

Объектное стохастическое моделирование глубоководных конусов выноса с учетом 3D сейсмических данных

Губко А.А., Деньгина Ю.А., Жилин Е.Н.
ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия
enzhilin@tnnc.rosneft.ru

Аннотация

Статья посвящена вопросу важности правильного выбора алгоритма для трехмерного геологического моделирования литологии и его влияния на результат и прогнозные качества. Описан один из вариантов построения геологической модели методом объектного стохастического моделирования с учетом данных 3D сейсмике на примере отложений ачимовской толщи. Проведен сравнительный анализ разных методов моделирования литологии, применяемых в общераспространенном специализированном ПО. Уделено внимание влиянию качества изученности на достоверность геологической модели.

Материалы и методы

После предварительного анализа методов моделирования и консолидации всей имеющейся геологической информации с помощью специализированного программного обеспечения построен куб фаций ачимовских отложений с применением

объектного стохастического моделирования на основе данных 3D сейсмике.

Ключевые слова

объектное моделирование, геологическое моделирование, сейсморазведка, ачимовские отложения, фации, каналы, лопасти

Для цитирования

Губко А.А., Деньгина Ю.А., Жилин Е.Н. Объектное стохастическое моделирование глубоководных конусов выноса с учетом 3D сейсмических данных // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 8. С. 16–19. DOI: 10.24412/2076-6785-2023-8-16-19

Поступила в редакцию: 17.11.2023

GEOLOGY

UDC 550.8.012 | Original Paper

Object stochastic modeling of deep-sea fans based on 3D seismic data

Gubko A.A., Dengina Yu.A., Zhilin E.N.
“Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia
enzhilin@tnnc.rosneft.ru

Abstract

The article is devoted to the importance of the correct choice of algorithm for 3D geological modeling of lithology and its influence on the result and forecast qualities. Object-based modeling in conjunction with 3D seismic data is described as one of the stochastic geological modeling methods by example of Achimov deposits. A comparative analysis of different methods of lithology modeling used in common specialized software is carried out. Attention is paid to the influence of the quality of study on the reliability of the geologic model.

Materials and methods

After preliminary analysis of modeling methods and consolidation of all available geological information with specialized software a facies cube of Achimov deposits was constructed using object stochastic modeling based on 3D seismic data.

Keywords

object modeling, geological modeling, seismic survey, Achimov deposits, facies, channels, fanes

For citation

Gubko A.A., Dengina Yu.A., Zhilin E.N. Object stochastic modeling of deep-sea cones with 3D seismic data. Exposition Oil Gas, 2023, issue 8, P. 16–19. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2023-8-16-19

Received: 17.11.2023

Актуальность

На протяжении нескольких десятков лет популярным инструментом для оценки запасов, проектирования разработки месторождений является трехмерная геологическая модель продуктивного пласта. Прогностические свойства модели напрямую зависят от качества и детальности изученности продуктивного пласта геолого-геофизическими и промысловыми методами, количества пробуренных скважин, достоверности принятой концептуальной модели. Также

важную роль в создании геологической модели играет алгоритм моделирования. При высокой плотности скважинных материалов в совокупности с высокоточными сейсморазведочными данными выбор алгоритма моделирования будет влиять минимально, достаточно придерживаться общепринятых рекомендаций и контроля качества. При низкой плотности скважин и «редкой» сети сейсморазведочных работ (СРР) воспроизвести литологическую неоднородность сложнопостроенных коллекторов традиционными

методами практически невозможно, а значит, разница при моделировании разными методами на основе одних и тех же данных будет существенной. Это касается как континентальных отложений, так и отложений подводных конусов выноса, когда уже на начальной стадии разведки есть понимание, что распространение коллектора будет подчиняться закономерностям и особенностям осадконакопления конкретной исследуемой территории и связано с деятельностью русловых потоков [1, 2].

В таких ситуациях на помощь приходят методы стохастического моделирования геологических объектов. При этом важно, чтобы усложнение подходов и алгоритмов моделирования не повлекло за собой увеличения времени счета и ограничения в актуализации модели на новые данные. Выбор оптимального алгоритма моделирования позволяет учесть материалы скважин, воспроизвести литологическую неоднородность, снизить погрешность результата.

