометрическими датчиками крутящего момента, натяжения каната, уровней бурового раствора, температуры и давления, расхода, стационарными и переносными датчиками содержания газов взрывоопасной смеси, а также оборудованием для мониторинга контроля стабильности ствола скважины в виде шламовзвешивающих машин на вибросито; устройствами световой и звуковой сигнализации и интегрированной системой видеорегистрации и безопасности работ на буровой. Проводимая ранняя диагностика отклонений от проектных показателей разработки в автоматизированном режиме способна обеспечить технологическую и экологическую безопасность персонала и оборудования на всех стадиях строительства. Анализ источников, объектов и факторов, влияющих на масштабы аварии, приведен на рис. 7. [Инструкция по классификации, расследованию и учету аварий при бурении скважин на нефть и газ. – М.: ВНИИОЭНГ, 1979. – 26 с.]

Программное обеспечение станции должно иметь адаптированные для специфических условий бурения модули для расчета геологических давлений непосредственно на площадке, позволяющие обеспечивать: обнаружение и прогнозирование зон аномально высокого/низкого пластового давления; расчет и анализ скорректированной *d*-экспоненты и/или *Signalog*; анализ данных или каротажа во время бурения: акустический каротаж, электрокаротаж, термометрию, плотнометрию и др.; обеспечивать выбор линии нормального уплотнения глин; применение различных методик расчета давлений, таких как метод отношений, метод Итона, метод Дайни, метод Хьюберта и Виллиса; анализ и расчет порового давления в процессе бурения (градиент и давление), давления гидроразрыва (градиент и давление) и горного давления (градиент и давление); анализ фоновых газопоказаний, газов наращивания, СПО и т. д.; обнаружение и определение причин появления обвального шлама; анализ буровых событий, параметров бурения, признаков нестабильности ствола скважины, затяжек/посадок; потери давления в процессе бурения; эквивалентную циркуляционную плотность (ЭЦП); максимальную скорость СПО с учетом эффекта поршневания/свабирования. Станция ГТИ должна включать в себя защищенную цифровую платформу с выходом в интернет. Информационная платформа служит для загрузки, хранения, просмотра и обмена данными, получаемыми на буровой площадке (суточные отчеты и другие сервисных компаний, буровая и геологическая информация и т. д.). При необходимости на базе в офисе заказчика устанавливается система на выделенном сервере с применением соответствующего программного обеспечения. В оборудование станции ГТИ входит также интегрированная система для передачи данных бурения и геологической информации в режиме реального времени; литологических данных в графическом и текстовом формате и данных по процентному содержанию шлама. Все данные по пробуренным скважинам хранятся по требованию заказчи-

ков на станциях длительное время после завершения работ. Ряд контролируемых параметров и задач, приведенных выше, уже обеспечен в применяемых сервисными компаниями при обустройстве скважин отечественных станциях геолого-технологических исследований (СГТИ) типа "Разрез-2", ГТИ "Геотест-5", ГТИ "Геоконтроль" и др. Современный уровень решения задач по безаварийной проводке скважин предполагает обоснованный выбор оптимальных организационно-технологических решений, призванных обеспечить минимальную вероятность возникновения любых осложнений и аварий. Существует достаточно обширный инструктивный материал, регламентирующий методы и способы борьбы практически со всеми известными видами осложнений и аварий, включая внутрикорпоративные инструкции и стандарты. Выявление и моделирование явлений, процессов и событий, способных инициировать аварийные ситуации при строительстве скважин, являются основным инструментом выполнения безаварийного бурения. Прогнозирование изменений потока отказов основывается на инженерном опыте (экспертным путем) или путем имитации на основе нейросетей. Модель объекта системы строится в соответствии с поставленной целью исследования, выбранными показателями надежности и особенностями строительства, функционирования и технического обслуживания объекта. Необходимость в группировании (классификации) аварийных ситуаций и осложнений является актуальной задачей и определяется на основании компетенций и возможностей заказчика. Искусственный интеллект (ИИ) уже нашел широкое применение в упрощении сложных процедур принятия решений при строительстве и предполагает использование сложных сетевых инструментов и алгоритмов для решения многогранных проблем бурения.

