

**ДЕКЛАСТЕРИЗАЦИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ
И КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ТРЕХМЕРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ****А. А. Забоева, А. С. Предин, И.С. Никитин***(Тюменский государственный нефтегазовый университет, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», ROXAR)**Ключевые слова: трехмерное геологическое моделирование, контроль качества, декластеризация, модель литологии, геолого-статистический разрез**Key words: 3D geological modeling, quality control, declustering, lithology model, vertical proportional curves*

Трехмерное геологическое моделирование стало неотъемлемой частью производственного процесса в нефтегазовых компаниях сравнительно недавно. В настоящее время почти ни один нормативный документ по подсчету запасов углеводородов, созданию и корректировке систем разработки месторождения не может быть создан без постояннодействующей геолого-технологической модели (ПДГТМ), базирующейся на трехмерной геологической основе. В связи с этим возникает проблема повышения качества построения геологической модели и контроля результатов этих построений.

Особое внимание следует уделять скважинным данным, причем не только их полноте и качеству, но и равномерности распределения по площади исследуемого участка [1]. Как правило, скважинные данные редко являются равномерно распределенными в пределах всей области построения трехмерной геологической модели, что в большинстве случаев связано с разной плотностью разбуренности участка работ. Обычная практика – размещать эксплуатационный фонд скважин в зонах наибольших нефтенасыщенных толщин, при этом краевые части залежи и водонасыщенная часть пласта вскрыты редкой сеткой скважин. Когда же скважины размещены не по регулярной сети, то использование всего множества скважинных данных дает смещенную оценку статистических характеристик моделируемых параметров (ГСР, гистограммы, средние значения).

Именно эти статистические характеристики будут в дальнейшем использоваться в качестве априорной информации для настройки алгоритмов моделирования кубов литологии и фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС, в частности, пористости) в виде трендов различного рода. Кроме того, на каждом из этапов моделирования эти характеристики используются в роли эталонов для проверки качества результатов проведенных построений [2].

Возникает проблема учета неравномерности распределения скважинных данных на участке моделирования при создании трехмерных геологических моделей и дальнейшем контроле их качества.

Для решения данной проблемы в работе предложен метод декластеризации исходных данных. Декластеризация ячеек применяется в качестве весового инструмента, который можно использовать для корректировки выборочных статистических данных для повышения точности рассчитываемых эффективных объемов. Метод декластеризации позволяет придавать весовые значения известным точкам, повышая их для точек, которые одиночны, снижая вес точек, имеющих большую плотность. Пренебрежение декластеризацией может привести к построению геологических моделей, содержащих систематическую ошибку. Поэтому наиболее распространенные стохастические методы построения трехмерных полей литологии основаны на статистическом методе интерполяции – крайгинге, в который заложен процесс декластеризации исходных данных.

С другой стороны, привлечение в качестве тренда геолого-статистического разреза (ГСР), построенного по скважинным данным стандартным методом, то есть без учета декластеризации исходных данных, при создании, например, куба литологии, повлечет искажение общего объема коллектора в итоговой модели, даже не смотря на то, что выбранный стохастический метод моделирования будет производить декластеризацию исходных скважинных данных. Кроме того, возникает проблема проверки качества куба литологии сопоставлением ГСР-ов, построенных по скважинным данным и модельному кубу [2].

Авторами предложена методика создания декластеризованного ГСР, который рекомендуется использовать в качестве тренда при построении куба литологии, в случае неравномерного размещения скважинных данных.

Стандартная методика построения скважинного ГСР предполагает задание равных весовых коэффициентов для всех скважин, участвующих в анализе. Предложена методика дифференцированной оценки влияния каждой отдельной скважины на модель в целом на основе степени разбуренности участка работ, при этом скважинам, расположенным на участках с высокой плотностью разбуренности, присваиваются меньшие веса, а скважинам, расположенным по территории разреженно, присваиваются большие веса. Таким образом, полученный вес влияния по скважинам используется для создания декластеризованного ГСР.

