ISSN 2413-5011

2(350).2021

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Геология, Геофизика

и разработка нефтяных и газовых месторождений

Geology, geophysics and development of oil and gas fields

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
"Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина"

Научно-технический журнал

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields

2(350) ♦ 2021 москва

При участии
АО "ВНИИОЭНГ"

РГАСНТИ 38.53.38.57

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

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., выпускающий редактор Издательского дома "Губкин" РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,

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. – редактор Издательского дома "Губкин" РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,

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,

Холодилов 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 Издательском доме "Губкин" (e-mail: shapira@list.ru)

СОДЕРЖАНИЕ

ПОИСКИ И РАЗВЕДКА

Сидорчук Е.А., Добрынина С.А. Совершенствование поиска неструктурных ловушек в условиях локальной геодинамики 4

Гаврилов Г.С., Морошкин А.Н., Крук П.Н., Макушина Е.П. Уточнение геологического строения среднеартинских отложений в пределах Ново-Дмитриевской площади Волгоградской области на основе проведенной широкоазимутальной сейсморазведки МОГТ-3D 10

Фёдорова М.Д., Кирьянова Т.Н., Кирзелёва О.Я., Кляжников Д.В., Копёнкин Р.Ю., Смирнова О.В., Калугин А.А. От предгорий к морю. Восстановление условий осадконакопления юрского периода на примере одного из месторождений ХМАО 13

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Черников А.Д., Еремин Н.А., Сафарова Е.А., Горева А.В. Учет геолого-геофизических факторов при построении нейросетевых моделей выявления и прогнозирования осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин 20

Торопов Э.С. Построение моделей переходных зон нефтегазовых залежей вариационно-сеточным методом 25

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Путилов И.С., Селетков И.А., Ладейщиков С.В. Новые подходы к обработке и интерпретации сейсмических данных на примере одного из месторождений нефти Архангельской области 31

Бородкин В.Н., Смирнов О.А., Курчиков А.Р., Лукашов А.В., Тепляков А.А., Галинский К.А., Погрецкий А.В. Модель строения и перспектив нефтегазоносности юрского регионального комплекса в зоне сочленения Гыданского, Тазовского полуостровов и полуострова Ямал Западной Сибири по данным сейсморазведки 3D 38

РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Солодов П.А., Поляков Д.В., Шафиков Р.Р. Выбор оптимального размещения системы горизонтальных скважин на газовой залежи в условиях шельфа 53

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ГЕОЛОГИИ

Берзин А.Г., Марсанова М.Р. Геолого-геофизические аргументы за потенциально продуктивные "подфундаментные" отложения в основании Непско-Пеледуйского свода Непско-Ботуобинской антеклизы на юге Сибирской платформы 60

© РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021

ISSN 2413-5011

№ 2(350) Февраль 2021 г.

Издается с 1992 г.

Выходит 12 раз в год

CONTENTS

OIL AND GAS PROSPECTING

Sidorchuk E.A., Dobrynina S.A. Improving the search for non-structural traps in the conditions of local geodynamics....4

Gavrilov G.S., Moroshkin A.N., Kruk P.N., Makushina E.P. Updating of geological structure of the middle Aptian deposits within the limits of Novo-Dmitrievsky territory of the Volgograd region based on the wide azimuth seismic survey by 3D CDP method....10

Fedorova M.D., Kiryanova T.N., Kirzeleva O.Ya., Klyazhnikov D.V., Kopenkin R.Yu., Smirnova O.V., Kalugin A.A. From the foothills to the sea. Restoration of the conditions of the Jurassic age sedimentation on the example of one of the deposits of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug....13

GEOLOGICAL MODELING

Chernikov A.D., Eremin N.A., Safarova E.A., Goreva A.V. Consideration of geological-geophysical factors when constructing neural network models for identifying and predicting complications that can arise during construction of oil and gas wells....20

Toropov E.S. Building of saturation-height models of oil and gas reservoirs by the variation-grid method....25

GEOPHYSICAL RESEARCH WORK

Putilov I.S., Seletkov I.A., Ladeyshchikov S.V. New approaches to processing and interpretation of seismic data on the example of one of the oilfield of Arkhangelsk region....31

Borodkin V.N., Smirnov O.A., Kurchikov A.R., Lukashov A.V., Teplyakov A.A., Galinskiy K.A., Pogretskiy A.V. A model of the structure and oil and gas prospects for oil and gas potential of the Jurassic regional complex in the joint zone of the Gydan, Tazov peninsula and the Yamal peninsula of Western Siberia according to 3D seismic data....38

DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS

Solodov P.A., Polyakov D.V., Shafikov R.R. Selection of the optimal placement of a system of horizontal wells on a gas reservoir in shelf conditions ..53

THEORETICAL ASPECTS IN GEOLOGY

Berzin A.G., Marsanova M.R. Geological-geophysical arguments for potentially productive "subfundamental" sediments at the base of the Nepsko-Peleduisky arch of the Nepsko-Botuobinskaya anteclise in the south of the Siberian platform.....60

Учредитель журнала – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина"

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 кандидата и доктора наук". Журнал включен в базу Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе **Web of Science**, а также в международную реферативную базу данных и систему 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 № ФС77-80054 от 25 декабря 2020 г.

Издательский дом "Губкин"
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., 63.
Сайт: https://www.gubkin.ru

Адрес электронной почты:
oil_engineering@mail.ru

Выпускающий редактор *А.Н. Астахова*

Редактор *Е.Ю. Дарищева*

Компьютерный набор *В.В. Васина*

Компьютерная верстка *Е.В. Кобелькова*

Технический редактор *Т.Д. Диатроптова*

Корректор *Н.В. Шуликина*

Подписано в печать 06.01.2021.
Формат 84×108 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,14. Уч.-изд. л. 7,26.
Тираж 1500 экз. Цена свободная.

Печатно-множительная база: ИП Терентьева Ю.Б.
115551, Россия, г. Москва, Шипиловский пр., 43, корп. 2.

При перепечатке материала ссылка на издание обязательна.

Мнение редакционной коллегии не всегда совпадает с мнением автора материала.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 553.46

УЧЕТ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫЯВЛЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

А.Д. Черников[1], Н.А. Еремин[1, 2], Е.А. Сафарова[1], А.В. Горева[1]

(*[1]Институт проблем нефти и газа РАН, [2]РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина*)

Цифровая модернизация на базе внедрения методов искусственного интеллекта, основанных на машинном обучении и искусственных нейронных сетях, является мощным инструментом повышения эффективности разработки нефтегазовых месторождений, инновационным драйвером развития нефтегазовой отрасли. Основное преимущество применения ИНС для решения задач выявления и прогнозирования осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин заключается в том, что в ходе их построения и обучения в неявном, с точки зрения физики, виде с заданной точностью моделируются закономерности, присущие данным процессам, выявляющие взаимосвязи, в том числе скрытые, между геолого-геофизическими, техническими и технологическими параметрами. При этом внедрение технологий искусственного интеллекта, в частности искусственных нейронных сетей, требует применения комплекса все более детальных, адаптированных к различным целевым задачам классификаторов, что предъявляет повышенные требования к проведению геолого-разведочных работ, геолого-технологических исследований и различных видов каротажей и может быть в полной мере реализовано на базе построения и поддержания в актуальном состоянии постоянно действующей геолого-технологической модели месторождения.

Ключевые слова: геология; геолого-геофизические параметры; постоянно действующая геолого-технологическая модель месторождения; искусственный интеллект; искусственная нейронная сеть; целевая нейросетевая модель; строительство нефтяных и газовых скважин; выявление и прогнозирование осложнений; предупреждение аварийных ситуаций.

DOI: 10.33285/2413-5011-2021-2(350)-20-24

CONSIDERATION OF GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL FACTORS WHEN CONSTRUCTING NEURAL NETWORK MODELS FOR IDENTIFYING AND PREDICTING COMPLICATIONS THAT CAN ARISE DURING CONSTRUCTION OF OIL AND GAS WELLS

A.D. Chernikov[1], N.A. Eremin[1, 2], E.A. Safarova[1], A.V. Goreva[1]

(*[1]Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences, [2]National University of Oil and Gas "Gubkin University"*)

Digital modernization based on the introduction of artificial intelligence methods stemming from machine learning and artificial neural networks (ANN) is a powerful tool to increase the efficiency of oil and gas field development, an innovative driver for the development of the oil and gas industry. The main advantage of using ANN to solve problems of identifying and predicting complications during oil and gas wells construction lies in the fact that during their construction and training, implicit, from the point of view of physics, models with a given accuracy simulate the patterns inherent in these processes that identify relationships including hidden ones, between geological-geophysical, technical and technological parameters.