Задача данной работы показать на примере разведываемого участка изменение подхода к моделированию в связи с получением новых данных СРР, описать алгоритм расчета и показать повышение прогнозных качеств модели.

Введение

Коллекторы на исследуемой территории относятся к отложениям подводных конусов выноса. Анализ керновых данных скважин подтвердил формирование территории в условиях действия транспортировочных, распределительных каналов и комплекса лопастей [3]. До 2022 года участок моделирования был охарактеризован только 2D сейсмическими профилями. Плотность профилей составляла 0,5 пог. км на км² и не позволяла качественно выполнить сейсμοфациальный анализ с определением геологических характеристик пластов ачимовских отложений. Это существенно снижало прогнозные свойства геологических моделей и увеличивало риски бурения скважин «впустую». Для 3D моделирования использовались карты-схемы фациальных обстановок и закономерности изменения ФЕС из литературных источников, что также давало некоторую усредненную оценку границ развития тел и их параметров.

В 2021–2022 гг. на исследуемом участке проведены СРР 3D. В пределах границ моделирования кратность 3D сейсморазведки составила 170, что соответствует высокому уровню качества сейсмической информации. Это позволило уточнить картирование фациальных элементов, определить размерность, направление каналов, извилистость. Появившийся широкий набор входных 3D сейсмических данных позволил экспериментировать

Табл. 1 Сопоставление алгоритмов 3D моделирования (по материалам Schlumberger)
Tab. 1. Comparison of 3D modeling algorithms (based on Schlumberger data)

Алгоритм	Характеристика	TGS	SIS	MPS	Object modelling
Учет большого расстояния между скважинами		✓	●	✓	✓
Небольшое количество скважинных данных		✓	●	✓	✓
Учет формы ориентация осадочных тел		●	●	✓	✓
Учет сейсмической основы		●	●	●	✓
Скорость расчетов		✓	✓	✗	✓
Сложные геометрические формы		✗	✗	✓	✓
Вариограмма		✓	✓	✗	✗

- ✓ — позволяет учесть характеристику в полной мере;
- — учитывает характеристику в средней степени;
- ✗ — слабый учет характеристики.

с алгоритмами моделирования для получения результата, достоверно описывающего имеющиеся данные и соответствующего принятой геологической концепции.

Алгоритмы моделирования

Перед построением новой модели были проанализированы варианты моделирования и оценены ограничения при их использовании (табл. 1) применительно к объекту исследований:

1. Пиксельный метод (TGS):
 - создает крупномасштабную фациальную модель на основе заданного порядка фаций;
 - соблюдает фациальные переходы;
 - следует скважинным данным и соотношению фаций;
 - используется одна вариограмма для всех фаций;
 - настройка фациальных переходов выполняется вручную.
2. Индикаторное моделирование (SIS):
 - применяется для моделирования фациальных тел, не имеющих четкой формы, или при небольшом количестве данных;
 - нет фациальной иерархии (сохраняется только доля фаций);

- метод не позволяет создавать сложные геометрические формы, хотя считается универсальным относительно воспроизведения условий осадконакопления.

3. Multipoint simulation (MPS):

- контроль связности фаций;
- обучение на концептуальных моделях;
- возможность настраиваться на собственные и тренировочные образцы;
- большие временные затраты на создание и подбор паттернов без библиотеки образов, расчет куба фациальных обстановок с учетом всех трендов.

4. Объектное стохастическое моделирование (Object modeling):

- показывает хорошие результаты в случаях, когда расстояния между скважинами намного больше горизонтальных размеров моделируемых объектов;
- эффективен, когда известны формы, ориентация, размеры осадочных тел.;
- возможность задавать собственные данные и данные из литературных источников.

Исходя из ключевых факторов, наиболее подходящим для построения модели изучаемых отложений определен метод объектного стохастического моделирования.