В настоящее время разработано два основных метода декластеризации исходных данных:

- декластеризация по ячейкам;
- полигональный метод декластеризации (или метод полигонов Вороного) [3].

При использовании метода декластеризации по ячейкам, каждой ячейке присваивается вес, обратно пропорциональный количеству точек наблюдения, попадающих в эту ячейку.

Другая схема предложена в полигональном методе, а именно: для каждой опорной точки полигон определяется таким образом, чтобы все точки, попадающие внутрь этого полигона, были бы ближе к этой точке, чем к любой другой опорной точке. Решение задачи сводится к тому, чтобы присвоить каждой опорной точке вес, пропорциональный площади, которую занимает, соответствующий ей полигон. Проблема этого метода состоит в том, что для краевых точек трудно корректно определить значения весов. Краевым точкам могут быть присвоены завышенные значения весов, так как в этом случае полигон может распространяться до границы области исследования. Несмотря на этот недостаток, метод полигональной декластеризации использовался авторами для расчета весов влияния скважин при создании декластеризованного ГСР.

Предложенная методика создавалась и отрабатывалась на трехмерной геологической модели пласта нижнемеловых отложений одного из месторождений Западной Сибири. Участок работ неравномерно разбурен 280 скважинами (рис. 1).

На первоначальном этапе работ, для выявления проблем, связанных с неравномерностью разбуривания участка моделирования, построен модельный куб литологии на основе исходных данных стохастическими методами без задания трендов изменения песчанистости. При проверке качества полученного куба обнаружено, что сопоставление скважинного и модельного ГСР дает неудовлетворительный результат (рис. 2 а, б).

На следующем этапе построили второй вариант куба литологии на основе исходных данных стохастическими методами с заданием стандартного скважинного ГСР в качестве одномерного тренда изменения песчанистости. Анализируя ГСР, снятый с полученного куба литологии, можно сделать вывод о том, что привлечение одномерного тренда привело к увеличению общей доли коллектора и некоторому перераспределению его по разрезу (см. рис. 2а, в). Однако удовлетворительной сходимости модельного и скважинного ГСР вновь не получено.

Для выявления причин видимых расхождений модельного и скважинного ГСР проведен анализ отдельно по каждому участку пласта. Условно в плане весь пласт разделен зоной глинизации на три участка (рис. 3). Участок I – занимает 34% площади коллектора пласта, вскрыт 10% скважин, участвующими в моделировании, характеризуется наиболее неравномерным размещением скважин. На участке не охарактеризованы скважинными данными обширные краевые зоны. Участок II – занимает 61% площади коллектора пласта, вскрыт 70% скважин, которые размещены на участке не равномерно. Скважинными данными на этом участке также не охарактеризована краевая часть и значительные межкустовые области. Участок III самый маленький – его площадь составляет 5% от площади коллектора, вскрыт 6% скважин, размещенными на участке равномерно. Для каждого из описанных выше участков был построен отдельный ГСР по кубу литологии и по скважинам, пробуренным на этом участке.