At the same time, the introduction of artificial intelligence technologies, in particular artificial neural networks, requires the use of a complex of increasingly detailed classifiers that are adapted to various targets, which places high demands to geological exploration, geological research and various types of logging and can be fully implemented on the basis of building and keeping up to date a permanent geological and technological model of a field.

Keywords: geology; geological-geophysical parameters; permanent geological and technological model of a field; artificial intelligence; artificial neural network; target neural network model; construction of oil and gas wells; identification and prediction of complications; prevention of emergency situations.

Все более широкое внедрение методов искусственного интеллекта (ИИ) для повышения эффективности строительства нефтяных и газовых скважин приводит к растущему в геометрической прогрессии числу и все большей специализации моделей искусственных нейронных сетей, настроенных на решение различных целевых задач: планирование разработки, оптимизацию технологических режимов, прогнозирование осложнений при бурении (прихваты, поглощения, газонефтеводопроявления (ГНВП), износ долота и др.) нефтяных и газовых скважин. Актуальной задачей является организация специализированных моделей искусственных нейронных сетей в единый кластер, обеспечивающий эффективное решение заданного комплекса задач в условиях априорной неопределенности, связанной с конкретными геолого-геофизическими, техническими и технологическими факторами и условиями. Применительно к проблеме внедрения методов ИИ для решения проблемы повышения эффективности строительства нефтяных и газовых скважин закономерно встает вопрос: насколько можно доверять прогнозам и рекомендациям обученной на ограниченной выборке данных искусственной нейронной сети (ИНС) при бурении новых скважин и вообще насколько успешными и точными могут быть подобные прогнозы? На какой основе возможно объединение таких разнородных моделей, как прогнозирование различающихся по своей природе осложнений: прихватов, поглощений, газонефтеводопроявлений.

Естественной основой для объединения различных специализированных моделей ИНС может служить по-

стоянно действующая геолого-технологическая модель (ПДГТМ) месторождения, включающая:

– цифровую интегрированную базу геологической, геофизической, гидродинамической и промысловой информации;

– цифровую трехмерную адресную геологическую модель месторождения (залежей);

– программные средства для пересчета параметров геологической модели в параметры фильтрационной модели и их корректировки;

– программные средства и технологии, позволяющие по установленным в процессе моделирования правилам уточнять модели по мере постоянного поступления текущих данных, порождаемых в процессе освоения и разработки месторождений;

– базы знаний и систем искусственного интеллекта, используемые при принятии решений по управлению процессом разработки [1].

В строении нефтяных и газовых месторождений принимают участие только осадочные горные породы. Важными признаками строения осадочных горных пород, имеющими существенное значение при их разрушении, являются их структура и текстура. Основная структурная особенность осадочных пород, характеризующая их механические свойства, – структура цементов, связывающих отдельные цельные образования. По природе сил сцепления между частицами осадочные породы подразделяются на три основные группы:

– скальные;

– связные (пластичные);

– сыпучие.

Вместе с тем массив осадочных пород имеет слоистость, т. е. структурное свойство относительно легко отделяться по плоскостям наслоения (пластам) и, следовательно, по глубине бурения скважины. С точки зрения организации единой ИНС как объединенного кластера целевых моделей это означает формирование и настройку классификаторов, связывающих геолого-геофизические свойства горных пород и технологические параметры производственных процессов, а также возникающих осложнений и предаварийных ситуаций при строительстве нефтяных и газовых скважин. Одной из основных характеристик горных пород является твердость, определяемая их способностью оказывать сопротивление проникновению породоразрушающего инструмента. Известна шкала твердости минералов Мооса, по которой условную твердость минералов определяют методом царапания; по этой шкале твердость характеризуется отвлеченным числом (номером). Но для практического применения, в том числе для применения в ИНС, необходим учет основных физико-механических свойств горных пород, влияющих на процесс бурения. Этому условию удовлетворяет классификация горных пород Л.А. Шрейнера, в соответствии с которой твердость определяется нагрузкой на единицу площади штампа, а в качестве меры твердости принята величина контактного давления, при котором напряжения в породе под штампом достигают предела прочности [2]. В соответствии с этим все породы можно отнести к трем группам:

I группа – породы, не дающие общего хрупкого разрушения (слабо сцементированные пески, суглинки, известняк-ракушечник, мергели, глины с частыми прослоями песчаников, мергелей и т. п.);

II группа – упругопластичные породы (сланцы, доломитизированные известняки, крепкие ангидриты, доломиты, конгломераты на кремнистом цементе, кварцево-карбонатные породы и т. п.);

III группа – упругохрупкие, в основном изверженные и метаморфические породы.

