

УДК 553.98.048(470.13)

**Кобрунов А.И., Кулешов В.Е., Могутов А.С.**

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия, akobrunov@ugtu.net, vkuleshov@ugtu.net, amogutov@ugtu.net

## **ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ПОДСЧЁТА ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ ВОСТОЧНО-СОТЧЕМЬЮ-ТАЛЫЙЮСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НЕЧЁТКИХ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ**

*Представлены результаты оценки достоверности определения подсчётных параметров (коэффициентов пористости и нефтенасыщенности) и результаты подсчёта запасов Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения (Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция) на основе адаптированного авторами метода нечётких петрофизических композиций.*

**Ключевые слова:** *нечёткие петрофизические композиции, геолого-геофизическая модель, достоверность, подсчётные параметры, запасы углеводородов, Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция.*

Одной из главных задач нефтегазопромысловой геологии является подсчёт запасов углеводородов, который в настоящее время всё чаще ведётся на основе трёхмерных геолого-геофизических моделей. Основными параметрами, влияющими на точность подсчета запасов, являются пористость и нефтенасыщенность, поэтому необходимо их достоверное определение. При этом часть значений этих параметров находится путём непосредственного изучения представительных образцов керна в лабораторных условиях, а другая, большая часть, определяется с помощью промыслово-геофизических методов исследования. Если первые исследования дают вполне достоверные значения параметров, то промыслово-геофизические методы не позволяют непосредственно установить величины пористости и нефтенасыщенности, но оценивают величины геофизических параметров, которые связаны корреляционными зависимостями с коллекторскими свойствами пород и характером их насыщения. Для нахождения конкретных выражений этих зависимостей и параметров, их характеризующих, используются, в частности, приемы статистической обработки данных и, в конечном итоге, осуществляется замена реального экспериментального материала полученными законами и некоторой интегральной, т.е. общей для всей зависимости в целом, оценкой меры тесноты связи. В соответствии с принятой технологией далее найденный закон в виде уравнений связи между параметрами переносится на изучаемый объект. Этот путь зачастую является источником ошибочных заключений, которые могут привести либо к неверно выбранным условиям вскрытия и режимам эксплуатации скважины, либо к ошибкам

в точках заложения скважин и в заключениях о запасах и ресурсах углеводородного сырья регионов [Кобрунов и др., 2011].

В настоящее время при построении трёхмерных геолого-геофизических моделей широко используются программные продукты IRAP RMS (ROXAR) и Petrel (Schlumberger) [Закревский и др., 2008]. Они имеют модульные системы построения. IRAP RMS, Petrel решают практически все задачи при построении геолого-геофизических моделей. Однако модели, построенные в этих программных комплексах, базируются уже на обработанной или проинтерпретированной информации. Точность построенных геолого-геофизических моделей зависит от погрешностей:

- геофизических (каротажных) исследований;
- данных сейсморазведки 2D и 3D;
- определения структурно - геометрических параметров объекта разработки;
- определения контуров нефте- и газоносности;
- выделения коллекторов продуктивного пласта;
- определения интервалов перфорации.

Очевидно, что степень достоверности перечисленных данных зависит от количества контрольных точек, в которых получена информация о пласте.

Объем части пласта, из которой отбирается керновый материал, подвергаемый лабораторным исследованиям, находится в диапазоне от 0,00004 до 0,00016 %, а по геофизическим данным от 0,022 до 0,088 % от объема пласта. Все данные имеют различные погрешности в диапазоне от 5 до 20 %, поэтому интегральную погрешность данных, получаемых из геолого-геофизической модели, можно оценить в 20 %.

Этим обстоятельством определяется необходимость проведения исследовательских работ по уточнению коллекторских и других параметров модели объекта разработки.

В связи с этим, необходимо объективно оценивать результаты определения подсчётных параметров и, как следствие, результаты подсчёта запасов углеводородов. Поставленную задачу предлагается решить, рассматривая экспериментальные геолого-геофизические данные и связи между ними как нечеткие множества, что позволит более точно проводить определение подсчётных параметров, т.к. данные такого рода характеризуются большой мерой разброса.

Нечёткая теория началась с концепции нечеткости и его выражении в виде нечетких множеств, введенные профессором Лофти Заде в 1965 г. Началом практического применения теории нечетких множеств считают 1973 г., когда Мамдани и Ассилиан из Лондонского

колледжа Королевы Мэри построили первый нечеткий контроллер для лабораторной модели парового двигателя. Сегодня нечеткая логика рассматривается как стандартный метод моделирования и проектирования. Системы на нечетких множествах разработаны и успешно внедрены в таких областях, как медицинская диагностика, техническая диагностика, финансовый менеджмент, управление персоналом, биржевое прогнозирование, распознавание образов, разведка полезных ископаемых, управление компьютерными сетями, управление технологическими процессами, управление транспортом, логистика, поиск информации в Интернете, радиосвязь и телевидение и т.д.

Возможность успешного применения подходов, основанных на нечёткости, во многом определяется гибким математическим аппаратом, используемым при анализе и обработке данных, способным адекватно отразить не только строгую формализации зависимости и взаимосвязи, но и учесть неточные, субъективные оценки специалистов, лежащие в их основе.