Построение алгоритма предупреждения аварий и осложнений обеспечивается за счет разработки метода нахождения оптимальной конфигурации сети для выполнения достоверного прогноза аварийной ситуации на базе модели искусственной нейронной сети. Чтобы добиться высокой производительности при внедрении алгоритмов машинного обучения, искусственные нейронные сети используют множество взаимосвязей между элементарными ячейками вычислений – искусственными нейронами (ИН), с учетом взаимосвязей, между которыми образуется искусственная нейронная сеть (ИНС). В процессе обучения системы исходные геолого-технологические данные преобразуются к виду, в котором их можно подать на вход ИНС и получить результат. Устройства и программное обеспечение, основанные на вышеупомянутых инструментах ИИ, разрабатывались для сокращения технологических пробелов, препятствующих автоматизированному выполнению и мониторингу ключевых операций при моделировании коллектора, операций по бурению и заканчиванию скважин, включая распознавание сейсмических диаграмм, характеристик продуктивного коллектора и сопоставление истории, прогнозирования проницаемости и пористости, *PVT*-анализа, диагностики буровых долот, поддержки принятия решений в критических ситу-

ациях и дорогих операциях бурения и строительства нефтяных и газовых скважин. В рамках работы выполнено построение модели ИНС глубокого обучения, разработаны модели и определена оценка качества (сходимости) результата, в том числе:

- регрессионного анализа данных скважин, на основе которого выполняется прогнозирование интенсивности поглощения буровой промывочной жидкости;

- классификации, направленной на прогнозирование прихватов.

Обучение моделей проводилось итеративно, на небольших пакетах геолого-технологических данных, что дало возможность проводить обучение на наборах данных произвольного размера. Основой такого подхода является преимущество глубокого обучения с разделением на следующие категории: простота, масштабируемость, а также гибкость и готовность к многократному использованию. Принятая за основу концепция является легко адаптируемой к различным технологическим процессам и показывает высокую эффективность при работе в нештатных ситуациях, а также наличия цифровых моделей, апробированных на объектах-аналогах. Построение автоматизированного управления потребовало решить несколько групп ключевых задач:

- Определение и классификация аварийных ситуаций, алгоритм предсказания и предотвращения которых наиболее адаптирован к использованию нейросетевых технологий с точки зрения зависимостей параметров и имеющегося архива ретроспективных данных бурения и строительства скважин. Выявление зависимостей и корреляций между регистрируемыми параметрами, являющимися базовыми рецепторами для нейросетевой модели, для определения вероятности аварии на реагирующем слое.

- Разработка методов и их программная реализация для каждого типа аварии.

- Разработка технологии облачных вычислений.

- Адаптация системы защиты информации по технологии блокчейн во избежание искажения входных данных.

- Тестирование и адаптация разработанного программного обеспечения, достижение сходимости результатов на основании данных для определенного месторождения.

Внедрение технологий искусственного интеллекта при принятии решений по бурению направлено на то, чтобы обеспечить контроль буровых работ как составную часть безопасного технологического процесса, предоставить лицам, принимающим решения, точную оперативную информацию о состоянии бурения скважины в реальном масштабе времени с учетом ретроспективной информации с качественными оценками тенденций изменения и инженерным опытом (экспертные методы) [12, 13]. При этом одним из инновационных направлений повышения эффективности производственной деятельности нефтегазовых компаний является интеграция организационных, технических и технологических решений на основе перспективных ИТ-платформ и внедрения технологий искусственного интеллекта. К базовым элементам можно отнести создание интеллектуальных технологий ин-

терпретации геологических и геофизических данных, ИТ-инструменты для предиктивного управления процессом бурения скважин, создание современных интерактивных сред для удаленной инженерной коммуникации в режиме реального времени. В этой связи необходимо отметить уже достигнутые результаты ООО "Газпром нефть" при создании собственной программной платформы для бурения ЭРА.ПИК, функционирование единого Центра управления бурением (ЦУБ) "Геонавигатор", системно проводимых работ по формированию моделей современных интеллектуальных скважин и месторождений, автоматизированных буровых установок в научно-техническом центре Компании. Центры управления бурением группы компаний ПАО "Газпром", а также других отечественных нефтегазовых компаний являются прототипами организационно-технических структур, где в качестве базовых элементов должны внедряться автоматизированные системы предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при строительстве нефтяных и газовых скважин.

