

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/7_2019

УДК 55.001.57

Попова О.А.

Общество с ограниченной ответственностью «Газпромнефть Научно-Технический Центр» (ООО «Газпромнефть НТЦ»), Санкт-Петербург, Россия, Popova.OAna@gazpromneft-ntc.ru

КАРТЫ УВЕРЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ 3D ВЕРОЯТНОСТНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Продемонстрирован пример использования карт для выделения наиболее уверенных районов эффективных нефтенасыщенных толщин.

Описана статистическая основа для использования карт с целью получения интервальной оценки прогнозируемой величины по площади нефтяной залежи.

Ключевые слова: карты уверенности геологических параметров, вероятностная геологическая модель, эффективная нефтенасыщенная толщина.

Месторождения нефти и газа, вводимые в разработку в последние десятилетия, зачастую характеризуются сложным геологическим строением. Изобилие существующих методов исследования залежей – от рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии до полевых геофизических методов – не позволяет точно спрогнозировать геологические характеристики залежей. Однако развитие современного программного обеспечения сделало доступным рассмотрение спектра возможных вариантов геологического строения изучаемых и эксплуатируемых объектов на основе вероятностного моделирования [Белозеров и др., 2018].

Вероятностные геологические модели представляют собой множественные реализации детерминированной модели, которые могут быть созданы в 1D, 2D или 3D масштабе. Методические подходы к созданию вероятностных моделей зависят от поставленных задач и особенностей геологического строения месторождений [Закревский, Майсюк, Сыртланов, 2008; Горбовская, 2017]. Целью данной работы является рассмотрение возможностей использования результатов вероятностного моделирования при бурении скважин. Для интегрированного анализа всех реализаций 2D или 3D геологической модели удобным инструментом являются карты уверенности. Они могут быть построены как для отдельных подсчетных параметров, так и совокупно для плотности запасов залежи.

Со статистической точки зрения уверенность прогноза параметра может быть оценена как его стандартное отклонение в каждой точке, рассчитанное по всем реализациям геологической модели. Однако для сравнения различных участков залежи безотносительно переменного среднего значения целесообразно использовать карту коэффициента вариации

параметра, то есть стандартное отклонение, нормированное на среднее значение. Карты коэффициентов вариации носят название карт уверенности запасов [Горбовская, Белозеров, 2016]. С практической точки зрения карты уверенности характеризуют достоверность прогноза моделируемой величины в той или иной точке залежи. Такой подход позволяет объединить и визуализировать результаты вероятностной модели для удобства работы с ними.

Ниже рассмотрен пример использования подобных карт. Продуктивный пласт в пределах изучаемой залежи представлен отложениями меандрирующей речной системы. Объект вскрыт двумя скважинами, из которых получены притоки чистой нефти. Структурная карта по кровле пласта приведена на рис. 1. Его общая мощность составляет 10 м. Согласно имеющимся данным залежь пластовая сводовая, однако на прилегающих территориях ловушки углеводородов в ряде случаев имеют также литологические ограничения, связанные с замещением проницаемых пород непроницаемыми. На участке проведены 3D сейсморазведочные работы, но динамическая интерпретация их материалов не позволяет получить прогноз распространения коллекторов для изучаемой территории ввиду низкой акустической контрастности среды в условиях высокой неоднородности разреза. Основные неопределенности с точки зрения оценки геологических запасов связаны с протяженностью коллекторов, песчаностью разреза, наличием зон замещения, неоднозначностью структурных построений, ВНК, оценкой средних значений пористости, насыщенности и свойств флюидов.

В результате вероятностного моделирования создана карта уверенности прогноза эффективных нефтенасыщенных толщин (рис. 2а). Необходимо отметить, что изолинии с коэффициентом вариации более единицы не нанесены ввиду их большого количества и низкой информативности. Высокие значения коэффициента вариации встречаются в краевых зонах залежи и связаны с локализацией здесь низких значений математического ожидания эффективных нефтенасыщенных толщин (см. рис. 2б). В практическом выражении в этих зонах маловероятно присутствие нефти, однако в отдельных реализациях вероятностной модели залежь охватывает и эти районы вследствие неопределенностей в структурных построениях по данным сейсморазведочных работ и в положении водонефтяного контакта.