Для построения модели ИНС выявления и прогнозирования осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин целесообразно использовать классификацию горных пород по буримости, также определяемой их способностью сопротивляться проникновению бурового инструмента, которая измеряется продолжительностью "чистого" времени бурения 1 м проходки. В качестве физико-технической основы сопоставления пород по буримости (зависящей только от свойств пород) принимается относительный показатель трудности бурения породы $П_б$, эмпирически определяемый выражением

$$П_б = K_1(\delta_{сж.} + \delta_{сдв.} + K_2)\rho g,$$

где K_1 и K_2 – эмпирические коэффициенты; g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Все горные породы по величине $П_б$ классифицируются на 25 категорий по буримости с подразделением их на 5 классов:

I – легкобуримые ($П_б$ = 1…5), категории 1–5;

II – средней трудности бурения ($П_б$ = 5,1…10), категории 6–10;

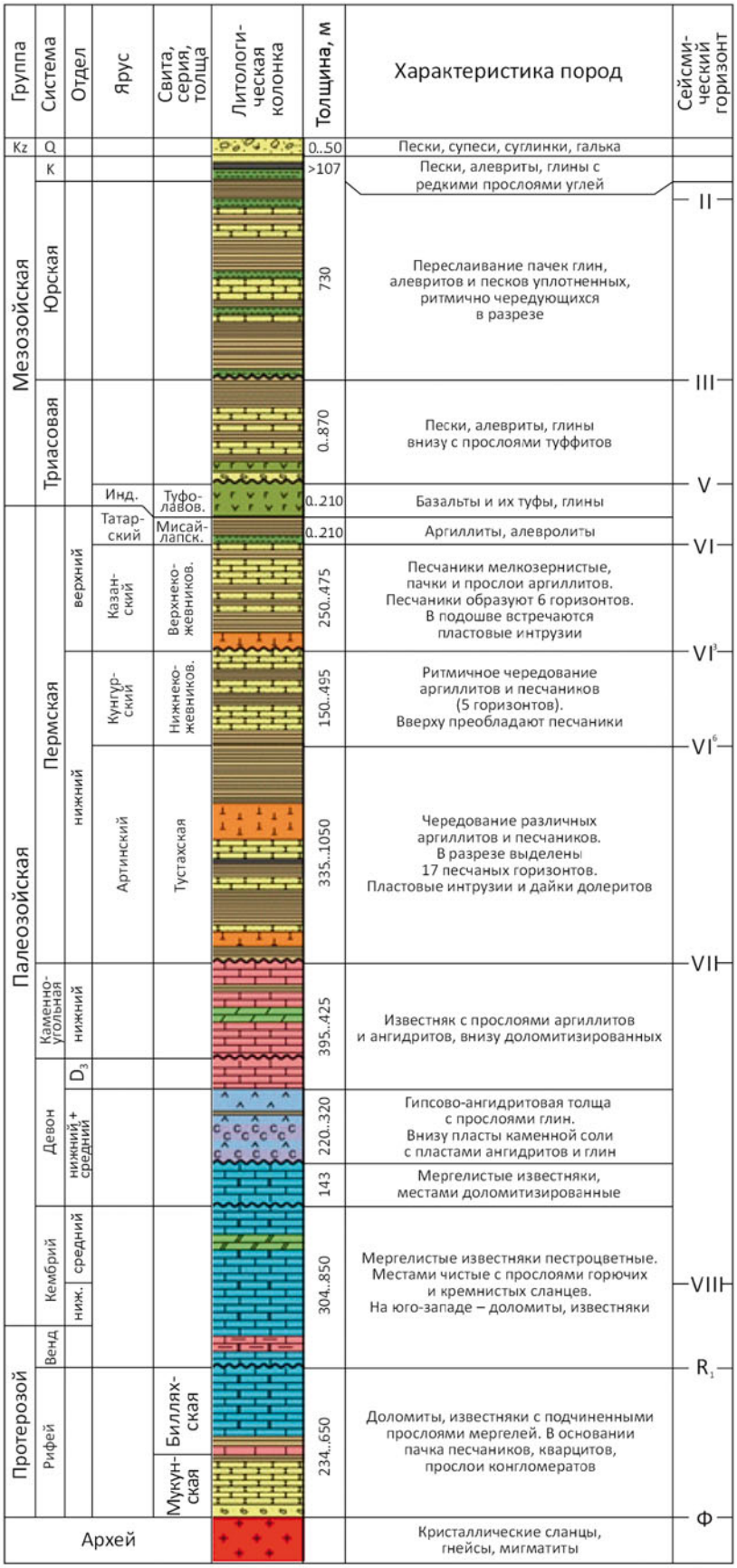
III – труднобуримые ($П_б$ = 10,1...15), категории 11–15;

