



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

Журнал основан в 1965 г.

Выходит 12 раз в год

Научно-технический журнал
НЕФТЕПРОМЫСЛОВОЕ ДЕЛО

3(627)•2021
Март/March

Scientific-technical journal
OILFIELD ENGINEERING

При участии
АО "ВНИИОЭНГ"



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

Астахова А.Н. – к. т. н., выпускающий редактор Издательского дома "Губкин" РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

Антипова И.А. – редактор Издательского дома "Губкин" РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

Валовский В.М. – д. т. н., профессор, советник дирекции Татарского научно-исследовательского и проектно-института нефти ПАО "Татнефть" имени В.Д. Шашина по технике и технологии в разработке нефтяных месторождений, г. Бугульма;

Велиев Н.А. – д. т. н., профессор, академик Азербайджанской инженерной академии, начальник Департамента науки, техники и нанотехнологий SOCAR (Азербайджан), г. Баку;

Габитов И.А. – д. т. н., профессор, зав. кафедрой АГУНП, г. Баку;

Гавура В.Е. – д. г.-м. н., главный эксперт ОАО "Всероссийский научно-исследовательский институт нефти имени А.Н. Крылова", г. Москва;

Григулецкий В.Г. – д. т. н., профессор РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва;

Дарищев В.И. – к. т. н., зам. генерального директора по науке и инновационной деятельности ОАО "РИТЭК", г. Москва;

Зейналов Р.Р. – д. т. н., доцент, академик Азербайджанской инженерной академии, генеральный директор "Инновационно-производственного Центра" (Азербайджан), г. Баку;

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

Муслимов Р.Х. – д. т. н., консультант Президента РТ по вопросам разработки нефтяных и нефтегазовых месторождений, профессор Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань;

Салаватов Т.Ш. – д. т. н., профессор, академик РАЕН, зав. кафедрой "Разработка нефтяных и газовых месторождений" АГУНП, г. Баку;

Сафин С.Г. – д. т. н., профессор, эксперт Федерального реестра научно-технической сферы Минобрнауки РФ, г. Архангельск;

Хисамов Р.С. – д. г.-м. н., главный геолог ПАО "Татнефть", г. Альметьевск;

Хисамутдинов Н.И. – д. т. н., профессор, заместитель директора по научной работе ООО НПО "Нефтегазтехнология", г. Уфа

Выпускающий редактор **А.Н. Астахова**

Редактор **И.А. Антипова**

Компьютерный набор **В.В. Васина**

Компьютерная верстка **Е.В. Кобелькова**

Корректор **Н.В. Шуликина**

Переводчик **О.М. Бисярина**

Индекс журнала:

58503 — по каталогу Агентства "Роспечать",

10336 — по объединенному

10337 каталогу "Пресса России".

Подписано в печать 15.03.2021. Формат 84×108 1/16.

Бумага офсетная. Тираж 1500 экз. Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОНЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Цыбин С.С., Федоров А.Э. Методика оценки эффективной проницаемости многопластовых сложно построенных низкопроницаемых месторождений по данным добычи 5

МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ И ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

Корженевский А.А., Корженевский А.Г., Корженевская Т.А. Импульсно-волновые технологии трещиноврасчленения продуктивных пластов — реальная основа вывода нефтегазовых скважин на потенциальную продуктивность 13

Ишков А.А., Мазитов Р.Ф., Шляпкин А.С., Мальшаков Е.Н. Моделирование потокоотклоняющих технологий с учетом кинетики гелеобразования и изменения фильтрационно-емкостных свойств пласта 19

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТОВ И СКВАЖИН

Андреев К.В., Казанцев А.С., Шевченко О.Н. Определение дебита горизонтальной скважины с интеллектуальным заканчиванием 25

Чабина Т.В., Патокина О.Ю., Червяков А.В., Мелентьев В.И. Разработка подходов к тестированию пенных систем для интенсификации добычи нефти 29

