

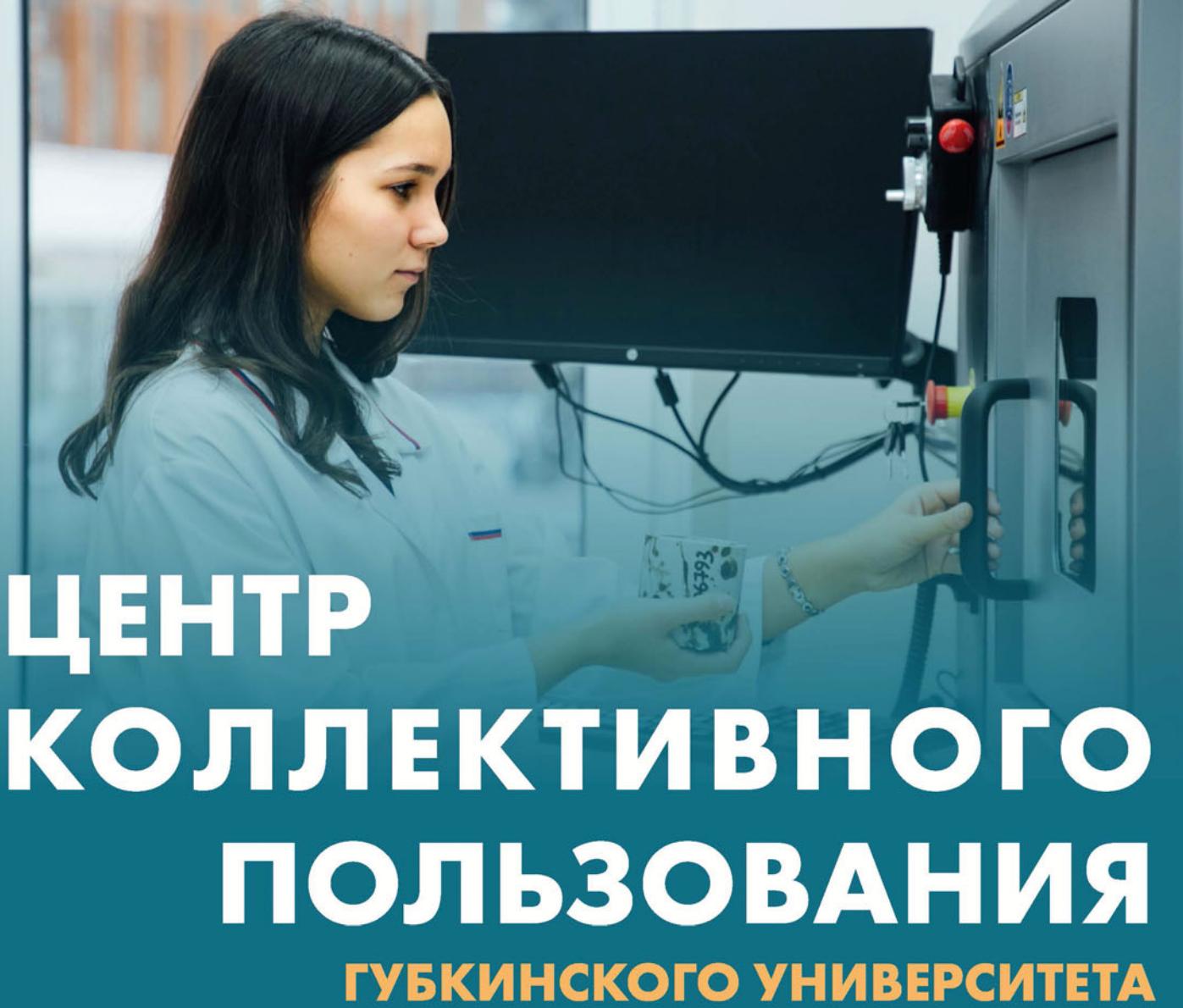
11(371).2022

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Геология, Геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений

Geology,
geophysics
and development
of oil and gas fields



ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ГУБКИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

 Поиск и добыча углеводородов

ЦКП Губкинского университета – это высокотехнологичный комплекс современного серийного и уникального оборудования для решения практикоориентированных научно-технических задач поиска и добычи углеводородов:

Исследование кернового материала и свойств пластовых флюидов

Исследование процессов фильтрации флюида в условиях, сопоставимых с пластовыми

Оценка эффективности способов интенсификации притока добываемого флюида к призабойной зоне скважины

Исследования пластовых нефтей

Стендовые исследования характеристик скважинных насосов, диспергаторов, газосепараторов (газосепараторов-диспергаторов), десендеров на модельных газожидкостных и абразивных смесях

Исследование механизмов формирования трещин в коллекторах

Разработка и совершенствование технологий добычи углеводородов, в том числе трудноизвлекаемых

Опытно-конструкторские работы в области повышения показателей надежности нефтегазового оборудования

Научные сотрудники ЦКП Губкинского университета осуществляют поддержку и сопровождение полного цикла реализации проекта (от разработки и согласования уникальной методики испытаний до разработки и внедрения технологий модернизации технологических объектов) с экспертной оценкой полученных результатов

Контактное лицо:
Кошкина Елена Анатольевна

E-mail: ckp@gubkin.ru
Телефон: +7 (499) 507-86-18
+7 (926) 189-79-11

CKP.GUBKIN.RU



ФГАОУ ВО "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**

• • • • • • • • • • • • • • • • • • • • • • • • •

11(371) ◆ 2022 москва



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., академик РАЕН, советник генерального директора ФГУП "ВНИГНИ",

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

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

Брехунцов А.М. – д. г.-м. н., директор научно-технического центра ООО "МНП "Геодата",

Варламов А.И. – д. г.-м. н., научный руководитель ФГУП "ВНИГНИ",

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

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

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

Еремин Н.А. – д. т. н., профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, главный научный сотрудник Института проблем нефти и газа РАН,

Ермилов О.М. – д. т. н., профессор, академик РАН, зам. главного инженера по науке ООО "Газпром добыча Надым",

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,

Попов С.Н. – д. т. н., главный научный сотрудник Института проблем нефти и газа РАН,

