

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУХ БИТУМНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ УФИМСКОГО ЯРУСА ШЕШМИНСКОГО ГОРИЗОНТА, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Д.И. Хасанов¹, Е.Г. Грунис²

¹Казанский федеральный университет, Казань, Россия

²Татарское геологоразведочное управление ПАО «Татнефть», Казань, Россия

Целью работы являлось исследование эффективности и достоверности различных методов интерполяции программного комплекса Petrel 2013 с разной плотностью данных при изучении залежей природных битумов на территории Республики Татарстан. В основу работы положены данные, полученные при комплексном исследовании Западного (171 скважина) и Восточного (61 скважина) поднятий, включая данные промышленной геофизики и лабораторных исследований керна. Кросс-валидация проводилась с использованием пяти методов интерполяции из стандартного набора Petrel 2013 для значений мощности продуктивного пласта. Для построения моделей применялись следующие методы: Indicator kriging (IK), Sequential indicator simulation (SIS), Sequential indicator simulation (Gslib) (SIS(Gslib)), Truncated Gaussian simulation (TGS-GRFS) и Truncated Gaussian simulation (TGS-SGS). Полученные результаты позволили сделать следующий вывод: существенное влияние на достоверность интерполяционных моделей оказывают методики отбора керна и интерпретации данных промышленной геофизики.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, интерполяция, кросс-валидация, керн, битумные залежи

DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.5>

Для цитирования: Хасанов Д.И., Грунис Е.Г. Особенности моделирования двух битумных залежей уфимского яруса шешминского горизонта, расположенных на территории Республики Татарстан. *Георесурсы*. 2017. Т. 19. № 1. С. 27-29. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.5>

Введение

Для геологических структур, представляющих собой резервуары для природных битумов, часто характерна высокая литологическая и структурная неоднородность. В связи с этим, возникают новые задачи моделирования подобных залежей, рассмотренные в данной статье. К таким задачам относятся:

- а) выбор метода интерполяции, подходящего для исследуемой структуры;
- б) выбор оптимальной плотности сетки наблюдения для получения наиболее достоверной информации о геологическом строении.

В основу статьи положены данные, полученные при комплексном исследовании Западного (171 скважина) и Восточного (61 скважина) поднятий (Рис. 1), расположенных на территории Республики Татарстан. Бурение скважин велось долотами диаметром от 125,0 до 152,4 мм до продуктивного интервала, в продуктивном интервале бурение производилось с отбором керна колонковыми наборами КС-108 и УКС-У-109/67. После завершения бурения в скважинах проводился полный комплекс геофизических исследований. Отобранный в процессе бурения керн был отправлен в лабораторию для определения различных петрофизических свойств горных пород.

Объект исследования

Объектом исследования являлись залежи битумов в отложениях уфимского яруса в пределах Западного (площадью 15 км²) и Восточного (площадью 4,0 км²) поднятий (Рис. 1). Отложения уфимского яруса (P₁u) в районе исследований представлены в объеме шешминского горизонта (P₁ss), в котором выделяются две пачки: нижняя – песчано-глинистая (старокувакская-P₁ss₁) и верхняя – песчаная (ашальчинская-P₁ss₂). На данных поднятиях эти

пачки являются базовым горизонтом для залежей СВН уфимского нефтегазоносного комплекса. Покрышкой битумоносных пород уфимского яруса является нижняя пачка байтуганского горизонта (P₂bt₁) казанского яруса. Сложена покрышка глинами серыми, пепельно-серыми, известковистыми, крепкими, плотными, мергелевидными, аргиллитоподобными, с прослойками алевролита, иногда песчанистыми, с оскольчатым или с раковистым изломами, слоистыми, по плоскостям наложения, с раковинами лингул, с кристаллами пирита (МГ “Лингуловая глина”) (Сухов, 2014).

В тектоническом отношении площадь залегания Западного поднятия по осадочной толще, в том числе и по пермским отложениям, расположена в южной части структурной зоны II порядка, осложняющей западный склон Южно-Татарского свода, по пермским горизонтам, в свою очередь, эта террасовая структурная зона осложнена серией локальных поднятий III порядка, с которыми тесно связаны залежи углеводородов. Восточное поднятие



Рис. 1. Схема расположения скважин на Западном и Восточном поднятиях (точками отмечены устья скважин).