Карта математического ожидания (см. рис. 2б) получена путем усреднения карт эффективных нефтенасыщенных толщин, построенных по всем созданным вариантам геологической модели.

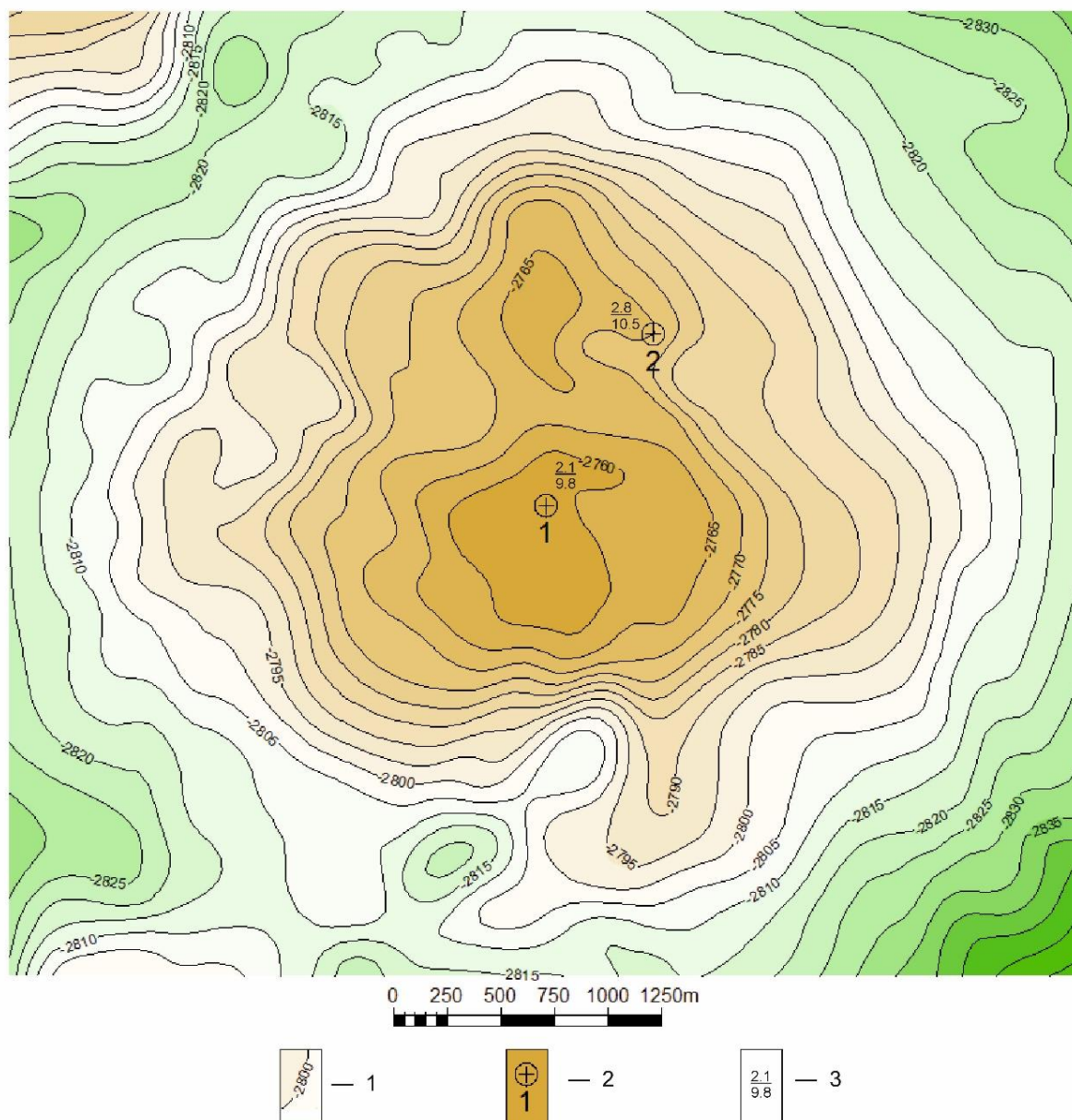


Рис. 1. Структурная карта по кровле продуктивного пласта

1 – изолинии по кровле пласта с нанесенными на них абсолютными отметками; 2 – положение и номер скважины (код); 3 – значение толщины в скважине, определенное по результатам интерпретации ГИС: над чертой – эффективной нефтенасыщенной толщины, под чертой – общей толщины пласта.