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ПОИСКИ И РАЗВЕДКА

Шакиров В.А., Кожин В.Н., Федоренко Н.В., Демин С.В., Шакирова Г.В., Филиппов Е.В., Чернов С.А., Гилаев Г.Г. Влияние тектонических нарушений на эксплуатацию рифовых залежей Рыбкинско-Волостновского участка Оренбургской области 5

Черепанов В.В., Меньшиков С.Н., Нерсесов С.В., Соколовский Р.А., Климанов А.В., Клокова В.П., Миротворский М.Ю. Некоторые данные для построения нефтегазопоисковой модели для отложений нижнеберезовской подсвиты 13

Юрова М.П. Роль солей в размещении региональных залежей углеводородов в Восточной Сибири 20

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Калугин А.А., Алексеева А.Д. Особенности структурного моделирования залежей нефти и газа в условиях полифациальных аллювиальных отложений 27

Попов С.Н., Чернышов С.Е., Кривошечков С.Н. Геомеханическое моделирование и анализ неоднородного поля напряжений при вскрытии пласта кумулятивной перфорацией 35

РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Юдин В.А., Вольпин С.Г., Ефимова Н.П., Афанаскин И.В., Королев А.В., Ломакина О.В. Выявление высокопроводящего разлома в однородном пласте по данным гидропрослушивания близлежащих скважин 42

Михайлов Н.Н., Сечина Л.С. Влияние гетерогенности минерального состава пород на микроструктурную смачиваемость 54

Афанаскин И.В., Колеватов А.А., Ахапкин М.Ю., Королев А.В., Кундин А.С., Миронов Д.Т., Соловьев Д.В. Технология анализа, прогноза и оптимизации работы группы скважин с помощью регрессионного анализа и характеристик вытеснения 60

Теплоухов А.В., Мельникова С.В., Ширяев А.А. Технология измерения объемной плотности (пористости) горных пород в горизонтальных скважинах аппаратурой азимутального гамма-гамма плотностного каротажа 71

CONTENTS

OIL AND GAS PROSPECTING

<i>Shakirov V.A., Kozhin V.N., Fedorenko N.V., Demin S.V., Shakirova G.V., Filippov E.V., Chernov S.A., Gilaev G.G.</i> Impact of tectonic disturbances on the reef deposits development in the Rybkinsko-Volostnovskiy area of the Orenburg region	5
<i>Cherepanov V.V., Menshikov S.N., Nersesov S.V., Sokolovskiy R.A., Klimanov A.V., Klokov V.P., Mirotvorskiy M.Yu.</i> Some data for building an oil and gas prospecting model for the deposits of the Nizhnebereзовская subformation	13
<i>Yurova M.P.</i> The role of salts in the distribution of regional hydrocarbon deposits in the Eastern Siberia	20

GEOLOGICAL MODELING

<i>Kalugin A.A., Alekseeva A.D.</i> Features of structural modeling of oil and gas deposits in conditions of polyfacial alluvial deposits	27
<i>Popov S.N., Chernyshov S.E., Krivoshchekov S.N.</i> Geological-mechanical modeling and analysis of the inhomogeneous stress field when opening the reservoir by cumulative perforation	35

DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS

<i>Yudin V.A., Volpin S.G., Efimova N.P., Afanaskin I.V., Korolev A.V., Lomakina O.V.</i> Identification of a high-conductive fault in a homogeneous formation based on the data of the nearby wells observation testing	42
<i>Mikhailov N.N., Sechina L.S.</i> Influence of heterogeneity of rocks mineral composition on microstructural wettability	54
<i>Afanaskin I.V., Kolevatov A.A., Akhaphkin M.Yu., Korolev A.V., Kundin A.S., Mironov D.T., Solopov D.V.</i> Technology of analysis, forecasting and optimization of a group of producing wells operation by means of regression analysis and fluid's displacement characteristics.....	60
<i>Teplovkhov A.V., Melnikova S.V., Shiryayev A.A.</i> A technology for measuring bulk density (porosity) of rocks in horizontal wells using azimuthal gamma-gamma density logging equipment	71

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

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ № ФС77-80054 от 25 декабря 2020 г.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

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 научных 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.

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





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

Оформить подписку можно в любом почтовом отделении РФ по Объединенному каталогу "Пресса России" – индексы 10329, 10330, а также в Издательском доме "Губкин" (e-mail: shapira@list.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 Т.В. Быстракова

Переводчик О.М. Бисярина

Мнение редакционной коллегии не всегда совпадает с мнением автора материала.

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

Вниманию авторов!

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

Подписано в печать 11.10.2022.

Формат 84×108 1/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,98. Уч.-изд. л. 8,1.

Тираж 1500 экз. Цена свободная.

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

Мартынов В.Г. – Ректор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р экон. наук, канд. геол.-минер. 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

Близнюков 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)

Гирук 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"

Казак А.С. – Ученый секретарь ООО "НИИГазэкономика", д-р техн. наук, профессор, главный редактор журнала "Автоматизация и информатизация ТЭК" (по согласованию)

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

Лоповок Г.Б. – Директор Издательского центра РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. экон. наук, доцент

Мастепанов А.М. – Главный научный сотрудник Аналитического центра 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 и информатизация ТЭК"

Постникова О.В. – Декан факультета геологии и геофизики нефти и газа РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д-р геол.-минер. наук, профессор

Соловьевич 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"

Научная статья

УДК 550.84+550.8.072

DOI: 10.33285/2413-5011-2022-11(371)-13-19

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕБЕРЕЗОВСКОЙ ПОДСВИТЫ

В.В. Черепанов¹, С.Н. Меньшиков¹, С.В. Нерсесов², Р.А. Соколовский², А.В. Климанов²,
В.П. Клокова³, М.Ю. Миртоворский³
 (¹ПАО "Газпром", ²ООО "Газпром добыча Надым", ³ООО "НПЦ Геохимия")

Аннотация. По данным геолого-геофизических, геохимических и минералогических исследований, выполненных по поисково-оценочным скважинам Медвежьего нефтегазоконденсатного месторождения, выбраны критерии нефтегазоносности отложений нижнеберезовской подсвиты. Показано, что данные информативные параметры могут быть положены в основу построения модели поиска УВ в нижнеберезовских отложениях.