имеет более сложное строение и представляет собой структурный нос северо-западного простирания, свод которого осложнен двумя пологими куполами малых размеров. Структура Восточного поднятия, выявленная по кровле уфимского яруса, имеет зональное расположение и является структурой III порядка, свод которой по кровле шешминского горизонта соответствует максимальной мощности песчаниковой пачки.

Методика и результаты исследований

Для проведения кросс-валидации методом «складного ножа» нерегулярная сетка разбуривания поднятия состоящая из 171 пробуренной скважины на Западном поднятии, была преобразована в сетку из 87 скважин, путём исключения скважин на плане поднятия в шахматном порядке, таким образом, равномерно уменьшая густоту сетки наблюдения в два раза по всей площади поднятия. По аналогии с Западным поднятием на Восточном нерегулярная сетка разбуривания поднятия, состоящая из 61 пробуренной скважины, была преобразована в сетку из 30 скважин. Скважины, не попавшие в набор данных для построения моделей, стали валидационными (тестовый набор) (Демьянов, Савельева, 2010).

Для интерполяции значений мощности продуктивного горизонта были использованы следующие методы: а) Indicator kriging (IK) – индикаторный кригинг, б) Sequential indicator simulation (SIS) и Sequential indicator simulation (Gslib) (SIS(Gslib)) – последовательное индикаторное моделирование, в) Truncated Gaussian simulation (TGS) – метод усеченного гауссиана, использующий один из двух методов моделирования: TGS-GRFS, использующий случайную функцию моделирования Гаусса, и TGS-SGS, использующий последовательное моделирование Гаусса.

Для оценивания результатов работы применялся непараметрический коэффициент корреляции Спирмена, не требующий нормального распределения данных, которое не прослеживается на гистограмме для Восточного поднятия (Рис. 3б). Величины коэффициента корреляции Спирмена для каждого алгоритма интерполяции по геофизическим и геологическим данным представлены в таблице 1. Анализируя данные результаты, можно отметить, что наилучшие показатели по геофизическим данным на Западном поднятии показал метод усеченного гауссиана (TGS-SGS), по данным отбора керна – индикаторный кригинг (IK). На Восточном поднятии наилучшими оказались методы порядкового индикаторного моделирования (SIS) по геофизическим данным и индикаторный кригинг (IK) по геологическим данным.

Результаты методик интерполяции для геофизических и геологических данных (Табл. 1) не всегда совпадают по причине неполной достоверности результатов по бурению с отбором керна. Это объясняется тем, что при бурении глина, находящаяся внутри колонкового снаряда, под действием бурового раствора начинает разбухать и удлиняться, одновременно с этим, слабосцементированный песчаник размывается и в процессе бурения в керноотборнике остается фрагментарно. Эта проблема была решена путем внедрения в колонковое бурение малогабаритного керноотборного

Метод интерполяции	Западное поднятие		Восточное поднятие	
	Данные по ГИС	Данные по керну	Данные по ГИС	Данные по керну
IK	0,733	0,745	0,625	0,490
SIS	0,721	0,721	0,730	0,470
SIS(Gslib)	0,741	0,725	0,664	0,470
TGS-GRFS	0,773	0,688	0,386	0,335
TGS-SGS	0,776	0,679	0,435	0,333

Табл. 1. Величины коэффициента корреляции для каждого алгоритма интерполяции по геофизическим и геологическим данным от реальных данных для Западного и Восточного поднятий

снаряда УКС-У-109/67 взамен КС-108. После введения в процесс бурения с отбором керна нового керноотборного снаряда повысился минимальный процент выноса керна по скважинам до 95 %, по сравнению с 80 % при применении КС-108. На Западном поднятии снарядом УКС-У-109/67 пробурено 166 скважин из 171, на Восточном – 26 из 61 скважины. Соответственно и величины коэффициента корреляции (Табл. 1) на Западном поднятии выше, чем на Восточном, прежде всего, для данных по отбору керна. Так как при интерпретации полевого геофизического материала геофизик-интерпретатор опирается в том числе и на описание керна, в особенности при неоднозначности геофизических кривых в определении водо-битумного контакта, то и достоверность результатов геофизических исследований на Западном поднятии также возрастает.