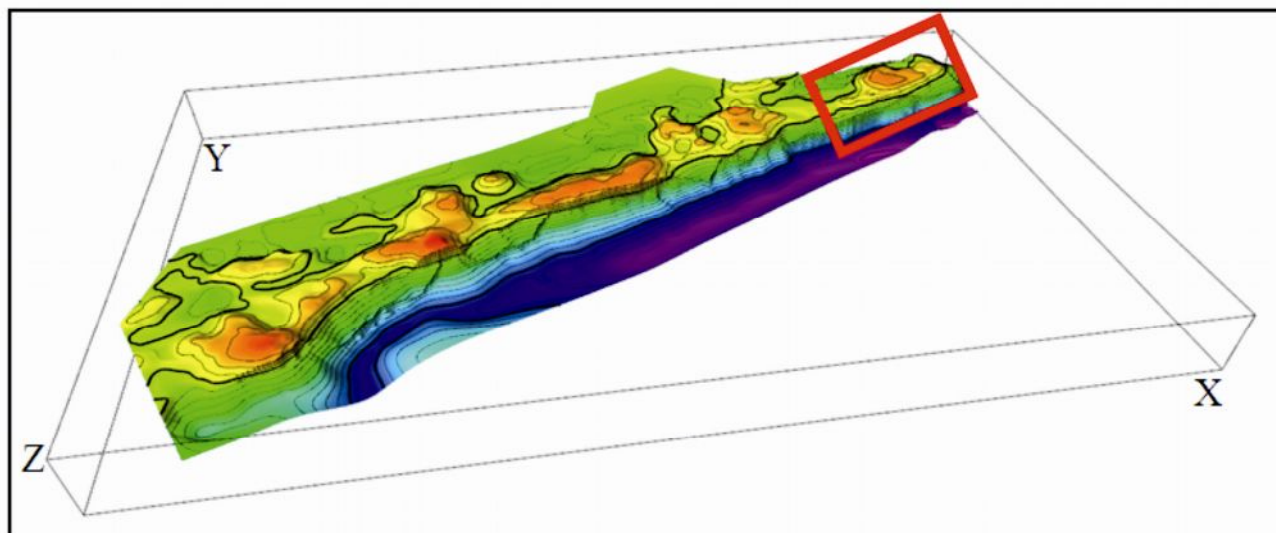
Для определения подсчётных параметров с помощью нечёткого моделирования воспользуемся методом нечётких петрофизических композиций, который основан на теоретических принципах построения композиции Мамдани и нечётких композиций в целом. Метод разработан и впервые апробирован А.И. Кобруновым, В.Е. Кулешовым и А.С. Могутовым [Кобрунов и др., 2011]. Он включает в себя следующие этапы:

1. Фаификацию, состоящую в представлении исходных данных в виде нечетких множеств и нечетких переменных;
2. Установление цепочки нечетких отношений между парами исходных данных;
3. Расчет композиций нечетких отношений для установления отношений между начальными и конечными параметрами в цепочке (на основе композиции Мамдани);
4. Продолжение найденной композиции в область задания исходных параметров для прогноза;
5. Выполнение прогноза и определения параметров, как нечетких величин;
6. Дефаификацию установленных нечетких отношений, обеспечивающую переход от нечетких к четким зависимостям с оценкой меры их истинности.

Более детально все этапы описаны в других работах [Кобрунов, Григорьевых, 2010; Кобрунов и др., 2011].

Для оценки достоверности определения подсчётных параметров (пористости и нефтенасыщенности) и результатов подсчёта запасов воспользуемся промыслово-геологическими данными по Восточно-Сотчемью-Талыйюскому месторождению (ЗАО

«Печоранефтегаз»). Изучаемое месторождение расположено в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. На месторождении залежи углеводородного сырья связаны с проницаемыми карбонатными коллекторами задонского горизонта нижнефаменского подъяруса (рис. 1).



**Рис. 1. Кровля задонского горизонта, полученная по результатам геологического моделирования**

Залежи нефти выявлены в пластах и приурочены к ловушкам, образованными над верхнефранскими рифами как линейными, так и локальными (одиночными и кольцевыми постройками). Коллекторами для данной зоны являются мелководные известняки, которые слагают отдельные (намывные) тела и карбонатные массивы. Для них характерна высокая первичная пористость, сопоставимая со структурой порового пространства терригенных пород (песчаников). За пределами рифовых массивов коллекторские свойства ухудшаются за счет резкого сокращения доли органогенно-обломочных и водорослевых известняков и возрастания прослоев тонкозернистых глинистых и доломитизированных известняков. Залежи нефти пластовые сводовые, тектонически экранированные. Для проведения исследований была взята восточная залежь месторождения, которая характеризуется простым геологическим строением.

Трёхмерная геолого-геофизическая модель залежи была построена в программном комплексе IRAP RMS согласно следующим этапам моделирования:

- подготовка исходных данных;
- структурное моделирование, позволяющее создать трёхмерный каркас;
- создание трехмерного каркаса и осреднение скважинных данных на ячейки трехмерной геологической сетки;

- литологическое моделирование, в процессе которого происходит создание трехмерного параметра литологии;
- петрофизическое моделирование, в процессе которого происходит заполнение куба литологии петрофизическими параметрами;
- оценка запасов углеводород, которая производится на основе построенных трёхмерных кубов.

Для оценки достоверности определения подсчётных параметров методом нечётких петрофизических композиций и установления цепочки данных использовались следующие данные:  $X$  – это значение пористости, полученной на основе интерпретации данных геофизических исследований скважин,  $Y$  – это данные о пористости, полученные на основе анализа керна,  $Z$  – данные о нефтенасыщенности пород, полученные на основе анализа керна. Пары значений из массивов  $X$ ,  $Y$  и  $Y$ ,  $Z$  увязаны между собой, поскольку относятся к одним и тем же образцам (рис. 2, 3).

На основе метода нечётких петрофизических композиций были определены подсчётные параметры. Результатом первого этапа (фазификации) служит функция принадлежности для нечёткого отношения между парой переменных, позволяющая оценить меру истинности любого прогнозируемого значения переменной по экспериментальным данным, на рис. 4-5 приведены эти результаты в виде поверхностей в трёхмерном пространстве. Композиция Мамдани позволяет установить функцию принадлежности для начальной и конечной нечетких переменных –  $X$ ,  $Z$  (рис. 6).