Выводы

Интеграция предиктивной аналитики (на основе современных компьютерных технологий) с результатами опыта строительства объектов месторождения позволяет обеспечить улучшение мониторинга динамического процесса бурения и эксплуатации, организацию процесса безрисковой производственной деятельности в нефтегазовой отрасли. Полученные при исследовании результаты были использованы при создании автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства высокотехнологичных нефтяных и газовых скважин на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей цифровых месторождений [14–18].

Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2013–2020 гг. Раздел 9 "Науки о Земле"; направления фундаментальных исследований: 131. "Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья" и 132 "Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья", по теме государственного задания "Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности", № АААА-А 16-116031750016-3; № 0139-2019-0009 в Парусе и № АААА-А19-119013190038-2 в РОСРИДе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровая модернизация нефтегазовой отрасли: состояние и тренды / Л.А. Абукова, А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, А.Д. Черников // Датчики и системы. – 2017. – № 11. – С. 13–19.
2. Цифровой нефтегазовый комплекс России / А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, Д.С. Филиппова, Е.А. Сафарова // Георесурсы. – 2020. – Спецвыпуск. – С. 32–35. – DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.SI.32-35>
3. Столяров В.Е., Еремин Н.А. Оптимизация процессов добычи газа при применении цифровых технологий // Геология,

геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО "ВНИПОЭНГ", 2018. – № 6. – С. 54–61. – DOI: [10.30713/2413-5011-2018-6-54-61](https://doi.org/10.30713/2413-5011-2018-6-54-61)

4. Еремин Н.А., Столяров В.Е. О цифровизации процессов газодобычи на поздних стадиях разработки месторождений // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2020. – № 1. – С. 59–69. – DOI: [10.5510/ogp20200100424](https://doi.org/10.5510/ogp20200100424)
5. Еремин Н.А., Столяров В.Е. Газовая скважина как ключевой объект цифрового месторождения // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: ОАО "ВНИПОЭНГ", 2019. – № 9(554). – С. 5–14. – DOI: [10.33285/0132-2222-2019-9\(554\)-5-14](https://doi.org/10.33285/0132-2222-2019-9(554)-5-14)
6. Hughes J.D. Drilling Deeper. A Reality Check on U.S. Government Forecast for a Lasting Tight Oil & Shale Gas Boom. – Santa Rosa, CA: Post Carbon Institute, 2016.
7. Malanichev A. Limits of Technological Efficiency of Shale Oil Production in the USA // Foresight and STI Governance. – 2018. – Vol. 12. – № 4. – Pp. 78–89. – DOI: [10.17323/2500-2597.2018.4.78.89](https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.78.89)
8. Математические модели и методики обеспечения приемлемых рисков информационно-измерительных и управляющих систем транзитных газопроводов / В.В. Алексеев, С.И. Гавриленко, А.Н. Панов, В.Е. Столяров. – Санкт-Петербургский ГЭТУ "ЛЭТИ", 2016. – 160 с.
9. Особенности цифровой трансформации активов при реализации инвестиционных нефтегазовых проектов / Н.А. Еремин, М.А. Королев, А.А. Степанян, В.Е. Столяров // Газовая промышленность. – 2019. – Т. 783. – № 4. – С. 116–127.
10. Анализ качества данных станции геолого-технологических исследований при распознавании поглощений и газонефтеводопроявлений для повышения точности прогнозирования нейросетевых алгоритмов / А.И. Архипов, А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, А.Д. Черников, С.О. Бороздин, Е.А. Сафарова, М.П. Сейнароев // Нефть. хоз-во. – 2020. – № 8(1162). – С. 63–67. – DOI: [10.24887/0028-2448-2020-8-63-67](https://doi.org/10.24887/0028-2448-2020-8-63-67)
11. Drilling Problems Forecast System Based on Neural Network / S. Borozdin, A. Dmitrievsky, N. Eremim, A. Arkhipov, A. Sboev, O. Chashchina-Semenova, L. Fitzner, E. Safarova // Society of Petroleum Engineers. – 2020, October 21. – DOI: [10.2118/202546-MS](https://doi.org/10.2118/202546-MS)
12. Об увеличении продуктивного времени бурения нефтегазовых скважин с использованием методов машинного обучения / А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, А.Д. Черников [и др.] // Георесурсы. – 2020. – Т. 22. – № 4. – С. 68–76.
13. Применение методов искусственного интеллекта для выявления и прогнозирования осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин: проблемы и основные направления решения / А.Д. Черников, Н.А. Еремин, В.Е. Столяров, А.Г. Сбоев, О.К. Семенова-Чащина, Л.К. Фицнер // Георесурсы. – 2020. – № 22(3). – С. 87–96. – DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.3.87-96>
14. Программный компонент "Нефтегазовый блокчейн". / Н.А. Еремин, А.О. Водопьян, В.О. Дуплякин, А.Д. Черников, С.А. Космос // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020614626, 17.04.2020. Заявка № 2020613699 от 27.03.2020.
15. Программный компонент "Адаптация обобщенных нейросетевых моделей прогнозирования осложнений и аварийных ситуаций к геофизическим параметрам при бурении конкретной скважины" / Н.А. Еремин, А.Н. Дмитриевский, О.К. Чащина-Семенова, Л.К. Фицнер, А.Д. Черников // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660890, 15.09.2020. Заявка № 2020660179 от 08.09.2020.
16. Программный компонент "Оркестровка – интеграция модулей системы прогнозирования осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин" / Н.А. Еремин, А.Н. Дмитриевский, О.К. Чащина-Семенова,