Ключевые слова: геофизические исследования, геохимические данные, нефтегазоносность, коллекторские свойства пород

Для цитирования: Некоторые данные для построения нефтегазопоисковой модели для отложений нижнеберезовской подсвиты / В.В. Черепанов, С.Н. Меньшиков, С.В. Нерсесов, Р.А. Соколовский, А.В. Климанов, В.П. Клокова, М.Ю. Миртоворский // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2022. – № 11(371). – С. 13–19. – DOI: 10.33285/2413-5011-2022-11(371)-13-19

Original article

SOME DATA FOR BUILDING AN OIL AND GAS PROSPECTING MODEL FOR THE DEPOSITS OF THE NIZHNEBEREZOVSKAYA SUBFORMATION

V.V. Cherepanov¹, S.N. Menshikov¹, S.V. Nersesov², R.A. Sokolovskiy², A.V. Klimanov², V.P. Klokova³, M.Yu. Mirotvorskiy³
 (¹PJSC Gazprom, ² Gazprom dobycha Nadym LLC, ³CJSC NPC Geochemistry)

Abstract. Based on the data of geological-geophysical, geochemical and mineralogical studies performed in the prospecting and appraisal wells of the Medvezhye oil and gas condensate field, the criteria of the deposits oil and gas potential of the Nizhneberezovskaya subformation were selected. It is shown that these informative parameters can be used as the basis of building a model for hydrocarbons prospecting in the Nizhneberezovskaya deposits.

Keywords: geophysical surveys, geochemical data, oil and gas potential, reservoir properties of rocks

For citation: Some data for building an oil and gas prospecting model for the deposits of the Nizhneberezovskaya subformation / V.V. Cherepanov, S.N. Menshikov, S.V. Nersesov, R.A. Sokolovskiy, A.V. Klimanov, V.P. Klokova, M.Yu. Mirotvorskiy // Geology, geo-physics and development of oil and gas fields. – 2022. – № 11(371). – Pp. 13–19. – DOI: 10.33285/2413-5011-2022-11(371)-13-19

В последние годы перспективам нефтегазоносности отложений нижнеберезовской подсвиты Западной Сибири уделялось достаточно много внимания [1–5].

Высокая газонасыщенность отложений нижнеберезовской подсвиты установлена на Ван-Еганском, Вынгапурском, Медвежьем, Ново-Часельском, Комсомольском и Харампурском нефтегазоконденсатных месторождениях [6].

По результатам исследований, выполненных ООО "НПЦ Геохимия" по скважинам сенона, пробуренным на Медвежьем месторождении в 2015–2018 гг., в отложениях нижнеберезовской подсвиты выделяются 6 пачек пород, различающихся не только геофизическими характеристиками, но и геохимическими особенностями. Согласно попластовому расчленению, принятому на Харампурском месторождении [4], пачки 2–5 соответствуют пластам НБ₁, НБ₂, НБ₃, НБ₄ нижнеберезовской подсвиты; пачка 1 – пласту ВБ₃ верхнеберёзов-

ской подсвиты, а пачка 6 – верхней части кузнецовой свиты.

Необходимо отметить, что происхождение и условия локализации скоплений УВ в нижнеберезовской подсвите до конца не ясны, в силу чего модель поиска УВ в нижнеберезовских отложениях не разработана.

В данной статье на основе работ, выполненных на Медвежьем месторождении и Падинской площади, приводятся некоторые данные для ее создания.

1. Коллекторские свойства пород

Одной из проблем при оценке нефтегазоперспективности отложений нижнеберезовской подсвиты является отсутствие в настоящее время однозначных критериев выделения коллекторов [2].

По данным авторов [1, 2], признаками пород с улучшенными коллекторскими свойствами и наличия газа в