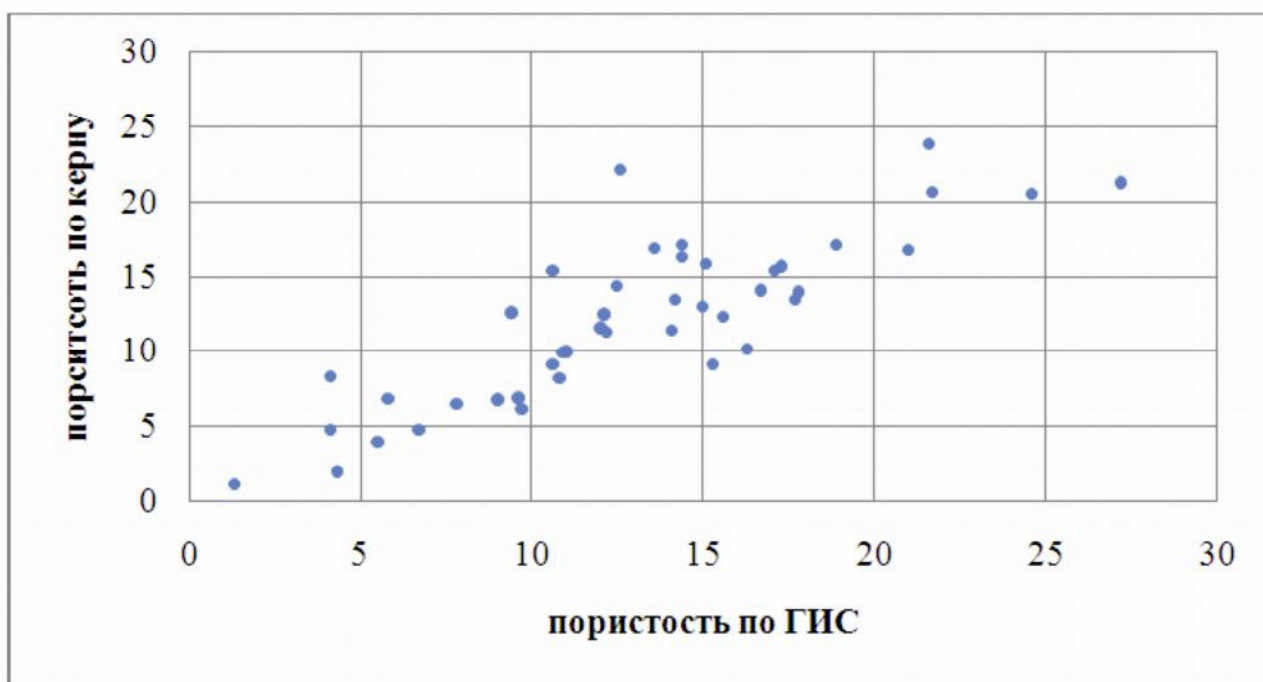


Рис. 2. Зависимость между пористостью по ГИС и пористостью по керну

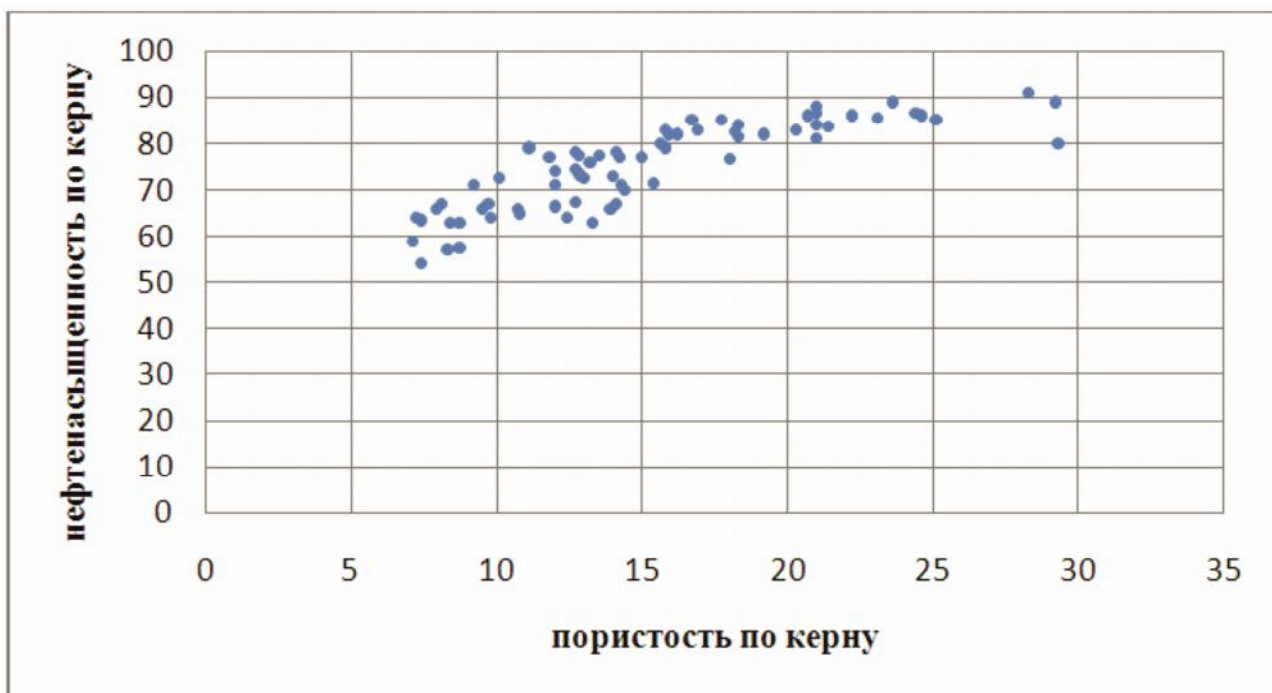


Рис. 3. Зависимость между пористостью по керну и нефтенасыщенностью по керну

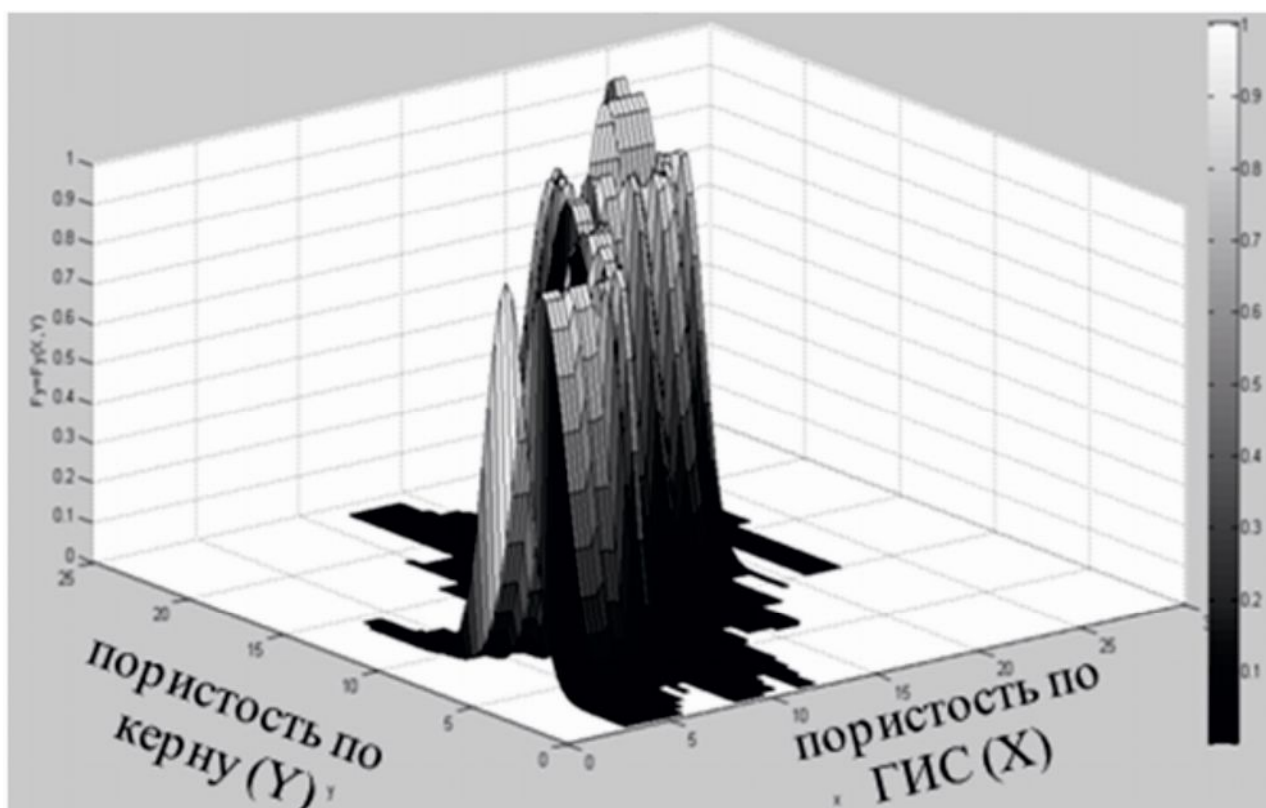


Рис. 4. Результат фазификации отношений между X и Y

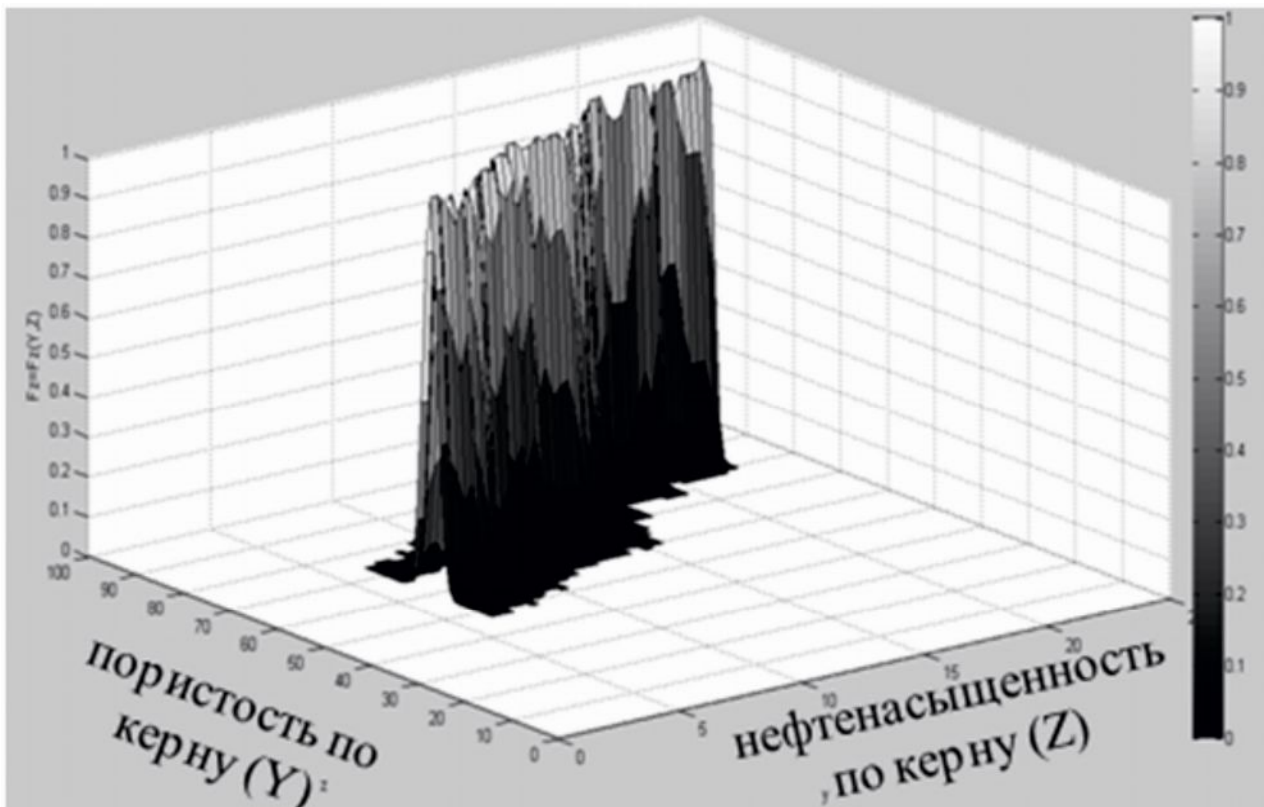


Рис. 5. Результат фазификации отношения между Y и Z

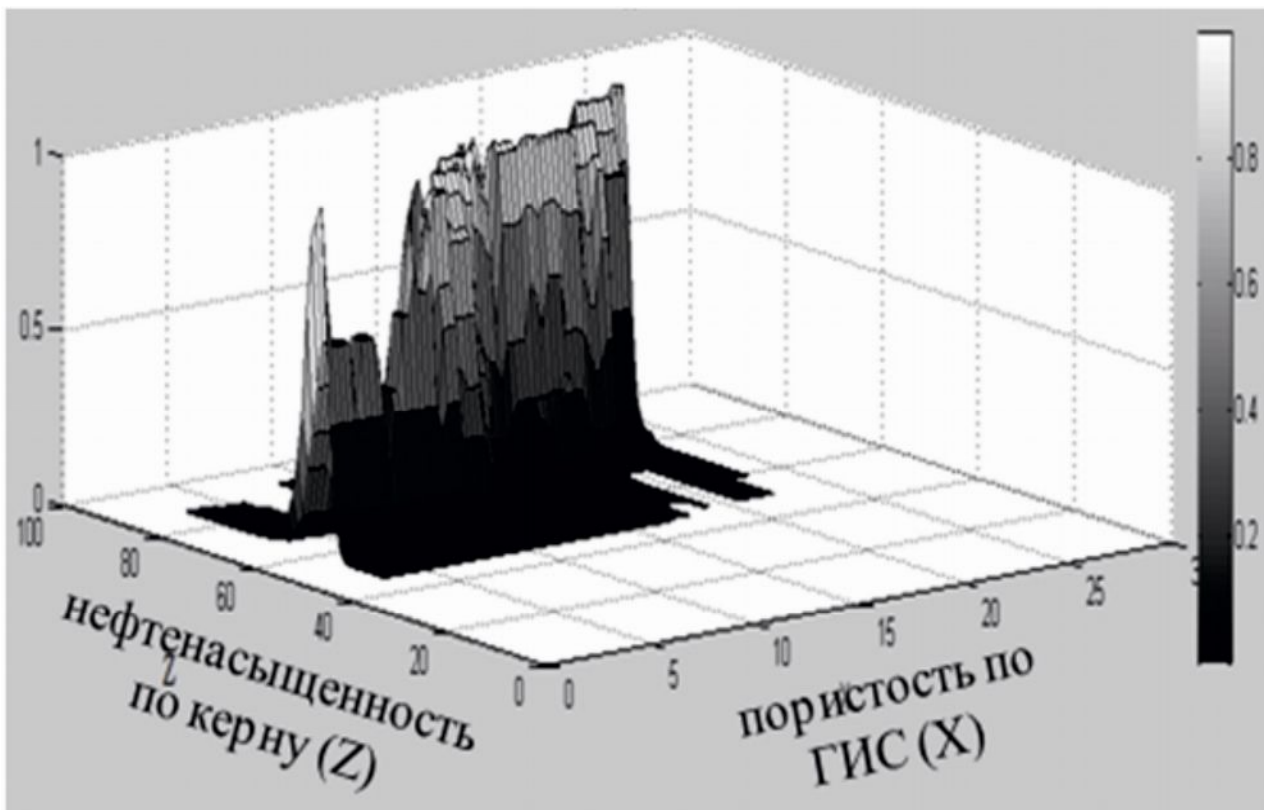


Рис. 6. Результат фазификации отношения между X и Z

По диаграммам исходных значений пористости, рассчитанных по геофизическим измерениям вдоль скважины, были найдены интервалы изменения достоверности подсчётных параметров по каждой скважине (рис. 7, 8) и построены соответствующие кубы достоверностей (рис. 9).

Для оценки достоверности подсчёта запасов углеводородов предлагается воспользоваться свойством объединения нечётких множеств (рис. 10). При этом функция принадлежности находится как  $\max = \{\mu(y), \mu(z)\}$

В результате выполнения работ была получена трёхмерная геолого-геофизическая модель распределения геологических запасов в объеме пласта, а также куб достоверности этих запасов, который отражает надёжность и объективность информации (рис. 11). Данный куб используется для дифференцированной оценки геологических запасов по достоверности, результаты которой приведены в табл. 1.