Л.К. Фицнер, А.Д. Черников // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660891, 15.09.2020. Заявка № 2020660181 от 08.09.2020.

17. Программный компонент "Нейросетевые расчеты – построение моделей прогноза осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин" (ПКНР) / Н.А. Еремин, А.Н. Дмитриевский, О.К. Чащина-Семенова, Л.К. Фицнер, А.Д. Черников // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020661356, 22.09.2020. Заявка № 2020660450 от 14.09.2020.

18. Программный компонент "Индикация прогноза осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин" (ПК "Индикация") / Н.А. Еремин, А.Н. Дмитриевский, О.К. Чащина-Семенова, Л.К. Фицнер, А.Д. Черников // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020661356, 22.09.2020. Заявка № 2020660450 от 14.09.2020.

LITERATURA

1. Tsifrovaya modernizatsiya neftegazovoy otrasli: sostoyanie i trendy / L.A. Abukova, A.N. Dmitrievskiy, N.A. Eremin, A.D. Chernikov // Datchiki i sistemy. – 2017. – № 11. – S. 13–19.

2. Tsifrovoy neftegazovyy kompleks Rossii / A.N. Dmitrievskiy, N.A. Eremin, D.S. Filippova, E.A. Safarova // Georesursy. – 2020. – Spetsvyypusk. – S. 32–35. – DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.SI.32-35>

3. Stolyarov V.E., Eremin N.A. Optimizatsiya protsessov dobychi gaza pri primeneniі tsifrovyykh tekhnologiy // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. – М.: ОАО "VNIIOENG", 2018. – № 6. – S. 54–61. – DOI: 10.30713/2413-5011-2018-6-54-61

4. Eremin N.A., Stolyarov V.E. O tsifrovizatsii protsessov gazodobychi na pozdnykh stadiyakh razrabotki mestorozhdeniy // Nauchnye trudy NIPi Neftegaz GNKAR. – 2020. – № 1. – S. 59–69. – DOI: 10.5510/ogp20200100424

5. Eremin N.A., Stolyarov V.E. Gazovaya skvazhina kak klyuchevoy ob'ekt tsifrovogo mestorozhdeniya // Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti. – М.: ОАО "VNIIOENG", 2019. – № 9(554). – S. 5–14. – DOI: 10.33285/0132-2222-2019-9(554)-5-14

6. Hughes J.D. Drilling Deeper. A Reality Check on U.S. Government Forecast for a Lasting Tight Oil & Shale Gas Boom. – Santa Rosa, CA: Post Carbon Institute, 2016.

7. Malanichev A. Limits of Technological Efficiency of Shale Oil Production in the USA // Foresight and STI Governance. – 2018. – Vol. 12. – № 4. – Pp. 78–89. – DOI: 10.17323/2500-2597.2018.4.78.89

8. Matematicheskie modeli i metodiki obespecheniya priemlyemykh riskov informatsionno-izmeritel'nykh i upravlyayushchikh sistem tranzitnykh gazoprovodov / V.V. Alekseev, S.I. Gavrilenko, A.N. Panov, V.E. Stolyarov. – Sankt-Peterburgskiy GETU "LETI", 2016. – 160 s.