Кузнецов А.Б., Григулецкий В.Г. О молекулярной диффузии газа через границу раздела жидкость—газ Глебовского газового хранилища Республики Крым 36

Инсафов Р.М., Бакиров И.М., Миннуллин А.Г., Рахматуллин А.А. Оптимизация расхода химреагента для обработки скважинной продукции по показателю дисперсности нефтяной эмульсии 42

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Юшин Е.С. Тенденции применения гидро- и пневмопривода в буровом и нефтегазопромысловом оборудовании 45

Кудряшова Д.А., Попов С.Г., Кондратьев С.А., Якимов Т.С., Окроелидзе Г.В., Гаршина О.В., Климов Н.А., Пермяков А.Ю. Результаты опытно-промышленных работ по ограничению водопритока составом на основе сшитых полимерных систем "СПС-ЛС "ПермНИПИнефть" 53

Хузин Р.Р. Разработка и результаты внедрения гидроимпульсного модуля на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами 59

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Вотинова А.О., Сюзев А.В., Балдина Т.Р., Илюшин П.Ю. Сравнение технологической эффективности и технико-экономическое обоснование внедрения технологий по повышению эффективности разработки девонских терригенных отложений Пермского края 64

CONTENT

DEVELOPMENT OF OIL AND GAS-OIL FIELDS

Tsybin S.S., Fedorov A.E. Methodology for estimating the effective permeability of multi-zone complexible low-permeable deposits according to production data 5

METHODS OF PRODUCING EFFECT ON A DEPOSIT AND RAISING OIL RECOVERY

Korzhenevsky A.A., Korzhenevsky A.G., Korzhenevskaya T.A. Pulse-wave technologies of net formations fracturing – the tangible ground to put the wells on a potential productivity 13

Ishkov A.A., Mazitov R.F., Shlyapkin A.S., Malshakov E.N. Modeling of flow-diverting technologies taking into account gel formation kinetics and changes in a reservoir characteristics 19

RESEARCH OF FORMATIONS AND WELLS

Andreev K.V., Kazantsev A.S., Shevchenko O.N. Determination of a horizontal well flow-rate with intelligent completion 25

Chabina T.V., Patokina O.Yu., Chervyakov A.V., Melent'ev V.I. Development of approaches to testing foam systems for intensification of oil production 29

Kuznetsov A.B., Griguletsky V.G. On gas molecular diffusion through the boundary of liquid-gas separation of the Glebovsky gas storage in the Republic of Crimea 36

Insafov R.M., Bakirov I.M., Minnullin A.G., Rakhmatullin A.A. Optimization of a chemical agent consumption for well products treatment by the index of oil emulsion dispersity 42

TECHNIQUE AND TECHNOLOGY OF OIL PRODUCTION

Yushin E.S. Trends in the use of hydraulic and pneumatic actuators in drilling and oil and gas equipment 45

Kudryashova D.A., Popov S.G., Kondratev S.A., Yakimova T.S., Okromelidze G.V., Garshina O.V., Klimov N.A., Permyakov A.Yu. Results of experimental industrial works on limiting water inflow with a composition based on cross-linked polymer systems "SPS-LS "Perm-NIPneft" 53

Khuzin R.R. Development and results of introduction of a hydraulic pulse module at the deposits with hard-to-recover reserves 59

ECONOMIC ASPECTS OF OIL- AND GAZ-PRODUCING INDUSTRY PROGRESS

Votinova A.O., Syuzev A.V., Baldina T.R., Ilyushin P.Yu. Comparison of technological efficiency and technical-economic substantiation of technologies implementation for increasing efficiency of development of the devonian terrigenous sediments in the Perm region 64

EDITORIAL BOARD:

Chief Editor

Mikhailov N.N. – Doc. of techn. sciences, Professor of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

Deputy Chief Editor

Astakhova A.N. – Production editor of the Editorial Board of the "Gubkin" Publishing House of the National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow – Deputy Editor-in-Chief;