IV – весьма труднобуримые ($П_б$ = 15,1…20), категории 16–20;

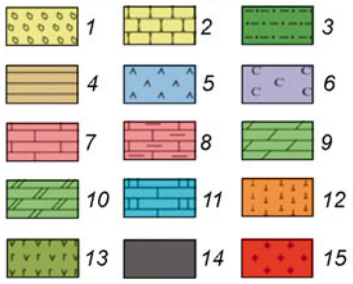
V – исключительно труднобуримые ($П_б$ = 20,1…25), категории 21–25.

Данная классификация, наряду с классификацией горных пород по твердости Л.А. Шрейнера, может быть положена в основу настройки априорной обобщенной модели ИНС оптимизации режимов функционирования бурильного оборудования и прогнозирования осложнений при бурении скважин. Для получения уточненных оценок целесообразно использовать модели ИНС, основанные на классификациях, учитывающих характеристики бурильного оборудования. В основе единой классификации по буримости А.Ф. Суханова положена классификация, по которой буримость оценивается чистой скоростью бурения шпура при стандартных условиях одним молотком типа ПР-19 при давлении в пневматической сети 4,5 атм, диаметре коронки 45 мм, длине штанги 1 м [2]. Если условия отличаются от стандартных, то необходимо ввести поправочные коэффициенты на массу перфоратора, число ударов и т. п.

Классификация по буримости также может быть построена по показателю удельной энергоемкости бурения для определенных типов станков. Этот способ в некоторых случаях может быть более информативен, так как кроме буримости можно оценивать и эффек-



Условные обозначения:



Литолого-стратиграфический разрез скважины:

1 – пески, гравелиты; *2* – песчаник; *3* – алевролит; *4* – аргиллит; *5* – ангидрит, гипс; *6* – соль; *7* – известняк; *8* – известняк глинистый; *9* – мергель; *10* – мергель доломитовый; *11* – известняк мергелистый, доломитизированный; *12* – пластовые интрузии и дайки долеритов; *13* – базальты, туффиты; *14* – уголь; *15* – кристаллические сланцы, гнейсы, мигматиты

тивность применяемого разрушающего инструмента, режима бурения, удаления продуктов разрушения из забоя скважины и т. п. Важными параметрами для выявления и прогнозирования осложнений при бурении типа "прихват" являются пластичность, упругость и вязкость горных пород. Классификация пород по пластичности – это возможность их разделения по способности необратимо изменять, не разрушаясь, свою форму и размеры под воздействием внешних сил. Пластичность зависит от минералогического состава горных пород и уменьшается с увеличением содержания кварца, полевого шпата и некоторых других минералов. Высокими пластическими свойствами обладают глины и некоторые породы, содержащие соли. Шрейнер Л.А. предложил классификацию пород по пластичности, в которой коэффициент пластичности изменяется от 1 до 6. Для высокопластичных пород, которые не дают хрупкого разрушения под штампом, коэффициент пластичности принято считать равным бесконечности [2–4]. По вязкости породы разделяются по сопротивлению отделению от массива части породы.

Другими важными характеристиками массивов горных пород для выявления и прогнозирования осложнений типа "газоводонефтепроявления" являются пористость и трещиноватость. Под пористостью понимают отношение объема всех пустот к объему всей породы, выраженное в процентах. Трещиноватость массива характеризуется удельной трещиноватостью, т. е. числом открытых трещин всех систем, приходящихся на единицу длины (т. е. шт./м). По степени трещиноватости (по удельному значению) массивы разделяются на 5 категорий:

– сильно трещиноватые (мелкоблочные) – > 10,
– среднеблочные – 2…10;
– крупноблочные – 1…2;
– малотрещиноватые – 1,0…0,65;
– монолитные – < 0,65.