9. Osobennosti tsifrovoy transformatsii aktivov pri realizatsii investitsionnykh neftegazovykh projektov / N.A. Eremin, M.A. Korablev, A.A. Stepanyan, V.E. Stolyarov // Gazovaya promyshlennost'. – 2019. – T. 783. – № 4. – S. 116–127.

10. Analiz kachestva dannykh stantsii geologo-tekhnologicheskikh issledovaniy pri raspoznavanii pogloshcheniy i gazoneftevodoproyavleniy dlya povysheniya tochnosti prognozirovaniya neyrosetevykh algoritmov / A.I. Arkhipov, A.N. Dmitrievskiy, N.A. Eremin, A.D. Chernikov, S.O. Borozdin, E.A. Safarova, M.R. Seynaroev // Neft. khoz-vo. – 2020. – № 8(1162). – S. 63–67. – DOI: 10.24887/0028-2448-2020-8-63-67

11. Drilling Problems Forecast System Based on Neural Network / S. Borozdin, A. Dmitrievskiy, N. Eremin, A. Arkhipov, A. Sboev, O. Chashchina-Semenova, L. Fitzner, E. Safarova // Society of Petroleum Engineers. – 2020, October 21. – DOI: 10.2118/202546-MS

12. Ob uvelichenii produktivnogo vremeni bureniya neftegazovykh skvazhin s ispol'zovaniem metodov mashinnogo obucheniya / A.N. Dmitrievskiy, N.A. Eremin, A.D. Chernikov [i dr.] // Georesursy. – 2020. – T. 22. – № 4. – S. 68–76.

13. Primenenie metodov iskusstvennogo intellekta dlya vyyavleniya i prognozirovaniya oslozhneniy pri stroitel'stve neftyanykh i gazovykh skvazhin: problemy i osnovnye napravleniya resheniya / A.D. Chernikov, N.A. Eremin, V.E. Stolyarov, A.G. Sboev, O.K. Semenova-Chashchina, L.K. Fitsner // Georesursy. – 2020. – № 22(3). – S. 87–96. – DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.3.87-96>

14. Programmnyy komponent "Neftegazovyy blokcheyn" / N.A. Eremin, A.O. Vodopyan, V.O. Duphyakin, A.D. Chernikov, S.A. Kosmos // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2020614626, 17.04.2020. Zayavka № 2020613699 ot 27.03.2020.

15. Programmnyy komponent "Adaptatsiya obobshchennykh neyrosetevykh modeley prognozirovaniya oslozhneniy i aviarynykh situatsiy k geofizicheskim parametram pri bureniі konkretnoy skvazhiny" / N.A. Eremin, A.N. Dmitrievskiy, O.K. Chashchina-Semenova, L.K. Fitsner, A.D. Chernikov // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2020660890, 15.09.2020. Zayavka № 2020660179 ot 08.09.2020.

16. Programmnyy komponent "Orkestrivka – integratsiya moduley sistemy prognozirovaniya oslozhneniy i aviarynykh situatsiy pri bureniі i stroitel'stve skvazhin" / N.A. Eremin, A.N. Dmitrievskiy, O.K. Chashchina-Semenova, L.K. Fitsner, A.D. Chernikov // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2020660891, 15.09.2020. Zayavka № 2020660181 ot 08.09.2020.

17. Programmnyy komponent "Neyrosetevye rascheti – postroenie modeley prognoza oslozhneniy i aviarynykh situatsiy pri bureniі i stroitel'stve skvazhin" (PKNR) / N.A. Eremin, A.N. Dmitrievskiy, O.K. Chashchina-Semenova, L.K. Fitsner, A.D. Chernikov // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2020661356, 22.09.2020. Zayavka № 2020660450 ot 14.09.2020.

18. Programmnyy komponent "Indikatsiya prognoza oslozhneniy i aviarynykh situatsiy pri bureniі i stroitel'stve skvazhin" (PK "Indikatsiya") / N.A. Eremin, A.N. Dmitrievskiy, O.K. Chashchina-Semenova, L.K. Fitsner, A.D. Chernikov // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2020661356, 22.09.2020. Zayavka № 2020660450 ot 14.09.2020.