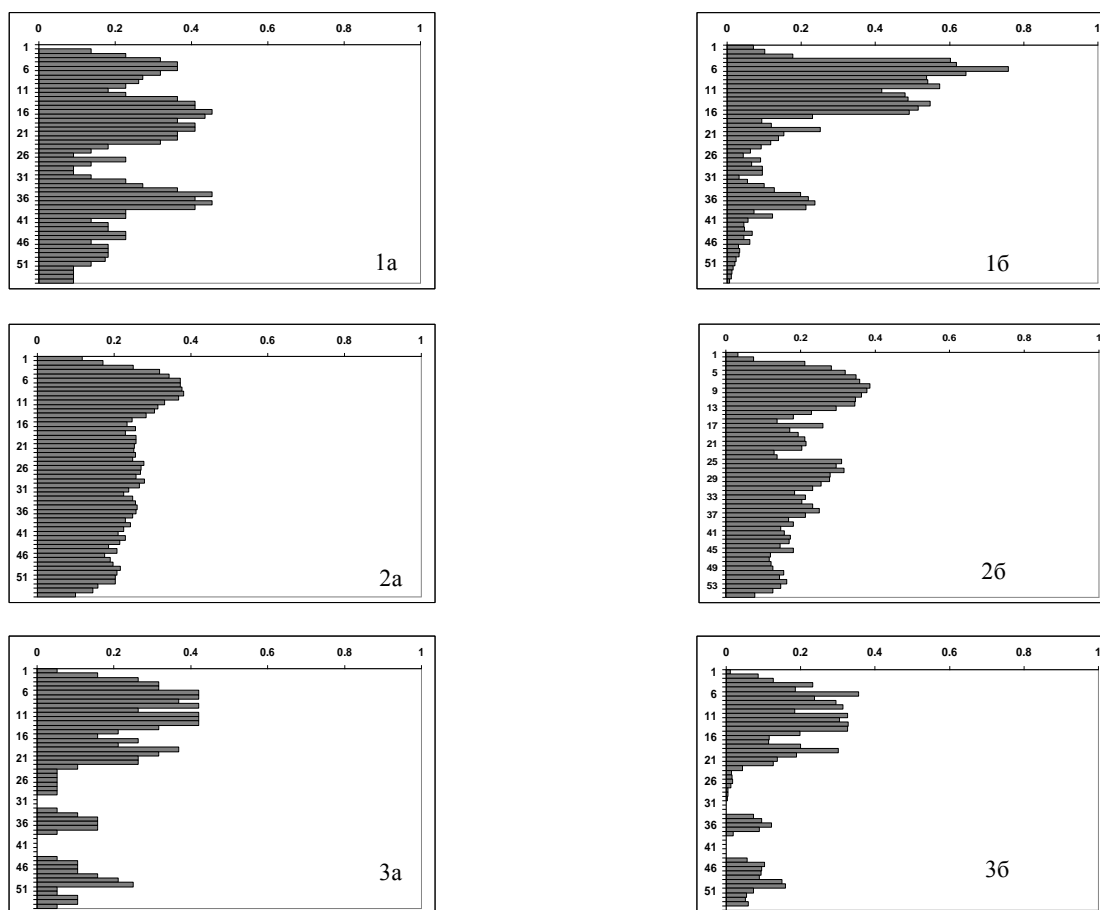


Рис. 3. Геолого-статистические разрезы параметра литологии по отдельным участкам объекта моделирования:
цифра в индексе рисунка соответствует номеру рассматриваемого участка,
а – по скважинным данным, б – по модельному кубу литологии

Анализируя полученные результаты, видим, что сходимость ГСР больше для тех участков, где скважины размещены наиболее равномерно по площади, относительно исследуемого объекта, наилучшая сходимость ГСР получена для участка III (см. рис. 3). Становится очевидным, что при построении литологической модели для всего участка моделирования, с привлечением ГСР в качестве тренда, необходимо провести декластеризацию исходных данных.

Построение декластеризованного ГСР проводилось в три этапа.

1. На начальном этапе построена зональная карта методом ближайшего соседа (Nearest Neighbor, представленный в программном продукте Surfer), при этом в качестве картируемого параметра задавался номер скважины (рис. 4).

2. На основе полученной карты для каждой скважины определен вес ее влияния, как отношение площади участка, образованного этой скважиной на зональной карте к общей площади области картирования.

3. Рассчитанные для каждой скважины веса влияния использовались для получения «взвешенной» кривой литологии, на основе которой получен декластеризованный ГСР (см. рис. 2 г).