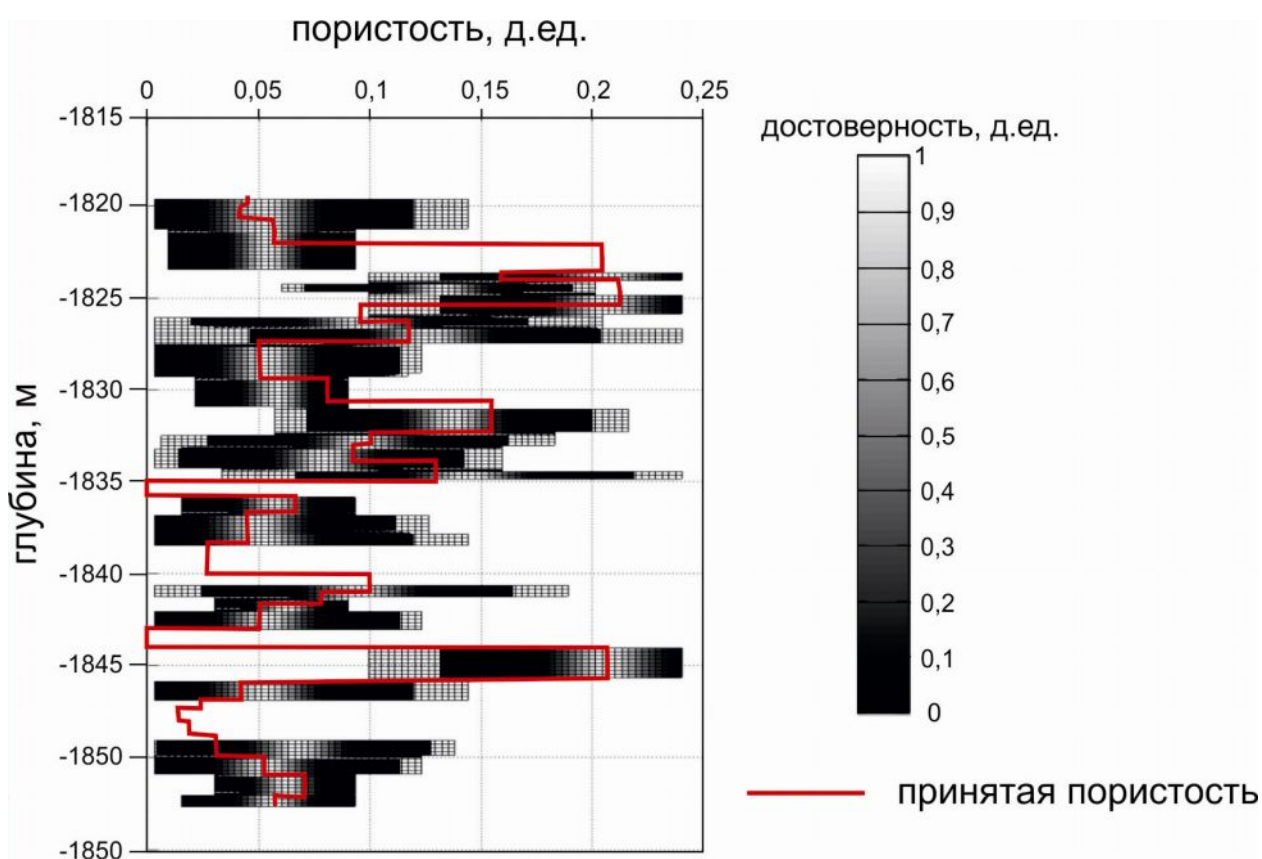
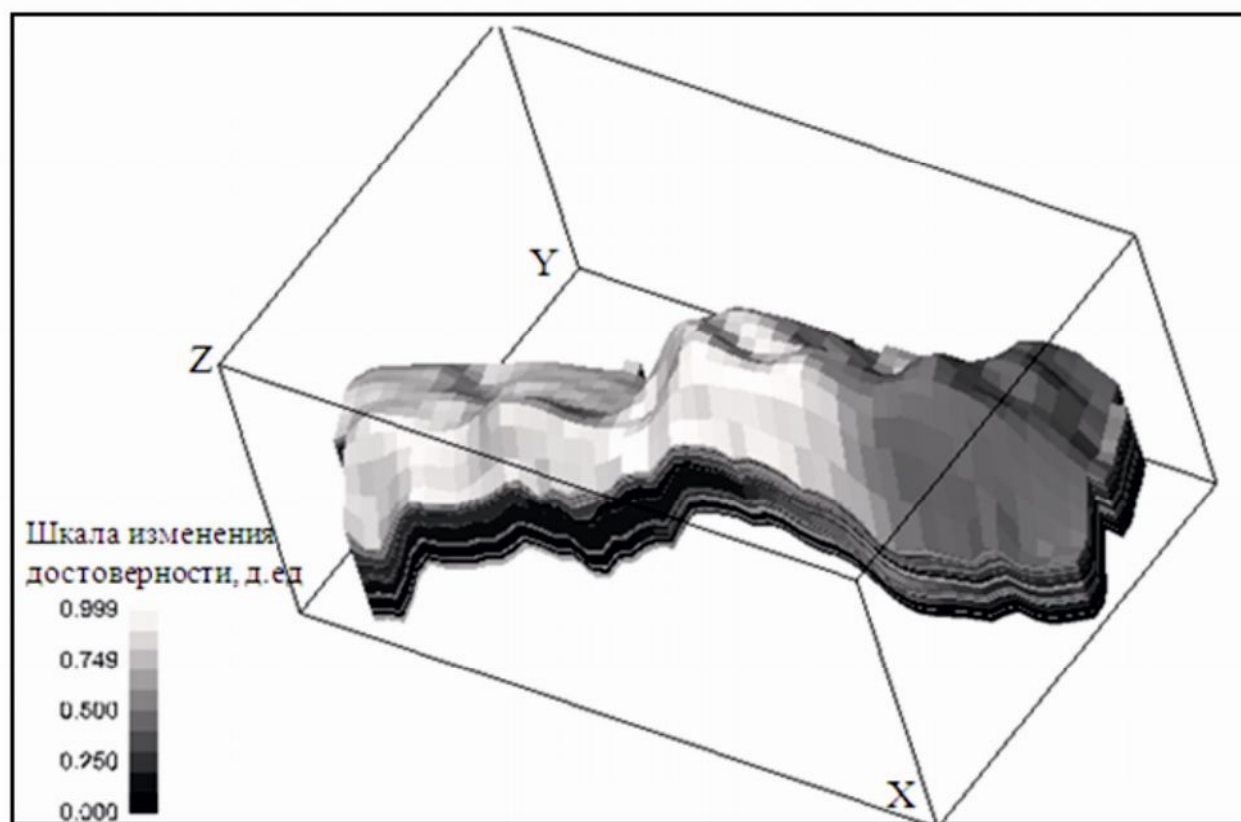