Николай Александрович Еремин (д-р техн. наук, профессор),
Александр Дмитриевич Черников (канд. техн. наук),
Владимир Евгеньевич Столяров,
Елисавета Александровна Сафарова,
Дина Сергеевна Филиппова,
Александра Вадимовна Горева

Институт проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН)
119333, Россия, г. Москва, ул. Губкина, 3,
e-mail: ermn@mail.ru, cha60@mail.ru, vbess60@gmail.com,
safarovaelisaveta@gmail.com, filippovads@ipng.ru,
sandra_ne@mail.ru

Nikolai Alexandrovich Eremin (Dr. of tech. sci., Professor),
Alexander Dmitrievich Chernikov (Cand. of tech. sci.),
Vladimir Evgenievich Stolyarov,
Elisaveta Alexandrovna Safarova,
Dina Sergeevna Filippova,
Alexandra Vadimovna Goreva

Oil and Gas Research Institute Russian Academy of
Sciences (OGRI RAS)
3, Gubkin str., Moscow, 119333, Russian Federation,
e-mail: ermn@mail.ru, cha60@mail.ru, vbess60@gmail.com,
safarovaelisaveta@gmail.com, filippovads@ipng.ru,
sandra_ne@mail.ru

**ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ,
опубликованных в НТЖ "Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых
месторождений" в 2020 году**

Название статьи	Номер	Стр.
ПОИСКИ И РАЗВЕДКА		
<i>Бородкин В.Н., Смирнов О.А., Лукашов А.В., Курчиков А.Р., Самитова В.И., Погрецкий А.В.</i> Особенности геологического развития и современного строения Предновоземельской зоны дислокаций по данным сейсморазведки 3D	1	4
<i>Попов И.П., Захаров Н.О.</i> Влияние дизъюнктивных нарушений на формирование и разработку юрских залежей нефти Вартовского нефтегазоносного района	1	11
<i>Насонова Н.В., Дистанова Л.Р., Калабин А.А., Девятка Н.П.</i> Региональные и локальные факторы формирования трещиноватости в глинисто-кремнистых отложениях нижнеберезовской подсвиты	1	19
<i>Ли И, Лобусев А.В., Бочкарев А.В., Чжао Куаньчжи, Дэн Сяоцзюань.</i> Факторы формирования резервуара ордовикской системы месторождения X бассейна Тарим (Китай)	1	26
<i>Гутман И.С., Арефьев С.В., Митина А.И.</i> Обоснование блокового строения аномальных разрезов баженовской свиты и смежных с ними разрезов ачимовской толщи на примере Северо-Конитлорского месторождения	2	4
<i>Журавлева Л.М.</i> Палеогеографические типы нижнепермских рифов юго-востока Восточно-Европейской платформы и их нефтегазоносность	2	13
<i>Полищук А.В.</i> Системный анализ истории геолого-разведочных работ и адаптация шаблона оценки геологических рисков	2	19
<i>Смирнов О.А., Лукашов А.В., Погрецкий А.В., Курчиков А.Р., Бородкин В.Н., Самитова В.И.</i> Модель коллектора и выделение перспективных зон в интервале отложений хамакинского продуктивного горизонта Сибирской платформы	3	4
<i>Евдокимов Н.В.</i> Особенности строения нижнепермских карбонатных резервуаров севера Печоро-Колвинского авлакогена и их нефтегазоносность	3	13
<i>Гришкевич В.Ф., Лагутина С.В., Смоляков Г.А., Панина Е.В., Долматова С.С.</i> Общая структура неокомского морского осадконакопления в Западно-Сибирском бассейне	3	21