Такая карта не характеризует геологическое строение объекта, так как, во-первых, усреднение приводит к тому, что характеристики изменчивости рассматриваемой величины сглаживаются, а во-вторых, площадь, оконтуренная по изолинии с нулевым значением, соответствует интегральному контуру по всем реализациям геологической модели с учетом неопределенностей прогноза структурной модели, положения контактов флюидов и геометрии возможных зон замещения коллекторов. Другими словами, карта математического ожидания представляет собой среднюю оценку параметра в каждой конкретной точке, а не среднюю его оценку для объекта в целом.

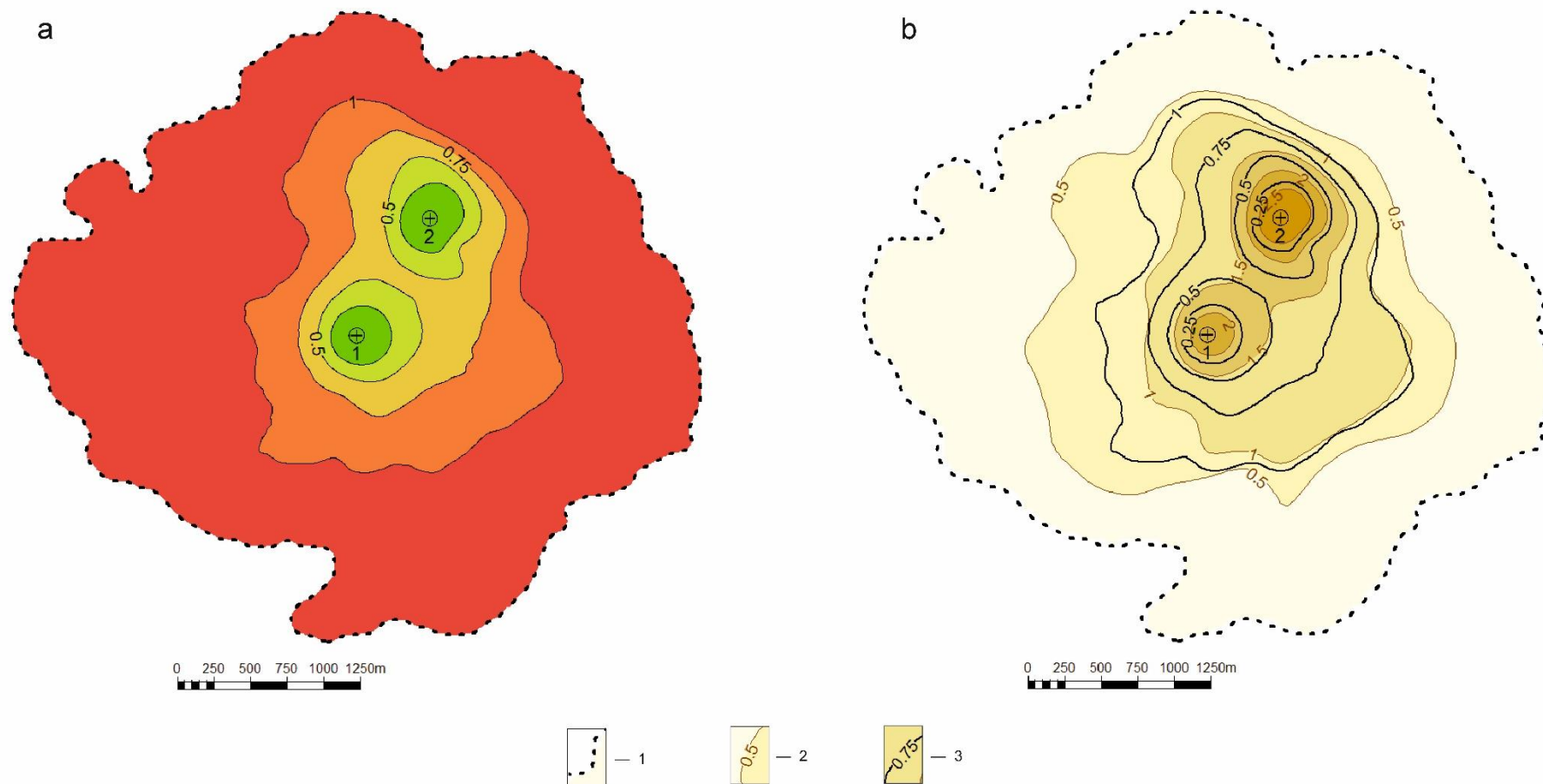


Рис. 2. а – карта уверенности прогноза эффективных нефтенасыщенных толщин, построенная в результате создания вероятностной геологической модели; б – карта средних значений эффективных нефтенасыщенных толщин по всем реализациям вероятностной геологической модели

1 – интегральная граница контура залежи по всем реализациям геологической модели; 2 – изолинии эффективных нефтенасыщенных толщин; 3 – изолинии уверенности прогноза эффективных нефтенасыщенных толщин.

Рассматриваемая карта может быть использована совместно с картой уверенности параметра как инструмент планирования бурения. Сравним результаты традиционного детерминированного и вероятностного моделирования применительно к этой задаче. На рис. 3а показана карта эффективных нефтенасыщенных толщин, построенная методом интерполяции, а на рис. 3б – карта средних значений этого параметра по всем реализациям вероятностной модели. На обе карты нанесены изолинии уверенности прогноза, а также возможные места размещения горизонтальных скважин – А, В, С. Приоритеты по бурению скважин расставлены на основе карты эффективных нефтенасыщенных толщин, полученной в результате детерминированного моделирования.