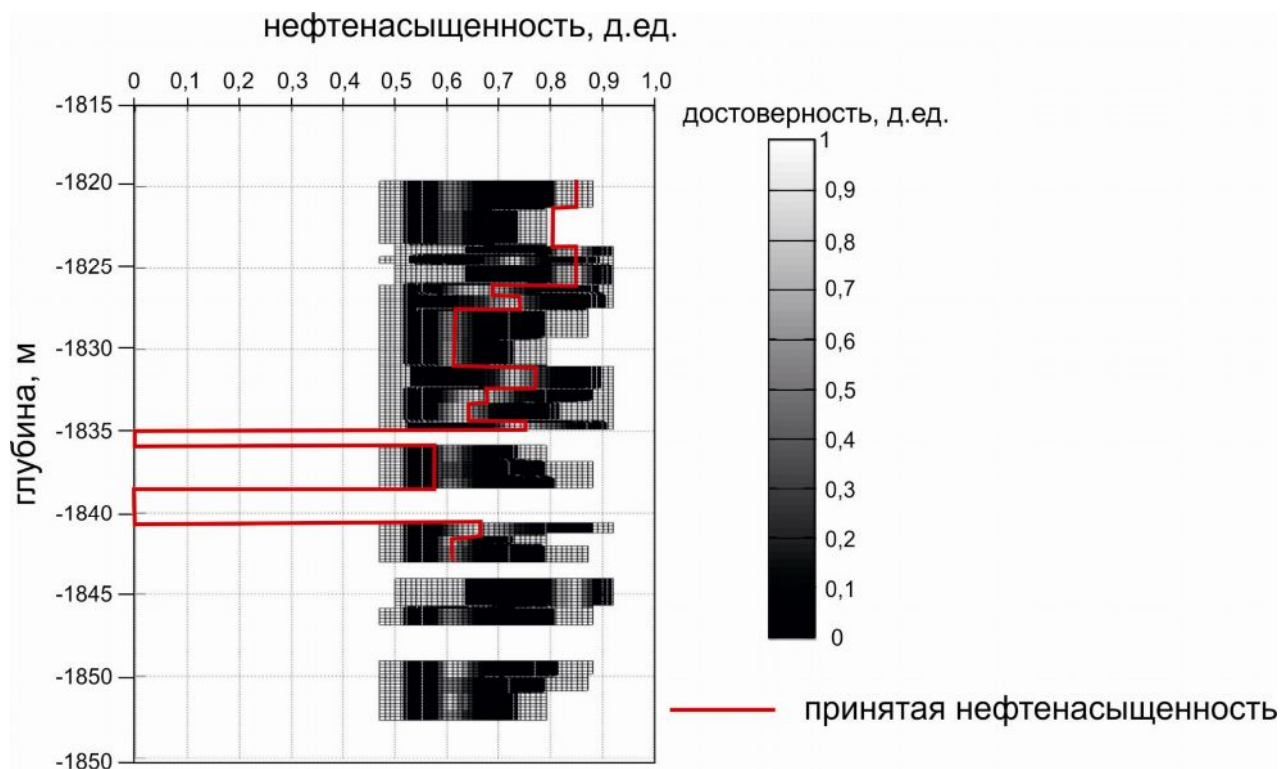