Полученный декластеризованный ГСР использовался в качестве одномерного тренда изменения песчанистости при создании третьего варианта куба литологии, при прочих неизменных настройках стохастического алгоритма моделирования. Сравнительный анализ декластеризованного и модельного ГСР-ов показал значительно лучшую сходимость (см. рис. 2 г, д). На обоих ГСР четко прослеживаются все циклы осадконакопления несмотря на общее уменьшение доли коллектора, наблюдаемое на модельном ГСР, соотношение коллектора между отдельными слоями в модели отвечает распределению, наблюдаемому на скважинном ГСР. Отсюда вывод, что привлечение декластеризованного ГСР в качестве тренда при создании куба литологии позволит повысить его точность и степень соответствия исходным скважинным данным. Кроме

того, использование декластеризованного ГСР даст возможность наиболее адекватно оценить качество литологической модели.

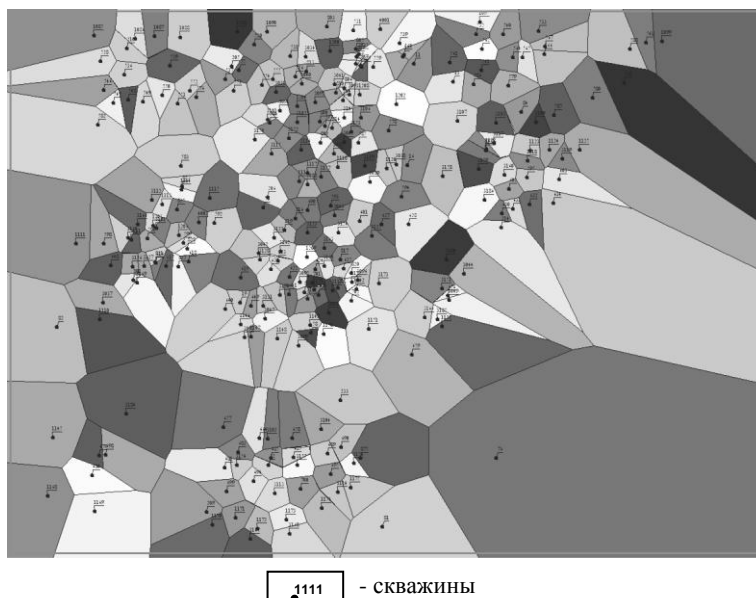


Рис. 4. Зональная карта

Предложенная выше методика создания декластеризованного ГСР является трудоемкой и времязатратной, что значительно снижает ее значимость в рамках выполнения производственных задач в условиях постоянного дефицита времени. Поэтому была создана IPL программа в оболочке программного продукта IRAP RMS, позволяющая получать требуемый ГСР. Обратив внимание на недостаток декластеризации по методу полигонов Вороного, а именно: завышение удельного веса краевых скважин, метод работы данной программы скорректирован. Программа основана на алгоритме последовательного осреднения, который позволяет получить декластеризованные скважинные данные нахождением скважин с минимальным межскважинным расстоянием и последовательным их осреднением. При осреднении создается фиктивная скважина на середине расстояния, при этом осредненные скважины исключаются из массива, а вновь созданные фиктивные точки используются в дальнейшем процессе осреднения наравне с исходными скважинами. Последовательное осреднение продолжается до момента равномерной плотности распределения точек наблюдения (рис. 5). По этим точкам среднеарифметическим осреднением создается декластеризованный ГСР (см. рис. 2 е).