Наибольшие перспективы связаны со скважиной А, затем В и С. Анализ же вероятностной модели показывает, что локация С является статистически более предпочтительной, так как в этом районе сосредоточены более высокие значения математического ожидания и низкие – коэффициента вариации. Для речных отложений, учитывая их высокую изменчивость и возможное замещение коллекторов, бурение связано со значительными рисками, а доверие к интерполяционным картам в таком случае довольно низкое, поэтому целесообразно опираться на результаты вероятностного моделирования.

Карта уверенности дает не только качественную, но и количественную оценку надежности прогноза параметра по залежи. Плотность вероятностей большинства параметров в каждой отдельно взятой точке среди всех реализаций вероятностной модели можно охарактеризовать одномодальным распределением, а значит, для них справедливо неравенство Высочанского-Петунина [Высочанский, Петунин, 1982]. Согласно этому правилу в пределах трех стандартных отклонений от среднего находится не менее 95% возможных значений величины. А значит, карты уверенности запасов, рассчитанные как частное от деления стандартного отклонения на среднее значение, могут быть представлены в виде интервальной оценки параметра. Так, в пределах изолинии $C_v = 0,1$ отклонение от среднего значения составит не более 30% (с вероятностью не менее 95%), $C_v = 0,25$ соответственно не более 75% и так далее.

Таким образом, карты уверенности могут быть использованы для оптимизации последовательности бурения эксплуатационного фонда и выявления необходимости бурения пилотных стволов горизонтальных скважин. Безусловно, подтверждаемость карт зависит от качества вероятностной модели. Если какие-то предпосылки или концепции не учтены, то результирующий прогноз может оказаться некорректен в последующем.

