

# Опыт повышения точности структурных построений целевого горизонта с учетом промежуточного отражающего горизонта

Нехорошков А.М., Новокрещин А.В.

ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия  
amnekhoshkov@tnnc.rosneft.ru, avnovokreschin@tnnc.rosneft.ru

## Аннотация

В работе рассмотрены несколько традиционных способов, применяющихся для построения структурных карт продуктивных пластов. В качестве альтернативы этим способам предложен метод двумерного прогноза средней скорости, базирующийся на различии геометрии нижнего и верхнего отражающего горизонта. При наличии на площади работ динамически выраженного и уверенно прослеживаемого верхнего отражающего горизонта предложенный способ может быть использован в качестве альтернативного инструмента для повышения точности структурных построений.

## Материалы и методы

Материалы: геолого-геофизическая, промысловая информация, результаты интерпретации сейсмических исследований.

Методы: оценка среднеквадратичной погрешности определения глубин кровли продуктивного пласта ВБ<sub>1</sub> по эмпирическим зависимостям: время — глубина, эффективная глубина (произведение времени пробега отраженной волны и эффективной скорости отраженной волны) — глубина, расчетная оптимальная

глубина (произведение времени пробега отраженной волны и средней оценочной скорости, полученной на основе двумерной регрессии) — глубина.

## Ключевые слова

скоростная модель, отражающий горизонт, регрессия, эмпирическая зависимость, среднеквадратичное отклонение, двумерный прогноз

## Для цитирования

Нехорошков А.М., Новокрещин А.В. Опыт повышения точности структурных построений целевого горизонта с учетом промежуточного отражающего горизонта // Экспозиция Нефть Газ. 2023. №8. С. 20–24. DOI:10.24412/2076-6785-2023-8-20-24

Поступила в редакцию: 17.11.2023

## Experience in improving the accuracy of structural maps of the target horizon taking into account the intermediate reflector

Nekhoroshkov A.M., Novokreshchin A.V.

“Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia  
amnekhoshkov@tnnc.rosneft.ru, avnovokreschin@tnnc.rosneft.ru

## Abstract

The paper considers some conventional methods used for building structural maps of net reservoirs. Two-dimensional forecast of the average velocity that is based on the difference in geometry of lower and upper reflectors is proposed as an alternative. In case of the dynamically expressed and confidently traced upper reflector, the proposed method can be used as an alternative tool in order to improve the accuracy of structural maps.

## Materials and methods

Materials: geological and geophysical, field information, results interpretation of seismic data.

Methods: estimation of the standard error determining the depths of the top of the VB<sub>1</sub> productive reservoir based on empirical dependencies: two-way time – depth, effective depth (the product of the two-way time of the reflected wave and the effective velocity of the reflected wave) –

depth, estimated optimal depth (the product of the two-way time of the reflected wave and the average estimated velocity obtained on the basis of two-dimensional regression) – depth.

## Keywords

velocity model, reflector, regression, empirical dependence, standard deviation, two-dimensional forecast

## For citation

Nekhoroshkov A.M., Novokreshchin A.V. Experience in improving the accuracy of structural maps of the target horizon taking into account the intermediate reflector. Exposition Oil Gas, 2023, issue 8. P. 20–24. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2023-8-20-24

Received: 11.12.2023

## Введение

Любое предприятие, занимающееся разработкой месторождения, в первую очередь интересует структурный план объекта, содержащего основные запасы углеводородов, и год от года требования к достоверности таких структурных планов возрастают, поскольку точность оценки запасов месторождения углеводородов более чем на 50 % определяется именно точностью построенной структурной модели этого месторождения [6]. Поэтому перед сервисными предприятиями все чаще ставится задача уменьшения рисков по структуре при постановке разведочного и эксплуатационного бурения скважин.

Уменьшение рисков, связанных с достоверностью определения глубин до целевого объекта, предполагает получение такого структурного плана исследуемой поверхности, ошибки которого при проведении разведочного и эксплуатационного бурения были бы сведены к минимуму. Для того чтобы успешно решать такие задачи, нужно с определенной степенью точности и детальности воспроизвести реальную скоростную модель либо с помощью каких-либо методических приемов уточнить имеющуюся на данный момент.