На следующем этапе исследования был проведен анализ влияния плотности скважин (количество скважин на квадратном километре) на коэффициент корреляции. Как и в первом случае, скважины исключались из набора для построения в шахматном порядке. На Западном поднятии поочередно в наборе данных по скважинам были оставлены данные по 30; 45; 60; 75 и 90 скважинам. На Восточном поднятии поочередно в наборе данных по скважинам были оставлены данные по 8; 12; 16; 20 и 24 скважинам. Результаты представлены на рис. 2а, б.

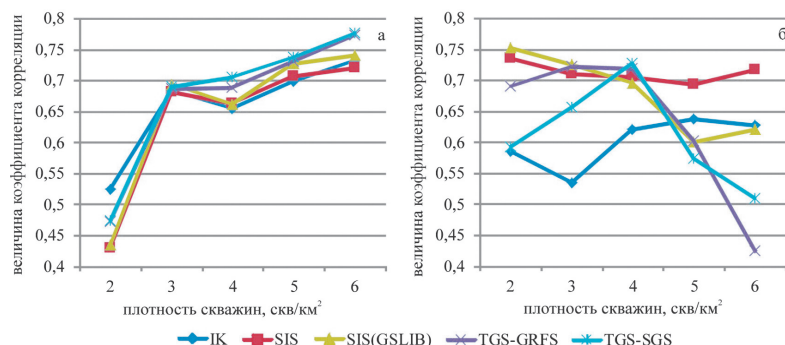


Рис. 2. Графики зависимости величины коэффициента корреляции от плотности данных по результатам геофизических исследований скважин. а – для Западного поднятия, б – для Восточного поднятия.

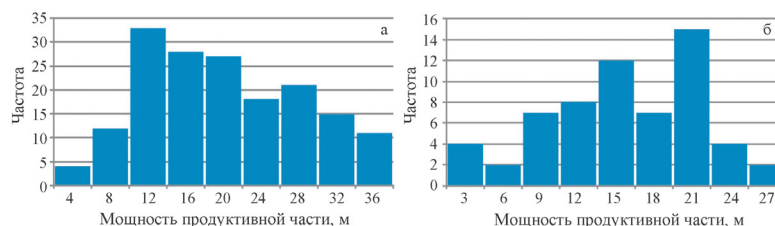


Рис. 3. Гистограмма частотного распределения мощностей нефтенасыщенной части продуктивного горизонта по геофизическим данным. а – для Западного поднятия, б – для Восточного поднятия.

Анализ Западного поднятия по графикам (Рис. 2а), показывает, что применение методики интерполяции на нерегулярной сетке наблюдения приводит к увеличению величины коэффициента корреляции для всех методов по мере увеличения числа скважин в наборе данных. Частотное распределение продуктивных мощностей на Западном поднятии соответствует нормальному распределению, что подтверждает мономодальная гистограмма, построенная по данным ГИС для данного поднятия (Рис. 3а).

По графикам зависимости для Восточного поднятия (Рис. 2б) наблюдается резкое падение величины коэффициента корреляции для методов усеченного гауссиана по мере увеличения числа данных в наборе для построения. Гистограмма для Восточного поднятия на рисунке 3б имеет бимодальный вид, соответственно на данном поднятии не выполняется закон нормального распределения данных. В данной ситуации наиболее достоверными оказались методы, основанные на индикаторном кригинге (IK, SIS, SIS(Gslib)), которые не требуют нормального распределения данных. Причиной отсутствия нормального распределения данных на Восточном поднятии является сложное геологическое строение данной структуры.

Выводы

1. Для построения наиболее точной трёхмерной модели поднятия с нерегулярной сеткой наблюдения недостаточно применения одного метода интерполяции. Необходимо комплексное применение методов для каждого набора данных и выбора из них наиболее подходящего после проведения кросс-валидации.