<i>Ли И, Лобусев А.В., Бочкарев А.В., Ван Ци, Лю Жуйдун.</i> Факторы и моделирование трещин нефтяного резервуара месторождения X бассейна Тарим (Китай)	3	27
<i>Бородкин В.Н., Курчиков А.Р., Маркин М.А., Смирнов О.А., Лукашов А.В.</i> К вопросу выделения зон-коллекторов в отложениях баженовской свиты Западной Сибири	4	4
<i>Ростовцев В.В., Липихина Е.Ю., Афанасьев А.М., Ростовцев В.Н., Лайнвебер В.В.</i> Палеозойская нефтегазоносная область Западной Сибири	4	14
<i>Акчури И.О., Буханов Д.А.</i> Учет зоны аномального развития баженовской свиты с целью геометризации Восточной залежи пласта ЮВ ¹ Нонг-Еганского месторождения	4	24
<i>Булзаков М.А., Колесников В.А., Терешкин В.В., Качко С.К.</i> Строматолитовые формации Анабарского плато	4	30
<i>Нариманов Н.Р., Насибова Г.Д., Мансурова С.И.</i> Структурно-тектонические особенности антиклинальной зоны Бузовна–Маштага–Зыря–Джянуб-2 и перспективы ее нефтегазоносности	4	38
<i>Смирнов О.А., Бородкин В.Н., Курчиков А.Р., Лукашов А.В., Шарифьянова Е.В., Смирнов А.С., Погрецкий А.В.</i> Тектоническая модель восточной части Свальбардской плиты в акватории Баренцева моря и ее связь с индикаторами миграции углеводородов	5	4
<i>Кудаманов А.И., Карих Т.М.</i> Мультимасштабный подход к исследованию отложений березовской свиты	5	15
<i>Бородкин В.Н., Курчиков А.Р., Смирнов О.А., Лукашов А.В., Маркин М.А.</i> Отображение моделей формирования залежей углеводородов на сейсмических образах по различным стратиграфическим срезам в пределах Баренцево-Карского шельфа и Западной Сибири	6	4
<i>Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю.</i> Пограничные структуры верхней части литосферы – определяющие элементы глубинной тектоники крупных осадочных бассейнов (на примере Прикаспийской впадины)	6	19
<i>Забанбарк А.</i> Геология и перспективы нефтегазоносности бассейна Сантос	6	26
<i>Маркин М.А., Бородкин В.Н., Курчиков А.Р., Самитова В.И., Смирнов О.А., Лукашов А.В.</i> Литологическая характеристика отложений баженовской свиты Краснотенинского свода на примере Ем-Еговского месторождения	7	4
<i>Булзаков М.А., Колесников В.А., Терешкин В.В., Болдушевская Л.Н., Савчик Д.М.</i> К вопросам об интенсивности новейших тектонических движений юго-восточной части Камчатского полуострова и севера Курильских островов, гидротермально-метасоматических изменениях эффузивных пород и перспективах нефтегазоносности региона	7	10
<i>Потапова Е.А.</i> Реализация сиквенс-стратиграфического подхода для выявления перспективных зон открытия новых залежей углеводородов в пределах южной части Антипаутинской впадины	7	23
<i>Никитин Ю.И.</i> Палеогеографические реконструкции позднедевонского осадконакопления на юге Волго-Уральской провинции в связи с поисками рифовых месторождений нефти	8	4