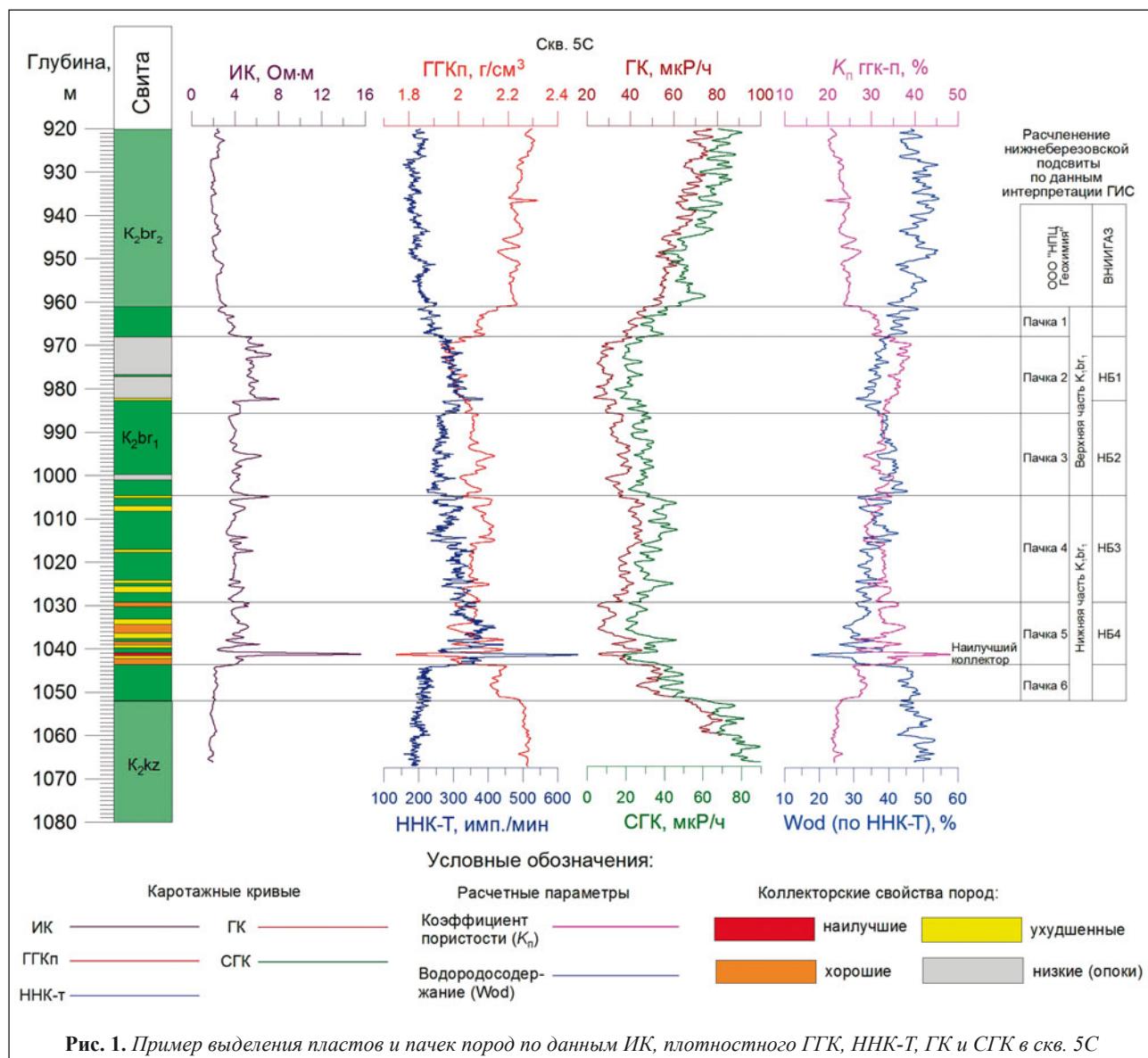


Рис. 1. Пример выделения пластов и пачек пород по данным ИК, плотностного ГГК, ННК-Т, ГК и СГК в скв. 5С

поровом пространстве являются повышенные коэффициенты пористости K_n ггк-п, установленные по плотностному ГГК, и низкие значения водородосодержания Wod, рассчитанные по ННК-Т. Пример расчленения толщи отложений нижнеберезовской подсвиты и выделения пластов в разрезе скважин по данным ИК, плотностного ГГК и ННК-Т показан на рис. 1

2. Газонасыщенность пород

По геохимическим данным газонасыщенность пород поисковых объектов НБ₁₋₂ и НБ₃₋₄ различается в зависимости от среды опробования – бурового раствора, отобранного в процессе бурения скважины, или керна, отобранного на устье скважины после его поднятия на поверхность.

Так, по данным опробования бурового раствора, в породах пластов НБ₁₋₂ фиксируются низкие концентрации газообразных УВ, а в пласте НБ₃₋₄ – высокие (до 15 об. % метана) (рис. 2).

Обратная ситуация наблюдается по данным опробования керна, из которого газ извлекался методом термовакуумной дегазации. По данным этого вида анализа пачки пород НБ₁₋₂ характеризуются высокими концентрациями легких газообразных УВ, прежде всего, метана (до 15...25 об. %), а пачки пород НБ₃₋₄ – более низкими. Отдельные газонасыщенные пропластики с хорошими и улучшенными свойствами проявляются только по более тяжелым УВ – бутану и пентану.

В работах [1, 5] показано, что такое различие обусловлено особенностями литолого-минералогического состава и структуры порового пространства пород нижнеберезовской подсвиты.

Породы объекта НБ₁₋₂ представлены глинистыми опоками с высокой долей мезопор (более 75 % от общего объема пористости), что делает практически невозможной фильтрацию флюидов в этой части разреза.

В породах пласта НБ₃₋₄ кремнезем представлен, в основном, тонкозернистым кварцем. Доля мезопор составляет 55 %. Коллекторы пласта НБ₃₋₄ характеризу-