Для прогнозирования износа долота при бурении определяющей характеристикой горной породы является абразивность – способность породы изнашивать контактирующий с ней породоразрушающий инструмент в процессе их взаимодействия. Классификационная шкала абразивности горных пород включает в себя 12 категорий.

Классификация структурных и текстурных свойств горных пород для построения (настройки) моделей ИНС должна применяться исходя из заданного целевого вектора решаемой задачи и фактического наличия исходных данных для ее решения. При этом она должна совмещаться с другими словарями и классификаторами, но может не определяться ими, т. е. могут появиться некоторые признаки (суждения) извне, которые заранее не постулировались. Отсутствие аналитических зависимостей, а также наличие особенностей геологической структуры конкретного месторождения и каждой новой скважины, специфика характеристик применяемого бурильного оборудования делают построение физических закономерностей, связывающих геолого-геофизические, технические и технологические параметры, задачей предельно сложной и практически трудно реализуемой. Основное преимущество применения ИНС для решения данной задачи заключается в том, что в ходе их построения и обучения в неявном с точки зрения физики виде с заданной точностью моделируются закономерности, присущие данным процессам, выявляющие взаимосвязи, в том числе скрытые, между геолого-геофизическими, техническими и технологическими параметрами [5, 6]. Геолого-геофизические параметры могут быть кластеризованы по результатам определения литолого-стратиграфического разреза (рисунок) [7], разделяющим разрез на литолого-стратиграфические комплексы и типы (терригенный, карбонатный, хемогенный, вулканогенный, кристаллический); расчленение разреза на пласты, привязку их по глубине вдоль оси скважины и по абсолютным глубинам; выделение стратиграфических реперов; привязку отбираемого керна по глубине; определение коллекторских свойств и характера насыщенности пород.

В настоящее время одним из перспективных источников информации о состоянии и изменениях структурных и текстурных характеристик горных пород являются данные от постоянно действующих протяженных волоконно-оптических систем сейсмологического мониторинга. В ИПНГ РАН разработан и опробован оригинальный метод эмиссионной сейсмической томографии для оценки трещиноватости и флюидодинамики земной коры [4]. При этом следует отметить, что внедрение технологий искусственного интеллекта, в частности искусственных нейронных сетей, требует применения комплекса все более детальных, адаптированных к различным целевым задачам классификаторов, что предъявляет повышенные требования к проведению геолого-разведочных работ, геолого-технологических исследований и различных видов каротажей и может быть в полной мере реализовано на базе построения и поддержания в актуальном состоянии постоянно действующей геолого-технологической модели месторождения.

Заключение

Проведенные исследования показали, что цифровая модернизация, внедрение методов искусственного интеллекта, основанных на машинном обучении и ИНС [5, 6], являются мощным инструментом повышения эффективности разработки нефтегазовых месторождений, инновационным драйвером развития нефтегазовой отрасли [8–13].

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания (тема "Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования)").

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 153-39.0-047-00. Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. Утвержден и введен в действие Минтопэнерго России приказом № 67 от 10.03.2000 г.
2. Шрейнер Л.А. Физические основы механики горных пород. Механические свойства и процессы разрушения при бурении. – М.: Гостоптехиздат, 1950. – 212 с.
3. Суханов А.Ф. Единая классификация горных пород по буримости и взрываемости. – М.: Гостоптехиздат, 1944. – 20 с.