Antipova I.A. – editor of the Editorial Board of the "Gubkin" Publishing House of the National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

Valovsky V.M. – Doc. of techn. sciences, Professor, Adviser on technique and technology applied in oil fields development of the Directorship of Tatar Scientific-Research and Design Institute of Oil of JSC "TatNIPneft" named after V.D. Shashin, Bugulma;

Veliev N.A. – Doc. of techn. sciences, Professor, Academician of the Azerbaijan Engineering Academy, Head of the Department of State Oil Company of Azerbaijan Republic (SOCAR), Baku;

Gabibov I.A. – Doc. of techn. sciences, Professor, Head of the Chair of the Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku;

Gavura V.E. – Doc. of geol.-min. sciences, Chief expert of JSC "Krylov All-Russian Scientific-Research Institute of Oil", Moscow;

Griguletsky V.G. – Doc. of techn. sciences, Professor of National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow;

Darishchev V.I. – Cand. of techn. sciences, Chief of the Department of "Scientific-Technical Development" of JSC "RITEK", Moscow;

Zeinalov R.R. – Doc. of techn. sciences, Assistant professor, Academician of the Azerbaijan Engineering Academy, General Director of the "Innovation and Production Center", Baku;

Zolotukhin A.B. – Doc. of techn. sciences, Professor, Academician of the international Academy of Sciences of Eurasia, Academician of the international Academy of technology, Academician of the Norwegian scientific Academy of polar research (Norway);

Muslimov R.Kh. – Doc. of techn. sciences, adviser of the President of the Tatarstan Republic on the problems of oil and gas fields development, Professor of Kazan (Pre-Volga) Federal University, Kazan;

Salavatov T.Sh. – Doc. of techn. sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Chair "Development of Oil and Gas fields" of the Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku;

Safin S.G. – Doc. of techn. sciences, Professor, expert of the Federal Register of research-technical activity of the RF Ministry of Education and Science, Arkhangelsk;

Khisamov R.S. – Doc. of geol.-min. sciences, chief geologist of JSC "Tatneft", Almetevsk;

Khisamutdinov N.I. – Doc. of techn. sciences, Professor, Scientific Adviser of "Neftegaztehnologiya, Ltd." Scientific-Production Association, Ufa.

Editors: A.N. Astakhova, I.A. Antipova

Computer set: V.V. Vasina

Computer imposition: E.V. Kobelkova

Corrector: N.V. Shulikina

Translator: O.M. Bisyarina

Index magazine:

58503 – As per Catalogue of "Federal Agency on Press and Mass Communications",

10336 – As per the joint Catalogue

10337 of "Press of Russia"

Signed in print 15.03.2021.

The format of the publication 80×108 1/16. Paper offset.

Edition 1500 copy. Free price.

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

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций РФ от 25.12.2020 г. Рег. № ПИ ФС 77-800053.

Решением Президиума ВАК Министерства образования и науки РФ НТЖ "Нефтепромысловое дело" включен в "Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук".

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

НТЖ "Нефтепромысловое дело"

входит в международную реферативную базу данных и систему цитирования Chemical Abstracts.

Издательство – Издательский дом "Губкин" всем научным статьям, публикуемым в журнале, присваивает индекс DOI – The Digital Object Identifier (DOI).

Вниманию авторов!

При ссылке на статьи, которые имеют индекс DOI, рекомендуется в списке литературы указывать этот индекс.

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

Мнение редакционной коллегии не всегда совпадает с мнением автора материала.

Адрес редакции: 119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., д. 65, корп. 1.

Тел. редакции: (499) 507-91-17.

Адрес электронной почты: oil_engineering@mail.ru



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

При перепечатке материала ссылка на издание обязательна.