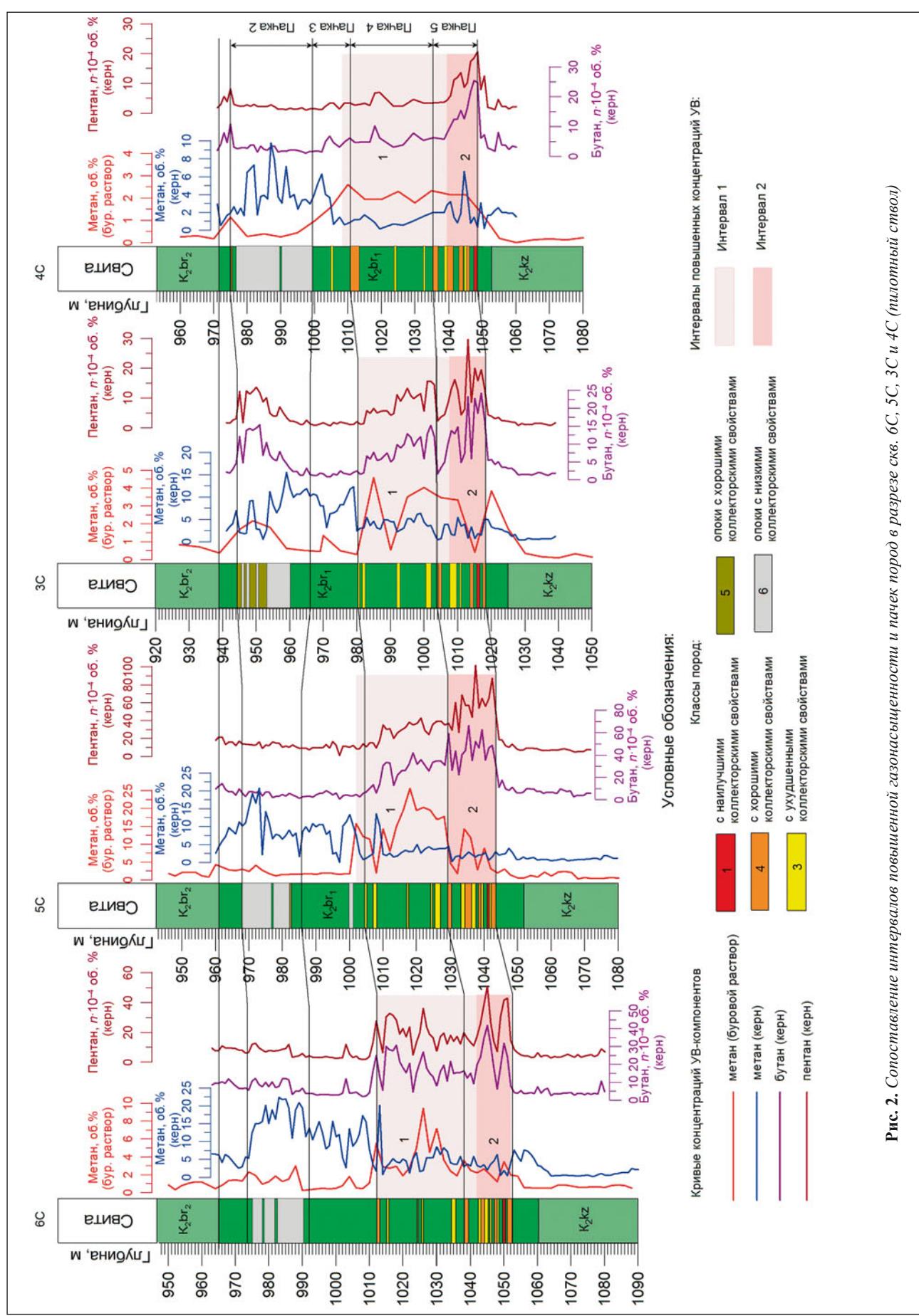


Рис. 2. Сопоставление интервалов повышенной газонасыщенности и пачек пород в разрезе скв. 6C, 5C, 3C и 4C (пилотный ствол)

ются хорошей связностью пор капиллярной размерности, что делает возможным движение газа в них как за счет диффузии, так и фильтрации.

Приведенные особенности литологии и структуры порового пространства пород обусловливают то, что при разбуривании пластов НБ₁₋₂ газ, содержащийся в породе, не имеет возможности перейти в буровой раствор и остается в ней. Из поднятого на поверхность керна он извлекается только методами термовакуумной дегазации.

Наоборот, при вскрытии породы пласта НБ₃₋₄ легкие УВ (метан и, в меньшей степени, этан) переходят в буровой раствор, а в породе остаются только более тяжелые УВ (бутан, пентан и т. д.), обладающие большим размером молекул, большей сорбционной способностью и поэтому наиболее трудно извлекаемые из породы. Они и фиксируются в керне после его поднятия на поверхность. При этом максимальные концентрации тяжелых УВ приурочены к прослойям с наилучшими коллекторскими свойствами.

Данная закономерность – различное "поведение" газа бурового раствора и керна – позволяет проводить разбраковку поисковых объектов нижнеберезовской подсвиты по их степени перспективности:

– большие концентрации легких УВ (прежде всего, метана) в буровом растворе, низкие концентрации их в керне и отдельные пики более тяжелых УВ, приуроченные к пропласткам пород с улучшенными коллекторскими свойствами, свидетельствуют о высоких перспективах рассматриваемых интервалов пород. Данными свойствами на Медвежьем месторождении обладают породы объектов НБ₃₋₄;

– низкие концентрации легких УВ в буровом растворе и высокие концентрации в керне свидетельствуют об очень низкой проницаемости пород и невозможности извлечь УВ из породы. Такими свойствами обладают пачки пород поисковых объектов НБ₁₋₂. Они представляются неперспективными в силу того, что современными методами разработки получить из них приток газа невозможно.

3. Степень катагенетической преобразованности пород и ОВ

Степень преобразованности ОВ имеет, пожалуй, основное значение при оценке перспектив нефтегазоносности отложений нижнеберезовской подсвиты.

Во-первых, в процессе преобразования пород изменяется структура порового пространства.

Известно, что распределение форм кремнезема в разрезе отложений нижнеберезовской подсвиты "... зависит от глубины погружения дна палеобассейна и палеотемператур. Органогенный опал сохраняет свою структуру до глубины погружения 1250...1300 м, затем, в процессе уплотнения, дегидратации и диагенеза, под влиянием палеотермобарических условий, опал преобразуется в опал-КТ, затем в кристобалит и далее в халцедон и кварц ..." [4]. В процессе преобразования пород формируется новое пустотное пространство с

порами капиллярного размера, связанными между собой [1].

Во-вторых, в процессе катагенетической трансформации ОВ происходит генерация углеводородов. При этом более зрелое органическое вещество генерирует большее количество геологических ресурсов нефти и газа, чем менее зрелое органическое вещество [10].

Таким образом, в процессе катагенеза практически непроницаемые, гидрофильные породы преобразуются в гидрофобные породы с интенсивным газонакоплением и занимают промежуточное положение между обычными коллекторами и покрышками [10].

На Медвежьем месторождении отложения нижнеберезовской подсвиты залегают на глубинах 940...1060 м, при этом глубина погружения палеобассейна была несколько больше.

Следствием существовавших в конъяк-сантонае палеотермобарических условий явилось то, что отложения пластов объектов НБ₁₋₂ представлены глинистыми опоками с высоким содержанием опал-кристобалит-тридимит фазы кремнезема (ОКТ-фазы) и, как следствие, высокой долей мезопор (размером от 2 до 80 нм), которые составляют более 75 % от общего объема пористости, в то время как в породах пласта НБ₃₋₄ кремнезем представлен, в основном, тонкозернистым кварцем. ОКТ-фаза практически отсутствует, доля мезопор составляет 55 %. В силу этого, как уже было отмечено выше, породы пласта НБ₃₋₄ более проницаемы, чем породы объекта НБ₁₋₂.

Выполненный анализ Rock-Eval по пробам керна скв. 1С, 2С и 4С (всего 40 проб) показал, что в отложениях нижнеберезовской подсвиты содержание органического углерода С_{опр.} варьируется от 0,28 до 0,99 % при средних концентрациях 0,55 %. Если использовать общепринятую классификацию пород по генерационному потенциалу [9, 10], образцы, отобранные из нижнеберезовских отложений, должны быть отнесены к породам бедным органикой и к породам со средним содержанием С_{опр.}.

Исходный генетический потенциал S₁, в среднем, составляет 0,29 мг УВ/г породы, изменяясь от 0,03 до 1,28 мг УВ/г породы, а остаточный генерационный потенциал – 1,06 мг УВ/г породы (от 0,04 до 2,5).

Температура максимального выхода продуктов пиролиза T_{max} не превышает 423 °C (рис. 3) и соответствует верхней зоне газообразования [8]. ОВ, таким образом, относится к незрелому типу (T_{max} < 350 °C).

В то же время, величина водородного индекса НІ довольно велика и, в среднем, составляет 238 мг УВ/С_{опр.}, что соответствует II/ III типу керогена (НІ = 200...300).