4. Чеботарева И.Я. Эмиссионная сейсмическая томография – инструмент для изучения трещиноватости и флюидодинамики земной коры // Георесурсы. – 2018. – Т. 20. – № 3. – Ч. 2. – С. 238–245.
5. Алгоритм создания нейросетевой модели для классификации в системах предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при строительстве нефтяных и газовых скважин / А.Н. Дмитриевский, А.Н. Еремин, В.О. Дуплякин, В.В. Капранов // Датчики и системы. – 2019. – № 12(243). – С. 3–11. – DOI: 10.25728/datsys.2019.12.1
6. Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Методика экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов Казахстана // Нефт. хоз-во. – 2020. – № 1(1155). – С. 15–19. – DOI: 10.24887/0028-2448-2020-1-15-19
7. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Шабалин Н.А. Сейсмологическая характеристика разреза осадочного чехла арктической зоны Сибирской платформы // Геология нефти и газа. – 2018. — № 1. – С. 29–47.
8. Система для прогнозирования осложнений в бурении на основе искусственного интеллекта / С.О. Бороздин, А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин [и др.] // SPE-202546-MS. – 2020. – DOI: 10.2118/202546-MS
9. 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. Ерёмин [и др.] // Нефт. хоз-во. – 2020. – № 8. – С. 63–67. – DOI: 10.24887/0028-2448-2020-8-63-67
10. Качественный анализ геоданных временного ряда для предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при бурении нефтяных и газовых скважин / А.Н. Дмитриевский, Н.А. Ерёмин, Е.А. Сафарова [и др.] // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2020. – № 3. – С. 31–37. – DOI: 10.5510/ogp20200300442
11. Об увеличении продуктивного времени бурения нефтегазовых скважин с использованием методов машинного обучения / А.Н. Дмитриевский, А.Г. Сбоев, Н.А. Ерёмин [и др.] // Георесурсы. – 2020. – № 22(4). – С. 79–85. – DOI: https://doi.org/10.18599/grs.2020.4.79-85
12. 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 [и др.] // Георесурсы. – 2020. – № 22(3). – С. 87–96. – DOI: https://doi.org/10.18599/grs.2020.3.87-96
13. Автоматизированная система предотвращения аварий при строительстве скважин / А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин, А.Д. Черников, А.Г. Сбоев, О.К. Чащина-Семенова, Л.К. Фицнер, М.Я. Гельфгат, А.А. Назаретова // Нефт. хоз-во. – 2021. – № 1(1167). – С. 72–76. – DOI: 10.24887/0028-2448-2021-1-72-76

LITERATURA

1. RD 153-39.0-047-00. Reglament po sozdaniyu postoyanno deystvuyushchikh geologo-tekhnologicheskikh modeley neftyanykh i gazoneftyanykh mestorozhdeniy. Utverzhden i vveden v deystviye Mintop·energo Rossii prikazom № 67 ot 10.03.2000 g.
2. Shreyner L.A. Fizicheskiye osnovy mekhaniki gornykh porod. Mekhanicheskiye svoystva i protsessy razrusheniya pri burenii. – M.: Gostoptekhizdat, 1950. – 212 s.
3. Sukhanov A.F. Edinaya klassifikatsiya gornykh porod po burimosti i vzryvayemosti. – M.: Gostoptekhizdat, 1944. – 20 s.
4. Chebotareva I.Ya. Emissionnaya seysmicheskaya tomografiya – instrument dlya izucheniya treshchinovatosti i flyuidodinamiki zemnoy kory // Georesursy. – 2018. – T. 20. – № 3. – Ch. 2. – S. 238–245.
5. Algoritm sozdaniya neyrosetevoy modeli dlya klassifikatsii v sistemakh preduprezhdeniya oslozhneniy i avariynykh situatsiy pri stroitel'stve neftyanykh i gazovykh skvazhin / A.N. Dmitriyevskiy, A.N. Eremin, V.O. Duplyakin, V.V. Kapranov // Datchiki i sistemy. – 2019. – № 12(243). – S. 3–11. – DOI: 10.25728/datsys.2019.12.1
6. Bogatkina Yu.G., Eremin N.A. Metodika ekonomicheskoy otsenki neftegazovykh investitsionnykh proyektov Kazakhstana // Neft. khoz-vo. – 2020. – № 1(1155). – S. 15–19. – DOI: 10.24887/0028-2448-2020-1-15-19
7. Dmitriyevskiy A.N., Eremin N.A., Shabalin N.A. Seysmologicheskaya kharakteristika razreza osadochnogo chekhla arkticheskoy zony Sibirskoy platformy // Geologiya nefti i gaza. – 2018. — № 1. – S. 29–47.
8. Sistema dlya prognozirovaniya oslozhneniy v burenii na osnove iskusstvennogo intellekta / S.O. Borozdin, A.N. Dmitriyevskiy, N.A. Eremin [i dr.] // SPE-202546-MS. – 2020. – DOI: 10.2118/202546-MS
9. Analiz kachestva dannykh stantsii geologo-tekhnologicheskikh issledovaniy pri raspoznavanii pogloshcheniy i gazoneftevodoproyavleniy dlya povysheniya tochnosti prognozirovaniya neyrosetevykh algoritmov / A.I. Arkhipov, A.N. Dmitriyevskiy, N.A. Erëmin [i dr.] // Neft. khoz-vo. – 2020. – № 8. – S. 63–67. – DOI: 10.24887/0028-2448-2020-8-63-67
10. Kachestvennyy analiz geodannykh vremennogo ryada dlya preduprezhdeniya oslozhneniy i avariynykh situatsiy pri burenii neftyanykh i gazovykh skvazhin / A.N. Dmitriyevskiy, N.A. Erëmin, E.A. Safarova [i dr.] // Nauchnyye trudy NIPI Neftegaz GNKAR. – 2020. – № 3. – C. 31–37. – DOI: 10.5510/ogp20200300442
11. Ob uvelichenii produktivnogo vremeni bureniya neftegazovykh skvazhin s ispol'zovaniyem metodov mashinnogo obucheniya / A.N. Dmitriyevskiy, A.G. Sboyev, N.A. Erëmin [i dr.] // Georesursy. – 2020. – № 22(4). – S. 79–85. – DOI: https://doi.org/10.18599/grs.2020.4.79-85
12. Primeneniye metodov iskusstvennogo intellekta dlya vyyavleniya i prognozirovaniya oslozhneniy pri stroitel'stve neftyanykh i gazovykh skvazhin: problemy i osnovnyye napravleniya resheniya / A.D. Chernikov, N.A. Eremin, V.E. Stolyarov [i dr.] // Georesursy. – 2020. – № 22(3). – S. 87–96. – DOI: https://doi.org/10.18599/grs.2020.3.87-96
13. Avtomatizirovannaya sistema predotvrashcheniya avariy pri stroitel'stve skvazhin / A.N. Dmitriyevskiy, N.A. Eremin, A.D. Chernikov, A.G. Sboyev, O.K. Chashchina-Semenova, L.K. Fitsner, M.Ya. Gel'fgat, A.A. Nazaretova // Neft. khoz-vo. – 2021. – № 1(1167). – C. 72–76. – DOI: 10.24887/0028-2448-2021-1-72-76