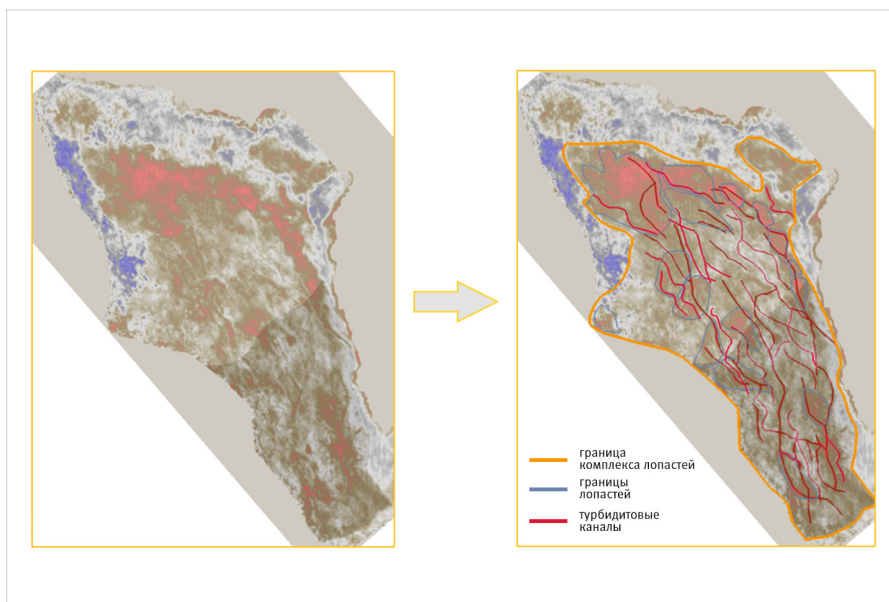


Рис. 1. Определение геометрических параметров на сейсмических слайсах
Fig. 1. Geometric parameters determination visualized on seismic slices

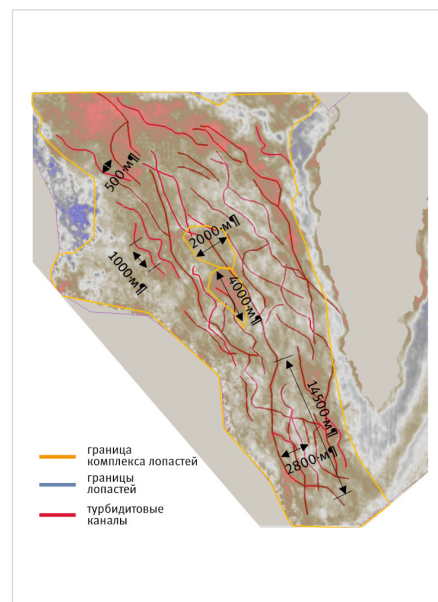


Рис. 2. Характеристика фаций
Fig. 2. Facies characteristics

Создание литологической модели участка

По данным исследований керна седиментологами выделено 10 фаций [4]. Для моделирования по признаку близкого генезиса и свойствам фации объединены в 3 группы.

Детальность 3D позволила с достаточной точностью картировать фации лопастей и каналов, соответствующих концептуальной модели. Произведен отбор сейсмических слайсов пласта НХ4(5), наглядно отражающих распространение фаций (рис. 1). По выбранным сейсмическим срезам выделены границы распространения фаций каналов и лопастей, а также определены их геометрические параметры, служащие основой для настройки фациальной модели (рис. 2).

Наибольшее распространение по территории имеют фации лопасти. Они наряду с фациями каналов обладают наилучшей песчаностью порядка 70–80 %. По результатам анализа скважинных данных изучаемой площади фации каналов и лопастей имеют близкие ФЕС, пористость 16–16,5 %, проницаемость 1,4–1,6 мД (рис. 3).

Для моделирования были определены следующие диапазоны параметров: амплитуда каналов варьирует от 500 до 2 800 м, расстояние между меандрами от 1 000 до 14 500 м, а ориентация изменяется от 270 до 355°.

Построение фациальной модели проводилось в два этапа:

1. Построение куба обстановок осадконакопления (шельф, склон, дно бассейна);
2. Построение куба комплекса лопастей и каналов в обстановке «дно бассейна».

Для моделирования куба фаций выбран метод Object modeling (stochastic), так как он позволяет моделировать фации определенной геометрии. Параметры для моделирования фациальных обстановок получены по данным 3D сейсмике (пространственное распространение каналов, размеры каналов и лопастей, а также их мощность), с учетом концептуальной модели и скважинных данных (рис. 4).