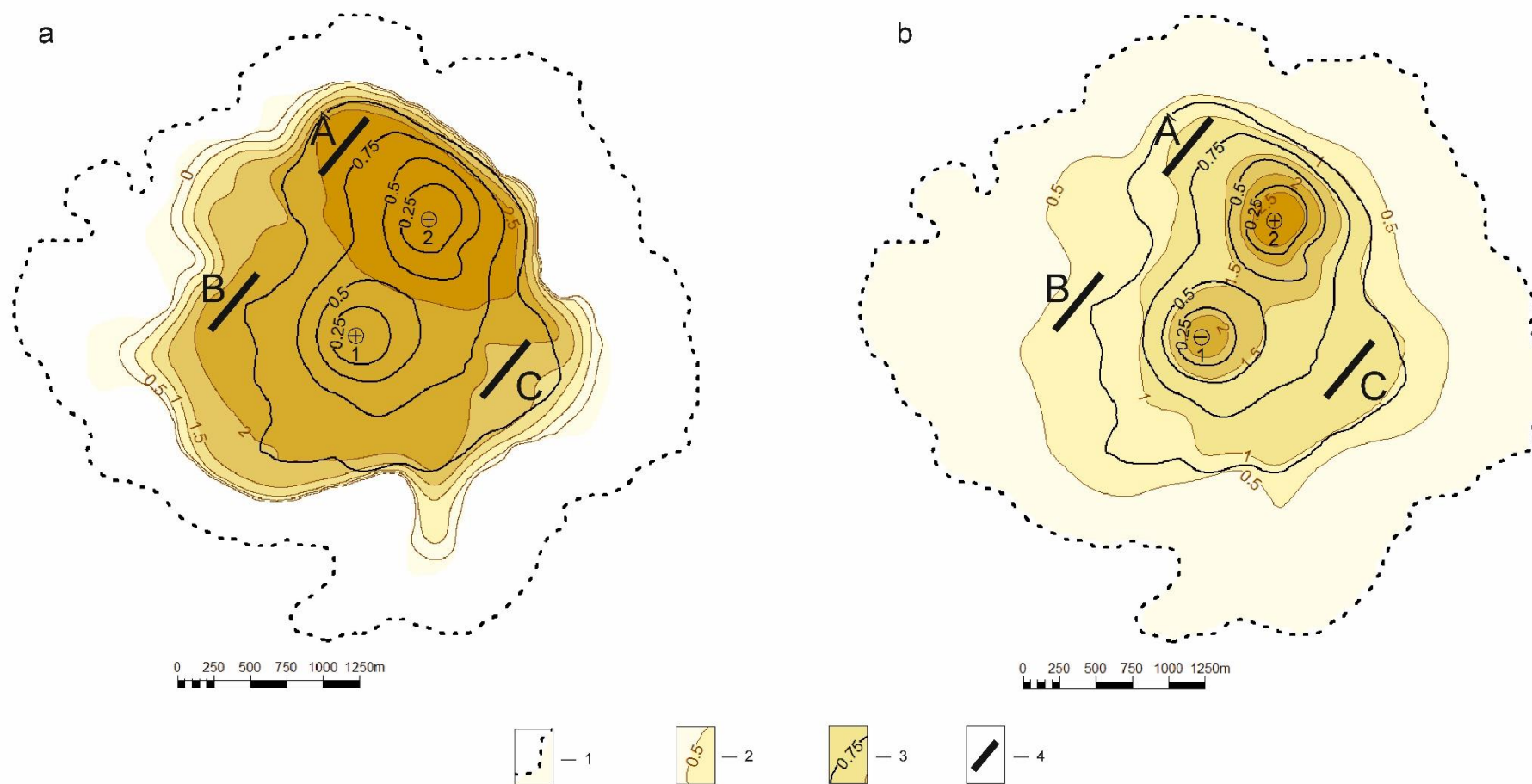


Рис. 3. а – карта эффективных нефтенасыщенных толщин, построенная детерминистическим методом; **б** – карта средних значений эффективных нефтенасыщенных толщин по всем реализациям вероятностной геологической модели
1 – интегральная граница контура залежи по всем реализациям геологической модели; *2* – изолинии эффективных нефтенасыщенных толщин; *3* – изолинии уверенности прогноза эффективных нефтенасыщенных толщин; *4* – планируемые горизонтальные скважины.

Пост-мониторинг бурения и сравнение «план-факт» на основе детерминированной модели всегда показывает отклонения, однако оценка допустимости величины отклонения всегда вызывает затруднения. Использование же вероятностных прогнозов с диапазоном возможных значений позволяет лучше понимать риски и потенциал проекта, а карты уверенности параметров дают возможность провести интегрированный анализ всех реализаций вероятностной модели.