Редакционный совет научно-технических журналов, издаваемых РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

- Мартынов В.Г. – Ректор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, профессор, академик РАО, председатель совета
- Максименко А.Ф. – Проректор по научной и международной работе РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, заместитель председателя совета
- Лопатин А.С. – Председатель комиссии по редакционно-издательской деятельности Ученого Совета РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса", заместитель председателя совета
- Завьялов А.П. – Директор Издательского дома "Губкин" РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, доцент, секретарь совета
- Абрамов Г.С. – Д-р экон. наук, канд. техн. наук, член ТК 024 "Метрологическое обеспечение добычи и учета углеводородов", главный редактор журнала "Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности" (по согласованию)
- Близиных В.Ю. – Руководитель проекта ПАО "НК "Роснефть", д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море" (по согласованию)
- Гируц М.В. – Декан факультета научно-педагогических кадров и кадров высшей квалификации РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р хим. наук, доцент
- Голунов Н.Н. – Проректор по дополнительному профессиональному образованию РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, доцент
- Гриняев С.Н. – Декан факультета комплексной безопасности ТЭК РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор
- Дедов А.Г. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р хим. наук., профессор, академик РАН, главный редактор журнала "Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина"
- Дмитриевский А.Н. – Научный руководитель ИПНГ РАН, д-р геол.-минер. наук, профессор, академик РАН, главный редактор журнала "Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений"
- Ивановский В.Н. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Территория Нефтегаз"
- Комков А.Н. – Начальник Управления наукометрических исследований и поддержки публикационной активности РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, доцент
- Лачков А.Г. – Генеральный директор АО "ВНИИОЭНГ" (по согласованию)
- Лоповок Г.Б. – Директор Издательского центра РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. экон. наук, доцент
- Мастепанов А.М. – Заведующий Аналитическим центром энергетической политики и безопасности ИПНГ РАН, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, профессор, главный редактор журнала "Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом"
- Мельгунов В.Д. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р юр. наук, профессор
- Мещеряков С.В. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, заместитель главного редактора журнала "Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе"
- Михайлов Н.Н. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, главный редактор журнала "Нефтепромысловое дело"
- Мурадов А.В. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, заместитель руководителя редакционной коллегии журнала "Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина"
- Оганов А.С. – Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Вестник Ассоциации буровых подрядчиков"
- Поздняков А.П. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, заместитель главного редактора журнала "Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности"
- Постникова О.В. – Декан факультета геологии и геофизики нефти и газа РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р геол.-минерал. наук, профессор
- Соловьянов А.А. – Заместитель директора ФГБУ "Всероссийский научно-исследовательский институт охраны окружающей среды", главный редактор журнала "Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе", д-р хим. наук, профессор (по согласованию)
- Телегина Е.А. – Декан факультета международного энергетического бизнеса РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, профессор, член-корреспондент РАН
- Туманян Б.П. – Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р техн. наук, главный редактор журналов "Химия и технология топлив и масел", "Технологии нефти и газа", "Промышленный сервис"

РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОНЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 622.276.3+622.276.56

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МНОГОПЛАСТОВЫХ СЛОЖНО ПОСТРОЕННЫХ НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ДАННЫМ ДОБЫЧИ

С.С. Цыбин¹, А.Э. Федоров^{1,2}

(¹ООО "РН-БашНИПИнефть", ²РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

В условиях истощения традиционных запасов углеводородов перспективным источником поддержания и роста добычи мировых нефтегазодобывающих компаний являются нетрадиционные и трудноизвлекаемые запасы нефти и газа. Характерной особенностью таких запасов является ухудшение их структуры – высокая расчлененность и низкая проницаемость нефтенасыщенных песчаных тел в совокупности с многопластовостью залежи создают трудности в разработке месторождения.

Одной из таких проблем является планирование ввода новых скважин и зарезок боковых стволов. Прогнозирование запусковых параметров и темпов падения дебита жидкости скважин является неотъемлемой частью планирования уровней добычи по рассматриваемому объекту разработки и всего месторождения. Именно поэтому особое внимание следует уделять точности данных прогнозов, которая, в свою очередь, зависит от слабых мест используемых подходов и расчетных методик, а также от человеческого фактора. В статье представлен разработанный по данным добычи автоматизированный подход к оценке эффективной проницаемости многопластовых сложно построенных низкопроницаемых месторождений.