В результате моделирования был получен куб фаций (рис. 5). При этом, несмотря на очень большое количество ячеек (75,5 млн), метод объектного стохастического моделирования позволяет выполнять построения в короткие сроки — 3–5 минут.

В слепом тесте модель, построенная методом Object modeling (stochastic), показала лучшую прогнозируемость коллекторов, чем модель, построенная методом TGS, за счет воспроизведения прерывистости и неоднородности коллекторов (рис. 6).

На разрезах видно, что первый алгоритм расчета демонстрирует прогноз выдержанного распространения коллектора с небольшими вариациями фаций канала и лопасти. Использование объектного стохастического моделирования показало более неоднородный результат и распределение глинистых отложений по разрезу пласта. В проектной скважине № 4 в кровле пласта вскрыты водоносные интервалы, по первой модели такой неоднородности и связанного с ней характера насыщения пропластка не ожидалось. Вторая версия модели показала, что такой риск возможен и впоследствии подтвержден фактическим бурением скважины.

Итоги

В ходе консолидации и анализа всех имеющихся данных построен куб фаций, который явился основой для дальнейшего распространения коллекторов и ФЕС. В реализованной модели время счета не превысило 2 мин. для 13 млн ячеек, что является хорошим результатом, приемлемым для дальнейших пересчетов при актуализации.

Выводы

Метод Object modeling (stochastic) подходит для геологического моделирования на начальных стадиях геологоразведки, при наличии высокоточной 3D сейсмике, поскольку позволяет воспроизводить концептуальную модель литологии, если известны формы, ориентация, размеры осадочных тел. В результате моделирования получена модель, воспроизводящая высокую неоднородность коллекторов, характерную для исследуемых отложений, что в итоге позволило выявить по 3D ГМ наиболее перспективные участки для размещения фонда скважин оценить, ожидаемые дебиты, оконтурить зоны риска для дальнейшего изучения.

Литература

1. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. М.: ООО ИПЦ «Маска», 2009. 376 с.
2. Закревский К.Е., Аксарин В.А., Анохина М.С., Буякина И.В., Грищенко М.А., Зверев К.В., Зундэ Д.А., Кудаманов А.И., Кузнецов А.Г., Мальшаков А.В., Нассонова Н.В.,