Литература

Белозеров Б.В., Буторин А.В., Герасименко П.Н., Журавлева Е.В., Кайгородов С.В., Логвиненко Н.В., Мещерякова А.С., Митяев М.Ю., Мостовой П.Я., Попова О.А., Сидубаев А.С., Фаизов Р.З., Шатилов А.В. Практические советы по 3D-геологическому моделированию. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. – С. 363-396.

Высочанский, Д.Ф., Петунин, Ю.И. Об одном неравенстве Гаусса для одновершинных распределений // Теория вероятностей и ее применение. – 1982. – 27(2). – С. 339-341.

Горбовская О.А. Вероятностная оценка геологических неопределенностей: выученные уроки // Расширяя горизонты: материалы ежегодной Каспийской технической конференции и выставки SPE (г. Баку, Азербайджан, 1-3 ноября 2017 г.). – DOI: <https://doi.org/10.2118/189015-RU>

Горбовская О.А., Белозеров Б.В. Влияние геологических неопределенностей на принятие инвестиционных решений // Материалы Российской нефтегазовой технической конференции и выставки SPE (г. Москва, 24-26 октября 2016 г.). – 2016. – DOI: <https://doi.org/10.2118/182135-RU>

Закревский К.Е., Майсюк Д.М., Сыртланов В.Р. Оценка качества 3D моделей. – Москва: ООО «ИПЦ Маска», 2008. – С.162-171.

Popova O.A.

LLC Gazpromneft Scientific and Technical Centre (LLC Gazpromneft STC), Saint Petersburg, Russia, Popova.OAna@gazpromneft-ntc.ru

GEOLOGICAL PARAMETERS CONFIDENCE MAPS - ANALYSIS INSTRUMENT RELEVANT TO 3D PROBABILISTIC GEOMODELING RESULTS

An example of the use of the geological parameters confidence maps to identify the most promising areas - effective oil-saturated thicknesses.

A statistical basis is described for the use of maps in order to obtain the interesting interval estimate using the predicted value for the oil reservoir area.

Keywords: *confidence maps of geological parameters, probabilistic geological model, effective oil-saturated thickness.*

References

Belozerov B.V., Butorin A.V., Gerasimenko P.N., Zhuravleva E.V., Kaygorodov S.V., Logvinenko N.V., Meshcheryakova A.S., Mityaev M.Yu., Mostovoy P.Ya., Popova O.A., Sidubaev A.S., Faizov R.Z., Shatilov A.V. *Prakticheskie sovety po 3D-geologicheskomu modelirovaniyu* [Practical tips on 3D geological modelling]. Izd. 2-e, pererab. i dop. Moscow-Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2018, p. 363-396.

Gorbovskaya O.A. *Veroyatnostnaya otsenka geologicheskikh neopredelennostey: vyuchennyye uroki* [Probabilistic Geological Uncertainties Assessment: Lessons Learned]. Rasshiryaya gorizonty: materialy ezhegodnoy Kaspiyskoy tekhnicheskoy konferentsii i vystavki SPE (Baku, Azerbaydzhan, 1-3 Nov 2017). DOI: <https://doi.org/10.2118/189015-RU>

Gorbovskaya O.A., Belozerov B.V. *Vliyanie geologicheskikh neopredelennostey na prinyatie investitsionnykh resheniy* [Geological uncertainties influence on investment decision making]. Materialy Rossiyskoy neftegazovoy tekhnicheskoy konferentsii i vystavki SPE (Moscow, 24-26 Oct 2016). 2016. DOI: <https://doi.org/10.2118/182135-RU>

Vysochanskiy, D.F., Petunin, Yu.I. *Ob odnom neravenstve Gaussa dlya odnovershinnykh raspredeleniy* [About Gauss Inequality for the Unimodal Distributions]. Teoriya veroyatnostey i ee primeneniye, 1982, 27(2), p. 339-341.

Zakrevskiy K.E., Maysyuk D.M., Syrtlanov V.R. *Otsenka kachestva 3D modeley* [Assessment of 3D models quality]. Moscow: OOO «IPTs Maska», 2008, p.162-171.

© Попова О.А., 2019