2. В качестве основной и наиболее достоверной информации о глубинном положении и мощности уфимских продуктивных отложений шешминского горизонта необходимо принимать данные по геофизическим исследова-

ованиям скважин, а геологическое описание керна как дополнительную информацию, по причине указанных выше проблем, возникающих в процессе колонкового бурения керноотборным снарядом КС-108.

3. При высоком качественном уровне полевых работ и нормальном распределении геологических параметров качество интерполяционной модели растёт по мере увеличения плотности сетки наблюдения. При несоблюдении нормального распределения в наборе данных и нерегулярной сети наблюдения, наилучшие показатели дают методы, основанные на индикаторном кригинге, в частности, для Восточного поднятия метод последовательного индикаторного моделирования (SIS).

Литература

- Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика. М: Наука. 2010.
 Сухов К.А. Разработка программы работ по уточнению извлекаемых запасов СВН и вязкости нефти на 11 планируемых к разработке залежах СВН. ГФ ТГРУ ПАО «Татнефть». 2014.

Сведения об авторах

Дамир Ирекович Хасанов – канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры геофизики и геоинформационных технологий, Казанский федеральный университет
 Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 4/5
 e-mail: damir.khasanov@mail.ru

Евгений Георгиевич Грунис – геолог 1 категории НПП «Геология сверхвязких нефтей», Татарское геологоразведочное управление ПАО «Татнефть»
 Россия, 420011, Казань, ул. Чернышевского, 23/25
 e-mail: evgenii.grunis@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.11.2016;
 Принята к публикации 23.02.2017; Опубликована 30.03.2017

Modeling Peculiarities of Two Bitumen Deposits of the Sheshmian Horizon of the Ufimian Stage Located in the Republic of Tatarstan

D.I. Khasanov¹, E.G. Grunis²

¹Kazan Federal University, Kazan, Russia

²Tatar Geological Exploration Department PJSC Tatneft, Kazan, Russia

Abstract. The aim of the work was to study the effectiveness and reliability of the interpolation methods of the Petrel 2013 software complex with different data density in the study of bitumen deposits on the territory of the Republic of Tatarstan. The article is based on data obtained from a comprehensive study of the Western (171 wells) and Eastern (61 wells) uplifts, including data from field geophysics and laboratory core research. Cross-validation was carried out using five interpolation methods from the standard Petrel 2013 set for reservoir thickness values. The following methods were used to build the models: Indicator kriging (IK), Sequential indicator simulation (SIS), Sequential indicator simulation (Gslib) (SIS (Gslib)), Truncated Gaussian simulation (TGS-GRFS), and Truncated Gaussian simulation (TGS-SGS). The results obtained made it possible to draw the following conclusion: the core selection methods and interpretation of the field geophysics data have a significant influence on the reliability of interpolation models.

Keywords: 3D modeling, interpolation, cross-validation, core, bitumen deposits

References

- Demyanov V. V., Saveleva E. A. Geostatistics: theory and practice. Moscow: Nauka. 2010. (In Russ.)

Sukhov K.A. Development of a program work to update ultraviscous oil reserves and oil viscosity for 11 ultraviscous oil deposits planned for the development. 2014. TGRU PJSC Tatneft. (In Russ.)

For citation: Khasanov D.I., Grunis E.G. Modeling Peculiarities of Two Bitumen Deposits of the Sheshmian Horizon of the Ufimian Stage Located in the Republic of Tatarstan. *Georesursy = Georesources*. 2017. V. 19. No. 1. Pp. 27-29. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.5>

Information about authors

Damir I. Khasanov – PhD in Geology and Mineralogy, Associate professor, Department of Geophysics and Geoinformation Technologies, Kazan Federal University
 Russia, 420008, Kazan, Kremlevskaya St., 4/5

Evgenii G. Grunis – Geologist, Scientific and Production Centre «Geology of heavy oils», Tatar Geological Exploration Department PJSC Tatneft
 Russia, 420111, Kazan, Chernyshevsky St., 23/25
 e-mail: evgenii.grunis@mail.ru

Manuscript received 28 November 2016; Accepted 23 February 2017;
 Published 30 March 2017