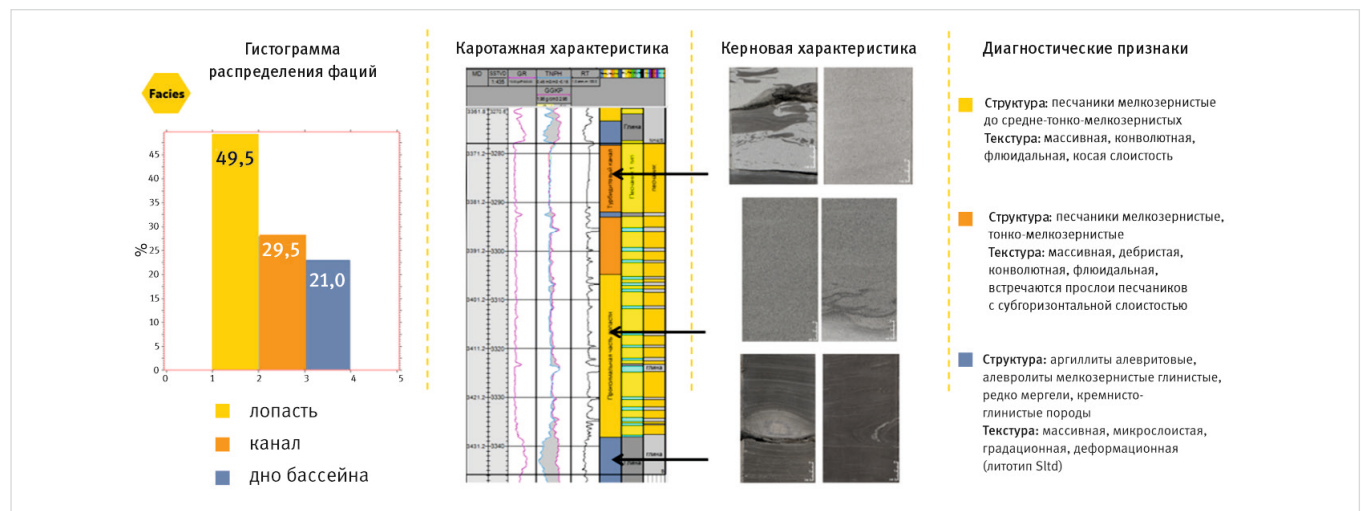


Рис. 3. Срез куба сейсмике в интервале пласта НХ4(5)
Fig. 3. Seismic slice of the NH4(5) reservoir interval

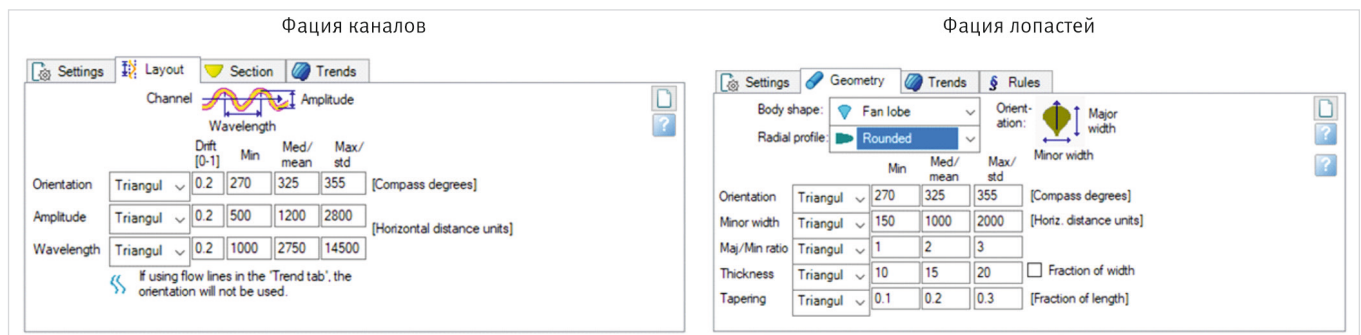


Рис. 4. Геометрические параметры фаций лопастей и каналов
Fig. 4. Geometric parameters of fans and channels facies

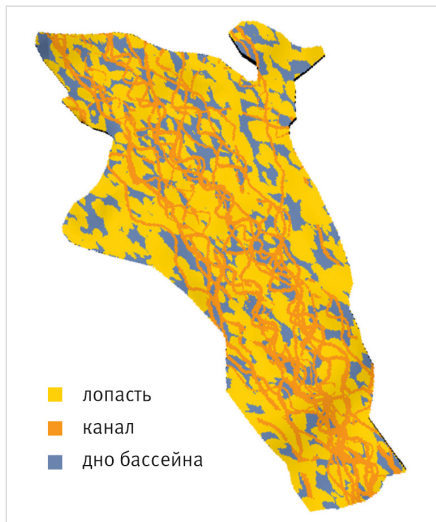


Рис. 5. Куб фаций
Fig. 5. Facies cube

Хабаров А.В., Черновец Л.В.
Геологическое моделирование
прибрежно-морских отложений
(на примере пласта АВ₁ (АВ₁¹⁺²+АВ₁³)
Самотлорского месторождения).
Тюмень: Вектор Бук, 2017. 314 с.
3. Закревский К.Е., Нассонова Н.В.
Геологическое моделирование
клиноформ неоккома Западной Сибири.