При этом в 12 пробах тип керогена классифицируется как III (НІ = 50...200), в 19 – как II/ III тип (НІ = 200...300) и в 9 пробах как II тип (НІ более 300).

Представляется, что водородный индекс, установленный в нижнеберезовских отложениях, несколько завышен. Высокое содержание водорода в ОВ нижнеберезовской подсвиты может быть связано с тем, что одним из его источников была водорослевая органика

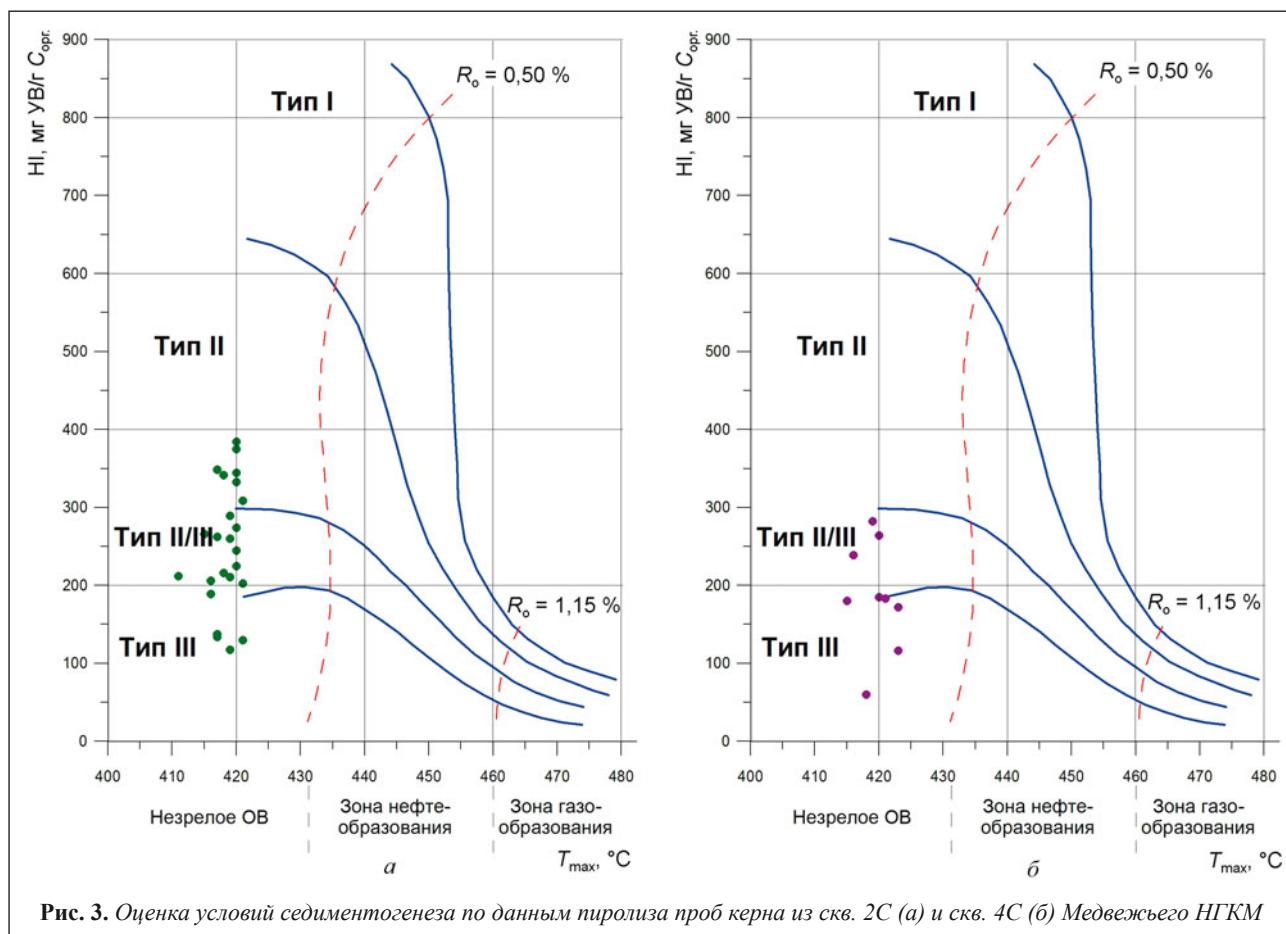


Рис. 3. Оценка условий седиментогенеза по данным пиролиза проб керна из скв. 2С (а) и скв. 4С (б) Медвежьего НГКМ

(бурые, диатомовые, перидиниевые одноклеточные водоросли) морского происхождения, продуцирующая очень высокие значения водородного индекса [7].

Анализ высокомолекулярных *n*-алканов $C_{10}-C_{24}$ с определением биомаркеров пристана (Pr) и фитана (Ph) показал, что отношение Pr/Ph в большинстве образцов либо близко к единице, либо меньше ее, что свидетельствует о восстановительных морских условиях осадконакопления и о преобладании в составе ОВ фитопланктона.

На диаграмме Кеннона – Кессоу, которая часто применяется для определения фациальных обстановок исходного органического вещества и условий раннего диагенеза, построенной по результатам опробования керна скв. 5С и 6С, видно, что большинство проб попадает в зону мелководно-морских обстановок с преобладанием сапропелевого ОВ и характеризуется невысокой зрелостью керогена (рис. 4).

Таким образом, выполненный анализ Rock-Eval и результаты анализа высокомолекулярных *n*-алканов $C_{10}-C_{24}$ свидетельствуют о том, что генерационный потенциал ОВ нижнеберезовской подсвиты не был до конца реализован. Степень преобразованности керогена невысока (не выше ПК₃). ОВ в подавляющем большинстве случаев является незрелым и находится на начальной стадии преобразования.

Глубина залегания пород нижнеберезовской подсвиты такова, что в них может присутствовать как био-

генный, так и термокатализитический газ, причем процессы генерации УВ могут происходить и в настоящее время.

Этот вывод подтверждается результатами изотопного анализа углерода метана.

Известно, что с глубиной углерод метана обогащается тяжелым изотопом $\delta^{13}\text{C}$. Изотопно легкий метан (биохимический) встречается на глубинах до 1500...3000 м, ниже – преобладает термокатализитический метан.