Название статьи	Номер	Стр.
<i>Большаков Ю.Я., Нейлова Е.Ю., Салова К.В.</i> Особенности разработки залежей нефти, приуроченных к гидрофобным коллекторам в условиях водонапорного режима	6	53
<i>Чизов А.П., Чибисов А.В., Андреев В.Е., Ефимов Е.Р., Мухаметшин В.В., Кулешиова Л.С., Мингулов Ш.Г.</i> Прогнозирование результатов воздействия газом на остаточные запасы нефти в условиях месторождений Волго-Урала	6	56
<i>Хузин Р.Р., Соловьев Н.Н., Мухаметшин В.Ш., Салихов Д.А., Андреев В.Е., Пенелеев Д.В., Стефанович Ю.Н.</i> Новый режим эксплуатации горизонтальных скважин	7	36
<i>Кривова Н.Р., Нежура И.С., Кривов И.О.</i> Результаты исследований и эксплуатации залежей группы ПК месторождений Нижневартовского района	7	43
<i>Ахметов Р.Т., Мухаметшин В.В., Кулешиова Л.С., Грезина О.А., Малышев П.М.</i> Использование обобщенной математической модели капиллярных кривых для получения аналитических связей между порометрическими характеристиками пластов-коллекторов Западной Сибири	7	49
<i>Попов С.Н., Коробов И.Ю.</i> Экспериментальное изучение вариаций физико-механических свойств тампонажных материалов, применяемых при строительстве скважин, в зависимости от времени твердения и воздействия глинокислотного реагента	7	55
<i>Рябокоть Е.П., Турбаков М.С.</i> Оценка влияния волнового воздействия на изменение геомеханических свойств терригенных горных пород (на примере нефтяных месторождений юга Пермского края)	7	62
<i>Салаватов Т.Ш.</i> Особенности стабилизации продуктивности скважин регулированием скин-фактора	7	67
<i>Маляренко А.М., Богдан В.А., Блинов С.А., Котенёв Ю.А., Мухаметшин В.Ш., Котенёв М.Ю.</i> Методические подходы при изучении физических свойств неоднородных глинизированных пород-коллекторов	8	57
<i>Ваицурина М.В., Русакова Ю.О., Храпцова А.Л.</i> Изучение состояния пресных подземных вод в условиях освоения нефтяных месторождений юго-западной части Томской области	8	64
<i>Салаватов Т.Ш., Исмаилов Ш.З.</i> Периодическое баровоздействие на призабойную зону скважины с ухудшенной проницаемостью	8	74
<i>Вотинов А.С., Макаренко Е.С., Черный К.А., Галкин С.В.</i> Анализ эффективности применения пропантного гидроразрыва пласта в потенциально трещиноватых глинисто-карбонатных объектах	11	68
<i>Салаватов Т.Ш., Мустафаев К.И.</i> Анализ результатов проведенных работ по получению углекислого газа в пласте и его влияния на процесс вытеснения нефти на площади Локбатан	11	73
<i>Еремин Н.А., Черников А.Д., Столяров В.Е., Сафарова Е.А., Филиппова Д.С., Горева А.В.</i> Безаварийное газовое производство	12	51
<i>Шеховцова Е.В., Романько В.В., Ким С.Л.</i> Результаты обработки и использования модифицированной воды в пластовых условиях	12	61
<i>Воеводкин В.Л., Микитин Е.О., Метт Д.А., Немова В.Д.</i> Опыт научного сопровождения разработки верхнеюрских отложений, относящихся к трудноизвлекаемым запасам углеводородов	12	67
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ГЕОЛОГИИ		
<i>Белошицкий А.В.</i> Задачи внутрифирменного планирования деятельности геофизических предприятий в современных условиях	5	64
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ГЕОЛОГИИ		
<i>Большаков Ю.Я., Нейлова Е.Ю.</i> Электроосмос как возможный фактор миграции нефти и газа	4	65
<i>Нариманов Н.Р., Ахвердиев А.А., Бабаев М.С., Каграманов К.Н., Насибова Г.Д.</i> Роль динамических и геодинамических процессов в пространственном распределении нефтегазоносных территорий	6	63
ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ		
Поздравляем Т.Ш. Салаватова с юбилеем!	11	77
<i>9-й номер подготовлен по материалам Филиала ООО "ЛУКОЙЛ-Инжиниринг" КогалымНИПИнефть в г. Тюмени</i>		
<i>Гришкевич В.Ф., Касаткин В.Е., Лагутина С.В., Долматова С.С., Панина Е.В., Смоляков Г.А., Сивкова А.В., Шайхутдинова Г.Х., Лаптей А.Г.</i> Эволюция отложений и флюидопроводящей системы баженновской свиты	9	4
<i>Швецова Е.А., Мухлыгина Е.В.</i> Возможности прогноза перспектив нефтегазоносности в отложениях доюрских образований Шаимского нефтегазоносного района Западной Сибири	9	20
<i>Панина Е.В., Ламинский Д.А., Гришкевич В.Ф., Москаленко Н.Ю., Лагутина С.В., Касаткин В.Е., Блинкова А.В., Белов Н.В., Саматова А.И.</i> О наклонных водонефтяных контактах верхнеюрских нефтяных залежей на примере Ватьеганского месторождения	9	31
<i>Кропотов М.В., Зыкова В.А., Девятков А.М., Косорева Н.П., Закомалдин Е.А.</i> Результаты реализации комплексной программы доизучения геологического строения нефтегазоконденсатных залежей пластов ПК Пяяхинского месторождения	9	37



ОАО "ВНИОЭНГ"

Россия, 117420, г. Москва, ул. Наметкина, 14, корп. 2.

E-mail: vnioeng@vnioeng.ru
www.vnioeng.ru