Александр Дмитриевич Черников[1] (канд. техн. наук),
Николай Александрович Еремин[1, 2] (д-р техн. наук, профессор),
Елисавета Александровна Сафарова[1],
Александра Вадимовна Горева[1]

[1]**Институт проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН)**
119333, Россия, г. Москва, ул. Губкина, 3,
e-mail: cha60@mail.ru, ermn@mail.ru,
safarovaelisaveta@gmail.com, sandra_ne@mail.ru;

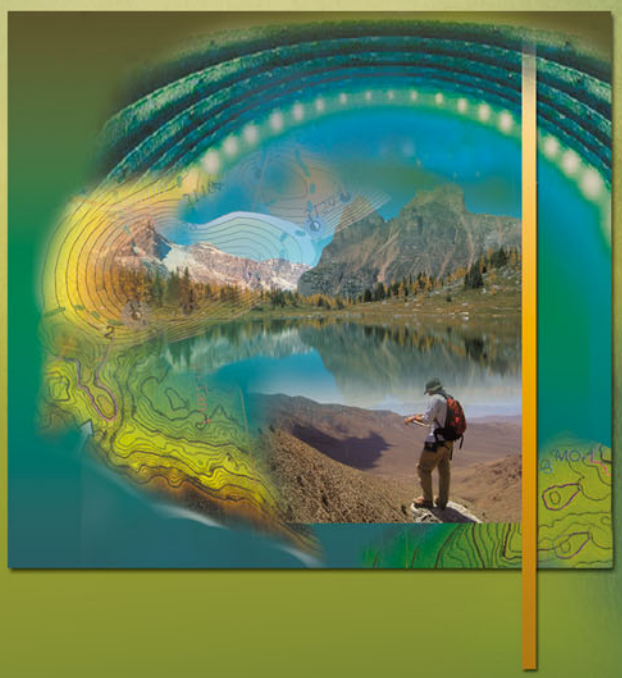
[2]**Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина**
119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1,
e-mail: ermn@mail.ru

Alexander Dmitrievich Chernikov[1] (Cand. of tech. sci., Professor),
Nikolay Aleksandrovich Eremin[1, 2] (Dr. of tech. sci., Professor),
Elisaveta Aleksandrovna Safarova[1],
Alexandra Vadimovna Goreva[1]

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

[2]**National University of Oil and Gas "Gubkin University"**
65, bld. 1, Leninsky prosp., Moscow, 119991, Russian Federation,
e-mail: ermn@mail.ru

РГАСНТИ 38.53.38.57



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НЕФТИ и ГАЗА

(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

имени И.М. ГУБКИНА

Базовый вуз нефтегазового комплекса России