Выполненный изотопный анализ углерода метана показал, что в скв. 5С в пробах керна пластов объектов НБ₁₋₂ преобладает изотопно легкий метан ($\delta\text{C}^{13}\text{CH}_4$ от -50,5 до -43,4 ‰), а в пробах пластов НБ₃₋₄ газ по изотопному составу более тяжелый (от -40,5 до -39,9 ‰).

То есть в нижней части разреза (пласти НБ₃₋₄) существует изотопно более тяжелый метан, что свидетельствует о наличии на этих уровнях разреза не только биогенного, но и термокатализитического газа.

Необходимо отметить, что повышенная газонасыщенность пород, установленная в пластах НБ₁₋₂ по данным опробования керна и никак не проявляющаяся по данным опробования бурового раствора, не может считаться признаком залежи. Эти интервалы приходятся на участки пород с высоким содержанием ОКТ-фазы кремнезема и, как следствие, высокой долей мезопор. Несмотря на высокие концентрации газа в керне они не удовлетворяют требованиям промышленности к сырью –

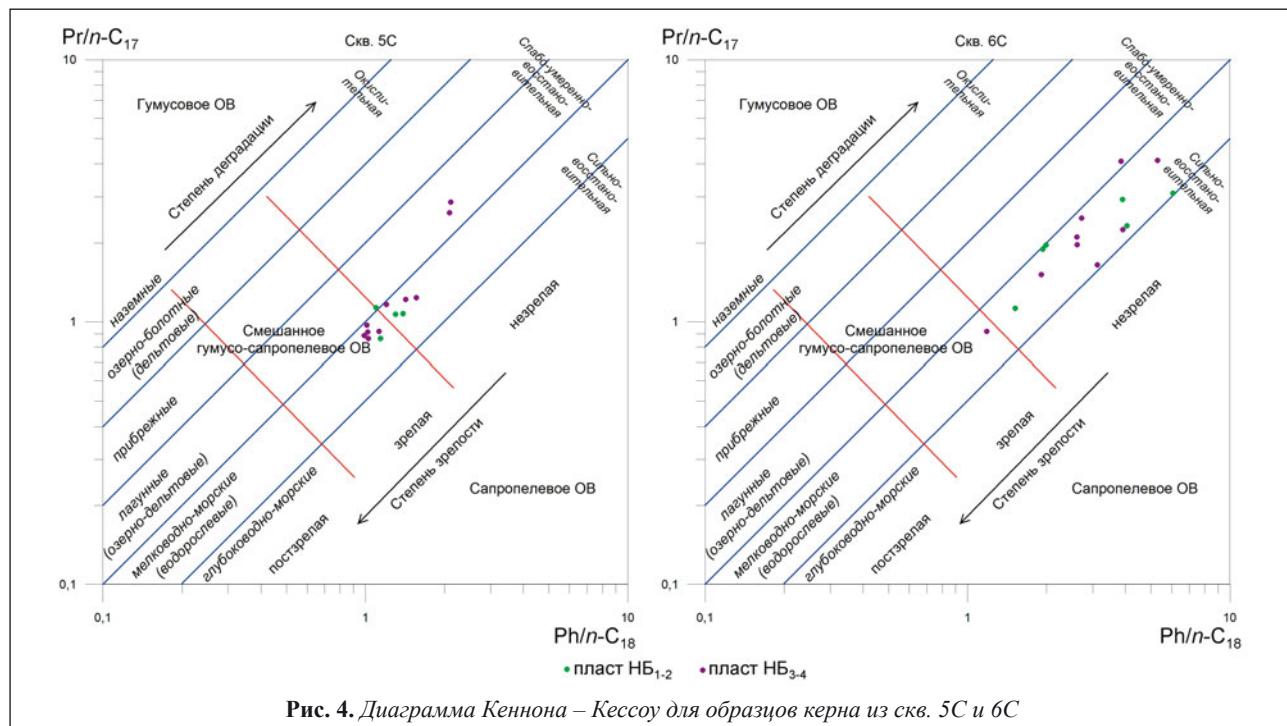


Рис. 4. Диаграмма Кеннона – Кессоу для образцов керна из скв. 5С и 6С

Критерии нефтегазоносности отложений нижнеберезовской подсвиты

Виды исследования	Информативные параметры
Коллекторские свойства пород	Повышенные коэффициенты пористости $K_{\text{ггк-п}}$ установленные по плотностному ГГК
	Низкие значения водородосодержания Wod, рассчитанные по ННК-Т
Газонасыщенность пород	Повышенные концентрации метана и его легких гомологов (этана и пропана) в буровом растворе
	Низкие концентрации легких УВ (метана) в керне
	Повышенные концентрации тяжелых газообразных УВ (бутана и пентана) в керне, приуроченные к прослойям пород с улучшенными коллекторскими свойствами
Степень катагенеза ОВ	ПК ₃ и выше (по данным анализа Rock-Eval)
Степень зрелости ОВ	Наличие достаточно зрелого сапропелевого ОВ (по данным анализа высокомолекулярных УВ C ₁₀ -C ₂₄)
Генезис УВ	Утяжеленный изотопный состав углерода метана по сравнению с выше- и никележащими отложениями
Содержание ОКТ-фазы кремнезема в породе	Невысокое содержание опал-кристобалит-тридимит фазы кремнезема (ОКТ-фазы). Кремнезем, в основном, должен быть представлен кварцем
Структура порового пространства пород	Низкая доля мезопор, что делает возможным массоперенос за счет фильтрации

кроме высоких концентраций должна быть возможность этот газ извлечь, причем это должно быть рентабельно, что при современном состоянии технологий невозможно.