Описана разработанная методика, включая интегрированные в нее алгоритмы, критерии оптимизации, принятые допущения. Все расчеты проводились для объекта разработки АС₁₀₋₁₂ Приобского месторождения. Краткие результаты работы представлены в виде построенных карт эффективных проницаемостей для каждого из 8 пластов.

Приведенная методика дополнена разработанными ранее методиками и алгоритмами по аналитической оценке несвязности пласта, что дает дополнительные возможности вычисления параметров несвязности.

Полученные результаты сопоставлены с результатами параллельных исследований темпов падения дебита жидкости скважин указанного объекта разработки, найдены корреляции между темпами падения дебита жидкости на определенную дату и параметрами неоднородности пласта, что можно считать успешной верификацией разработанной методики.

Таким образом, использование данного подхода позволит извлекать дополнительную прибыль для ПАО "НК "Роснефть" за счет сокращения упущенной выгоды по причине некорректного планирования геолого-технических мероприятий, связанных с вводом новых скважин и зарезкой боковых стволов.

Ключевые слова: эффективная проницаемость; неоднородность пласта; несвязность пласта; факторный анализ; темп падения добычи скважины; адаптация.

DOI: 10.33285/0207-2351-2021-3(627)-5-12

METHODOLOGY FOR ESTIMATING THE EFFECTIVE PERMEABILITY OF MULTI-ZONE COMPLEXIBLE LOW-PERMEABLE DEPOSITS ACCORDING TO PRODUCTION DATA

S.S. Tsybin¹, A.E. Fedorov^{1,2}

(¹RN-BashNIPIneft LLC, ²National University of Oil and Gas "Gubkin University")

In conditions of depletion of traditional hydrocarbon reserves, unconventional and hard-to-recover oil and gas reserves are a promising source of maintenance and growth of production of world oil and gas companies. A characteristic feature of such reserves is the deterioration of their structure – the high dissection and low permeability of oil-saturated sand bodies, together with the multi-layer composition of the reservoir, create difficulties in the development of the field.

One of such problems is planning of new wells and sidetracks commissioning. Predicting the starting parameters and the rate of decline in wells' fluid flow rates is an integral part of planning production levels for the considered development target and the entire field. That is why special attention should be paid to the accuracy of these forecasts, which, in its turn, depends on the weak points of the approaches and calculation methods applied, as well as on the human factor. Based on the analysis of the existing relevant approaches to assessing effective permeability based on production data, it was decided to develop an automated approach to assessing the effective permeability of multilayer complex low-permeability fields based on production data.

The paper describes the developed methodology, including all integrated algorithms, optimization criteria, and accepted assumptions. All calculations were performed for the AS₁₀₋₁₂ development object of the Priobskoye field. Brief results of the work are presented like constructed maps of effective permeability for each of the eight layers.

The methodology is supplemented by the previously developed methods and algorithms for analytical assessment of reservoir incoherence, which gives additional possibilities for calculating incoherence parameters.

The obtained results were compared with the results of parallel studies of the rate of decline in the fluid flow rate of the wells of the specified development target, correlations were found between the rate of decline in the fluid rate at a certain date and the parameters of the reservoir heterogeneity, which can be considered a successful verification of the developed method.

Thus, on the basis of the developed methodology, an approach is proposed to assess the effective permeability of multilayer complexly-composed low-permeable fields based on production data. This approach use will allow Rosneft getting additional profit by reducing lost profits due to the incorrect planning of geological-technical measures related to the commissioning of new wells and sidetracking.

Keywords: effective permeability; reservoir heterogeneity; incoherence of the reservoir; factor analysis; well production decline rate; adaptation.