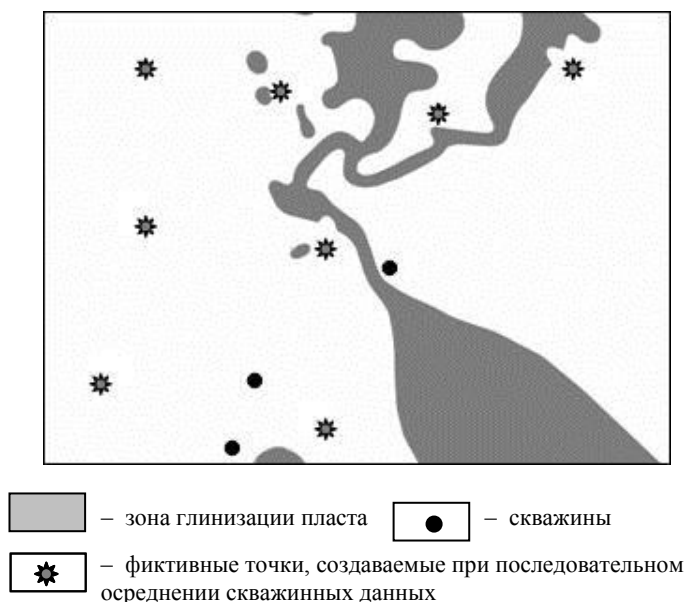


Рис. 5. Схема расположения скважин и фиктивных точек на заключительной стадии последовательного осреднения

ГСР, полученный последовательным скважинным осреднением, отличается от ГСР, построенного полигональным методом, относительным снижением песчанистости в целом и некоторым перераспределением доли коллектора между отдельными слоями в нижней части разреза. Связано это с уменьшением влияния краевых скважин, которые имеют значительный вес при создании ГСР по методу полигонов Вороного. Как и в предыдущих случаях, полученный уточненный ГСР использовался в качестве одномерного тренда изменения песчанистости при построении куба литологии. ГСР с полученного куба характеризуется высокой степенью сходимости с трендовым, что доказывает эффективность применения метода последовательного осреднения скважинных данных при проведении декластеризации исходных данных.

Необходимость применения декластеризации становится наглядной при сравнении ГСР по кубам литологии, построенных с привлечением одномерных трендов изменения песчанистости в виде стандартного ГСР и

декластеризованного ГСР, построенного методом последовательного осреднения скважинных данных (см. рис. 2 в, ж). Можно наблюдать завышение песчаности в первом случае вдвое и более для некоторых слоев геологической модели. Это в конечном итоге приводит к необоснованному увеличению объемов коллекторов в модели и как результат – к неверной оценке запасов углеводородов.

Применение декластеризации исходных данных при построении трехмерных геологических моделей, во-первых, позволит значительно повысить их точность, во-вторых, даст возможность адекватной оценки качества результата моделирования. Это позволяет утверждать, что проведение декластеризации исходных данных должно стать неотъемлемой частью процесса создания трехмерных геологических моделей.

Однако создание декластеризованного ГСР целесообразно лишь для участков моделирования, характеризующихся неравномерным распределением по площади исходных скважинных данных. В случае равномерного разбуривания, согласно статистическому анализу, различия между стандартным и декластеризованным ГСР не существенны. Необходимо дифференцированно подходить к вопросу необходимости проведения декластеризации в зависимости от полноты исходных данных и плотности их распределения по площади исследуемого участка.

Список литературы

1. Закревский К. Е., Майсюк Д. М., Сыртланов В. Р. Оценка качества 3D моделей – М.: ООО «ИПЦ “Маска”», 2008 – 272 с.
2. Косентино Л. Системные подходы к изучению пластов – Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – 400 с.
3. Руководство пользователя ArcGIS 9. Geostatistical Analyst.

Сведения об авторах

Забоева Александра Александровна, аспирант, Тюменский государственный нефтегазовый университет, тел.: 89123847431, e-mail: ShelushenkoAlex@mail.ru

Предеин Александр Сергеевич, эксперт, ООО «Центр экспертной поддержки и технического развития», ТНК-БР, тел.: 89224843613, e-mail: ASPredein@tnk-bp.com

Никитин Иван Сергеевич, геолог, ROXAR, тел.: 89091897447, e-mail: Ivan.Nikitin@roxar.com

Zaboeva A.A., graduate student, Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89123847431, e-mail: ShelushenkoAlex@mail.ru

Predein A.S., expert, «Center of expert support and technical development», TNK-BP, phone: 89224843613, e-mail: ASPredein@tnk-bp.com

Nikitin I.S., geologist, ROXAR, phone: 89091897447, e-mail: Ivan.Nikitin@roxar.com