Нефтегазопоисковые критерии приведены в таблице.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Некоторые закономерности распределения УВ в отложениях нижнеберезовской подсвиты / В.В. Черепанов, С.Н. Меньшиков, С.В. Нерсесов, Р.А. Соколовский, А.В. Еришов, А.А. Дорошенко, В.П. Клокова, М.Ю. Миртоворский // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2022. – № 1(361). – С. 5–15. – DOI: 10.33285/2413-5011-2022-1(361)-5-15
2. Проблемы оценки нефтегазоперспективности отложений нижнеберезовской подсвиты севера Западной Сибири / В.В. Черепанов, С.Н. Меньшиков, С.А. Варягов, М.Ю. Миртоворский [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2015. – № 2. – С. 11–26.
3. Родивилов Д.Б., Кокарев П.Н., Мамяшев В.Г. Нетрадиционный коллектор нижнеберезовской подсвиты и критерии его выделения // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2018. – № 3. – С. 37–44. – DOI: 10.31660/0445-0108-2018-3-37-44
4. Агалаков С.Е., Новоселова М.Ю. Газоносность надсено-манских отложений Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2019. – № 4. – С. 10–23. – DOI: 10.31660/0445-0108-2019-4-10-23
5. Литолого-минералогические и промысловогеологические критерии выделения продуктивных зон в сенонских отложениях / Д.Я. Хабибуллин, А.Н. Рыбъяков, С.А. Варягов, С.В. Нерсесов, А.А. Дорошенко, Я.О. Карымова, Д.Б. Родивилов [и др.] // Газовая промышленность. – 2018. – № 8 – С. 34–41.
6. Агалаков С.Е. Газовые гидраты в туронских отложениях на севере Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 1997. – № 3.
7. Оксенойд Е.Е. Минерально-вещественный состав, тип органического вещества и региональный прогноз продуктивности баженовского горизонта в центральной части

Западно-Сибирского НГБ: Дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Тюмень, 2019.

8. Морфологическое разнообразие планктона и битуминозного вещества в верхнемеловых породах берёзовской и ганькинской свит юга Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна / Т.А. Рязанова, И.Г. Павлуткин, В.В. Марков, А.И. Кудаманов // Нефтяная провинция. – 2020. – № 4. – С. 21–45. – DOI: 10.25689/NP.2020.4.21-45

9. Хант Дж. Геохимия и геология нефти. – М.: Мир, 1982. – 706 с.

10. Тиско Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. – М.: Мир, 1981. – 505 с.

REFERENCES

1. Nekotorye zakonomernosti raspredeleniya UV v otlozheniyakh nizhnebereзовskoy podsvity / V.V. Cherepanov, S.N. Men'shikov, S.V. Nersesov, R.A. Sokolovskiy, A.V. Ershov, A.A. Doroshenko, V.P. Klokova, M.Yu. Mirotvorskiy // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. – 2022. – № 1(361). – С. 5–15. – DOI: 10.33285/2413-5011-2022-1(361)-5-15
2. Problemy otsenki neftegazoperspektivnosti otlozheniy nizhnebereзовskoy podsvity severa Zapadnoi Sibiri / V.V. Cherepanov, S.N. Men'shikov, S.A. Varyagov, M.Yu. Mirotvorskiy [i dr.] // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. – М.: ОАО "VNIOENG", 2015. – № 2. – С. 11–26.
3. Rodivilov D.B., Kokarev P.N., Mamyashev V.G. Netraditsionnyy kollektor nizhnebereзовskoy podsvity i kriterii ego vydele-

Информация об авторах

Всеволод Владимирович Черепанов¹
 Сергей Николаевич Меньшиков¹
 Сергей Владимирович Нерсесов²
 Родион Анатольевич Соколовский²
 Александр Вячеславович Климанов²
 Валентина Прокопьевна Клокова³
 Михаил Юрьевич Миротворский³
 nprcgeo@mail.ru

¹ПАО "Газпром"
 Санкт-Петербург, Россия

²ООО "Газпром добыча Надым"
 Надым, Россия

³ООО "НПЦ Геохимия"
 Москва, Россия

niya // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft' i gaz. – 2018. – № 3. – С. 37–44. – DOI: 10.31660/0445-0108-2018-3-37-44

4. Agalakov S.E., Novoselova M.Yu. Gazonosnost' nadsenomanskikh otlozheniy Zapadnoi Sibiri // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft' i gaz. – 2019. – № 4. – С. 10–23. – DOI: 10.31660/0445-0108-2019-4-10-23

5. Litologo-mineralogicheskie i promyslovogeologicheskie kriterii vydeleniya produktivnykh zon v senonskikh otlozheniyakh / D.Ya. Khabibullin, A.N. Ryb'yakov, S.A. Varyagov, S.V. Nersesov, A.A. Doroshenko, Ya.O. Karyanova, D.B. Rodivilov [i dr.] // Gazovaya promyshlennost'. – 2018. – № 8 – С. 34–41.

6. Agalakov S.E. Gazovye gidratty v turonskikh otlozheniyakh na severe Zapadnoi Sibiri // Geologiya nefti i gaza. – 1997. – № 3.

7. Oksenoyd E.E. Mineral'no-veshchestvennyy sostav, tip organicheskogo veshchestva i regional'nyy prognoz produktivnosti bazhenovskogo gorizonta v tsentral'noy chasti Zapadno-Sibirskogo NGB: Dis. ... kand. geol.-miner. nauk. – Tyumen', 2019.

8. Morfologicheskoe raznoobrazie planktona i bituminoznogo veshchestva v verkhnemelovykh porodakh berezovskoy i gan'kinskoy svit yuga Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo basseyna / T.A. Ryazanova, I.G. Pavlutkin, V.V. Markov, A.I. Kudamanov // Neftyanaya provintsiya. – 2020. – № 4. – С. 21–45. – DOI: 10.25689/NP.2020.4.21-45

9. Khant Dzh. Geokhimiya i geologiya nefti. – М.: Mir, 1982. – 706 s.

10. Tisso B., Vel'te D. Obrazovanie i rasprostranenie nefti. – М.: Mir, 1981. – 505 s.

Information about the authors

Vsevolod V. Cherepanov¹
 Sergey N. Menshikov¹
 Sergey V. Nersesov²
 Rodion A. Sokolovskiy²
 Alexander V. Klimanov²
 Valentina P. Klokova³
 Mikhail Yu. Mirotvorskiy³
 nprcgeo@mail.ru

¹PJSC Gazprom
 Saint-Petersburg, Russia

²Gazprom dobycha Nadym LLC
 Nadym, Russia

³JSC NPC Geochemistry
 Moscow, Russia



25-я Юбилейная Международная Выставка и Конференция "Нефть и Газ Узбекистана – OGU 2023"

17–19 мая 2023 Ташкент, Узбекистан