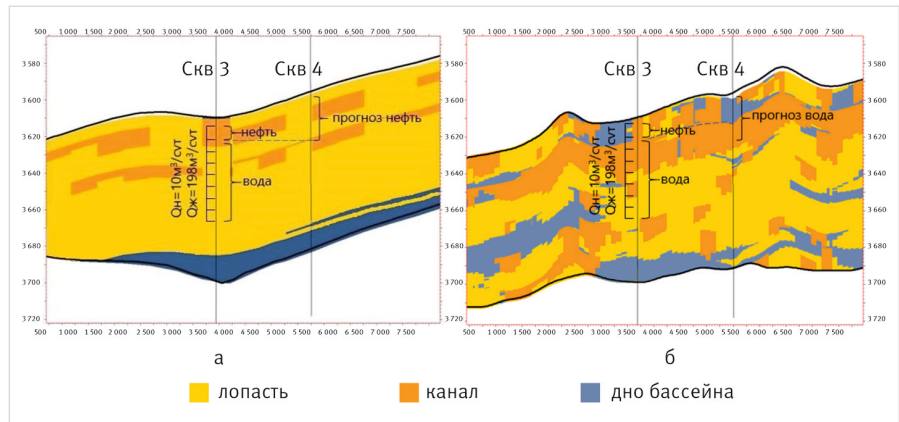


Рис. 6. Разрезы куба фаций с прогнозом по району скв. №4: а — по модели на основе 2D CPP, построенной методом TGS, б — по модели на основе 3D CPP, построенной методом Object modeling

Fig. 6. Facies cube sections with forecast for the well № 4 area: а – model constructed by TGS method on the basis of 2D seismic, б – model constructed by Object modeling on the basis of 3D seismic

Тверь: ГЕРС, 2012. 79 с.
4. Чернова О.С. Седиментология
резервуара: учебное пособие
по короткому курсу. Томск: ЦППС НД,
2009. 250 с.
5. Дюбрюль О. Геостатистика в нефтяной
геологии. Москва-Ижевск: Институт
компьютерных исследований, НИЦ
«Регулярная и хаотическая динамика»,

2009. 256 с.
6. Жижимонтов И.Н., Махмутов И.Р.,
Евдошук А.А., Смирнова Е.В. Анализ
причин неоднородного насыщения
низкопроницаемых ачимовских
отложений на основе петрофизического
моделирования» // Нефтяное хозяйство.
2022. № 3. С. 30–35.

ENGLISH

Results

During consolidation and analysis of all available data a facies cube was constructed. Subsequently it became the basis for reservoir distribution and population of petrophysical properties. The counting time of the estimated model did not exceed 2 min for 13 million cells. This is a good result acceptable for further recalculations during model updating.

Conclusions

Object modeling (stochastic) method is suitable for geological modeling at the initial stages of exploration and in the presence of high-precision

References

1. Zakrevsky K.E. Geological 3D modeling. Moscow: PPC Mask LLC, 2009, 376 p. (In Russ).
2. Zakrevsky K.E., Aksarin V.A., Anokhina M.S., Buyakina I.V., Gritchenko M.A., Zverev K.V., Zunde D.A., Kudamanov A.I., Kuznetsov A.G., Malshakov A.V., Nassonova N.V., Khabarov A.V., Chernovets L.V. Geological modeling of the coastal –marine sediments (on the example of reservoir AV₁ (AV₁¹⁺²+AV₁³))

3. Zakrevsky K.E., Nassonova N.V. Geological modeling Neocomian clinoform of Western Siberia. Tver: 2012, GERS Publishing LLC, 79 p. (In Russ).
4. Chernova O.S. Reservoir Sedimentology: short course tutorial. Tomsk: training and retraining center for oil and gas specialists, 2009, 250 p. (In Russ).
5. Dubrulye O. Geostatistics in petroleum

6. Zhizhimontov I.N., Makhmutov I.R., Evdoshchuk A.A., Smirnova E.V. Heterogeneous saturation cause analysis during petrophysical modeling of low permeability Achimov deposits. Oil Industry, 2022, issue 3, P. 30–35. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Губко Анна Алексеевна, менеджер Управления по геологии и разработке месторождений Ямал, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

Денгина Юлия Александровна, специалист Управления по геологии и разработке месторождений Ямал, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

Жилин Евгений Николаевич, старший менеджер Управления по геологии и разработке месторождений Ямал, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия
Для контактов: enzhilin@tnnc.rosneft.ru

Gubko Anna Alekseevna, manager of the department of geology and field development of Yamal, “Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia

Denigina Yulia Alexandrovna, specialist of the department of geology and field development of Yamal, “Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia

Zhilin Evgeny Nikolaevich, senior manager of the department of geology and field development of Yamal, “Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia
Corresponding author: enzhilin@tnnc.rosneft.ru