Рис. 7. Результаты расчёта достоверности для кривой пористости в скв. 3





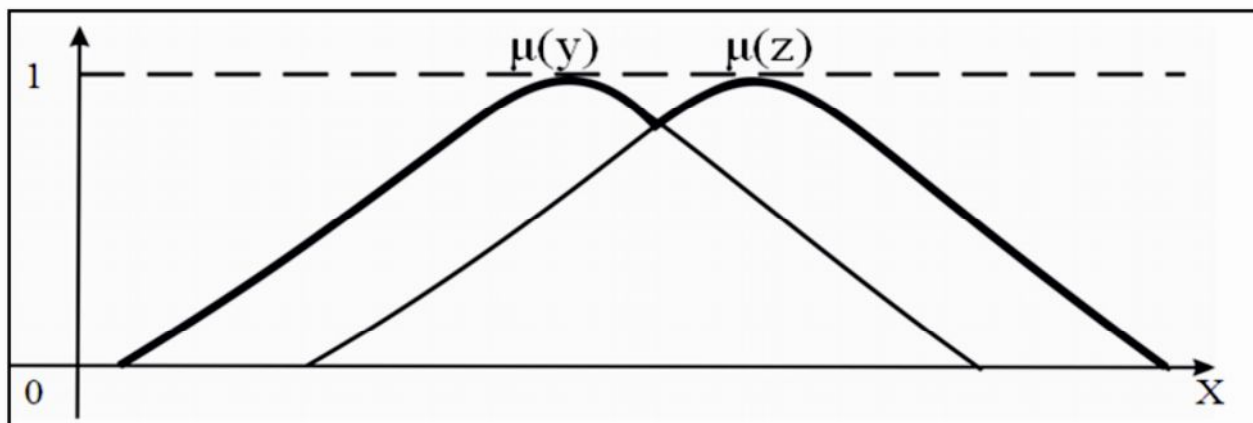


Рис. 10. Функция принадлежности геологических запасов нефти

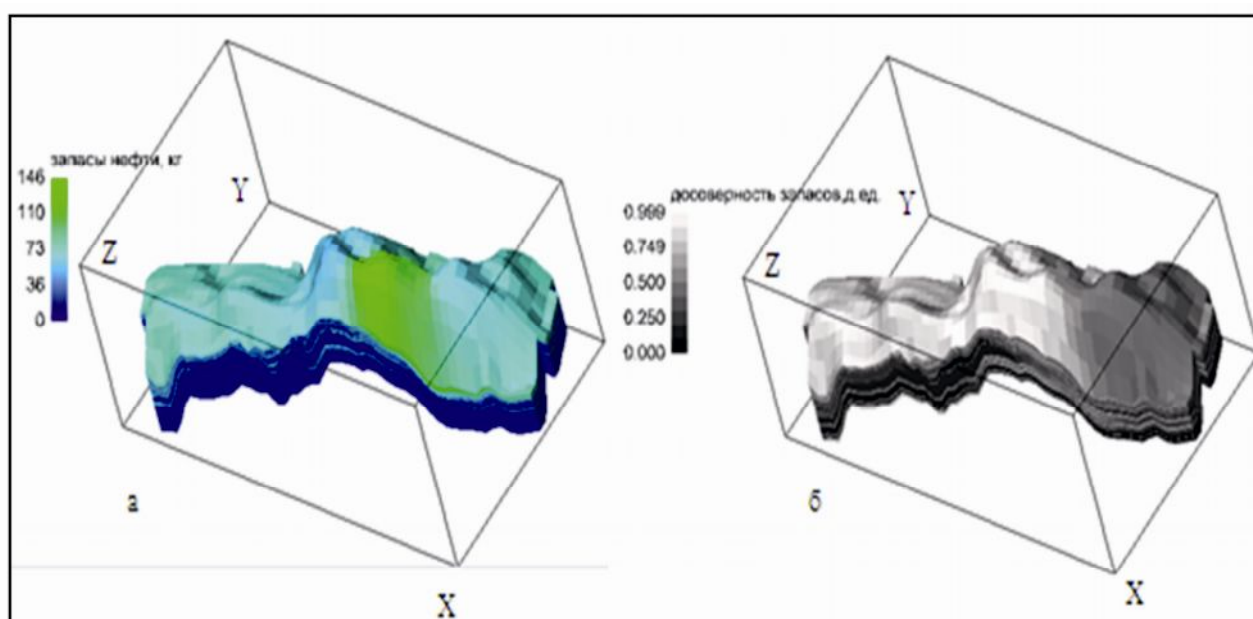


Рис. 11. Трёхмерные кубы распределения геологических запасов нефти (а) и достоверности запасов (б) Восточно-Сотчемью-Тальйюского месторождения

Таблица 1

## Дифференциальная оценка подсчёта запасов

Достоверность, д.ед.	Процент ячеек
< 0,2	22,5
0,2-0,4	21,7
0,4-0,6	17,2
0,6-0,8	19,7
> 0,8	18,9

Уточнённые геологические запасы были определены объёмным методом. В результате отклонение запасов от утверждённых в процентном соотношении составляет -21 %. Повышение достоверности обеспечено использованием всего накопленного экспериментального материала для вычисления подсчётных параметров, соответствующих принципу максимума достоверности.

Работы ведутся при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы».

### Литература

*Кобрунов А.И., Кулешов В.Е., Могутов А.С., Художилова А.Н.* Метод нечётких петрофизических композиций при прогнозировании петрофизических параметров // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН, 2011. - №9. - С. 18-23.

*Кобрунов А.И., Григорьевых А.В.* Методы нечеткого моделирования при изучении взаимосвязей между геофизическими параметрами // Геофизика, 2010. - № 2. - С. 17-23.

### **Kobrunov A.I., Kuleshov V.E., Mogutov A.S.**

Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia, [vkuleshov@ugtu.net](mailto:vkuleshov@ugtu.net), [akobrunov@ugtu.net](mailto:akobrunov@ugtu.net), [amogutov@ugtu.net](mailto:amogutov@ugtu.net)

### **ESTIMATION OF RELIABILITY OF HYDROCARBON RESERVES EVALUATION IN SOTCHEMYUSKOYE VOSTOCHNOYE - TALYYU FIELD ON THE BASIS OF FUZZY PETROPHYSICAL COMPOSITIONS METHOD**

*The results of estimation of reliability of calculated parameters' definition (porosity and oil-saturation factor) are presented together with the results of reserves calculation of the Sotchemyuskoye Vostochnoye - Talyyu field (Timan-Pechora petroleum province) on the basis of the method of fuzzy petrophysical compositions developed by the authors.*

**Keywords:** *fuzzy petrophysical compositions, geological-geophysical model, reliability, calculated parameters, hydrocarbon reserves, Timan-Pechora petroleum province.*

### References

*Kobrunov A.I., Kuleshov V.E., Mogutov A.S., Khudozhilova A.N.* *Metod nechetkikh petrofizicheskikh kompozitsiy pri prognozirovanii petrofizicheskikh parametrov* [The method of fuzzy petrophysical compositions in forecasting of petrophysical parameters]. Vestnik Instituta geologii Komi nauchno go tsentra UrO RAN, 2011, no. 9, pp. 18-23.

*Kobrunov A.I., Grigor'evykh A.V.* *Metody nechetkogo modelirovaniya pri izuchenii vzaimosvyazey mezhdru geofizicheskimi parametrami* [Fuzzy modeling methods in the study of relationships between geophysical parameters]. Geofizika, 2010, no. 2, pp. 17-23.

© Кобрунов А.И., Кулешов В.Е., Могутов А.С., 2012