## Традиционные методики построения структурных карт

Прежде чем изложить альтернативную авторскую методику картопостроения, рассмотрим в качестве примера несколько традиционных подходов к построению структурной карты по ОГ  $C_2$ , отождествляемой с поверхностью кровли продуктивного пласта  $B_{B1}$  внутри нижнеберезовской подсыты, на одном из месторождений Западной Сибири.

Поскольку на исследуемой площади в верхней части разреза (ВЧР) отсутствуют существенные аномалии скоростей, предполагается, что скоростная модель среды должна быть простой, и средняя скорость по горизонту  $C_2$  в идеале должна быть максимально близка к постоянной величине [3, 4]. Однако, как можно увидеть на представленном графике зависимости глубины продуктивного пласта  $B_{B1}$  от времени прослеживания отражающего горизонта  $C_2$ , определенного

в точках скважин, по карте двойного времени пробега отраженной волны  $H = f(t_0)$ , где  $H$  — глубины в абсолютных отметках,  $t_0$  — время на пробега отраженной волны (рис. 1), это далеко не так. Отклонения от линии регрессии колеблются в диапазоне от -24,8 до +26,6 м, при этом среднеквадратичная ошибка, рассчитанная в рамках такой модели, согласно методическим рекомендациям [1, 2], составляет 8,6 м.

Существующий разброс точек относительно линии регрессии, отраженный на графике  $H = f(t_0)$  (рис.1), указывает на то, что на площади работ наблюдаются существенные изменения средних скоростей по латерали. Попытка учесть эти изменения с привлечением эффективных скоростей после миграции позволила немного сократить дисперсию и соответственно повысить коррелируемость расчетных

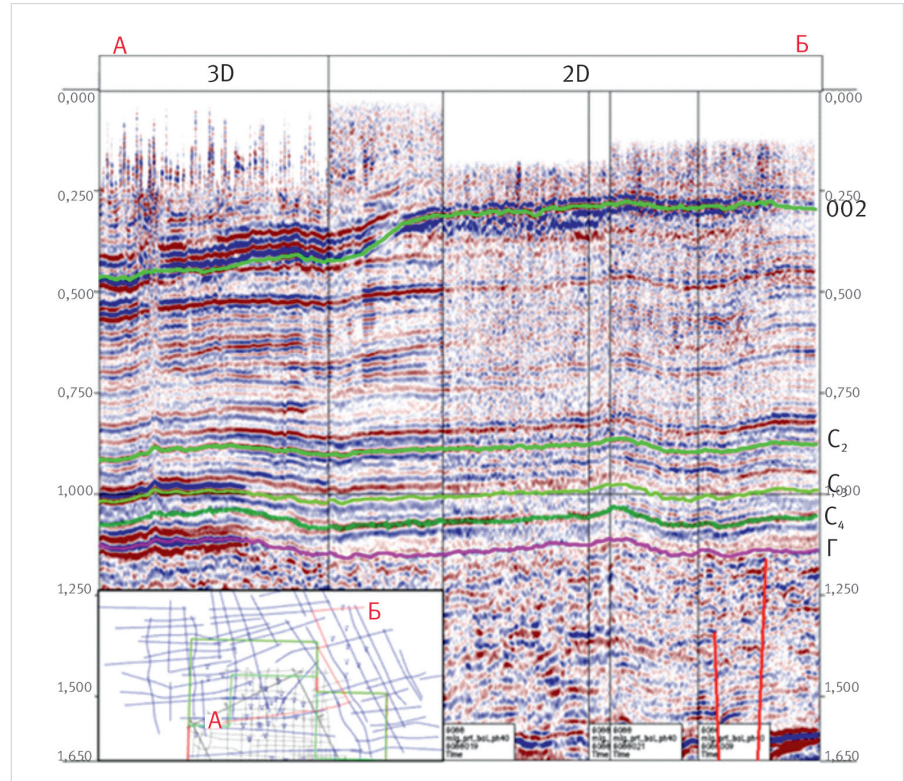


Рис. 3. Композиционный временной разрез. На врезке показана схема композиционного временного разреза, по вертикальной оси показаны времена пробега в миллисекундах. Левая часть разреза построена по данным 3D сейсморазведки, правая по данным 2D сейсморазведки

Fig. 3. Compositional time section. The inset shows a composite time section, the vertical axis shows travel time in milliseconds. The left part of the section is based on 3D seismic, the right part is on 2D seismic

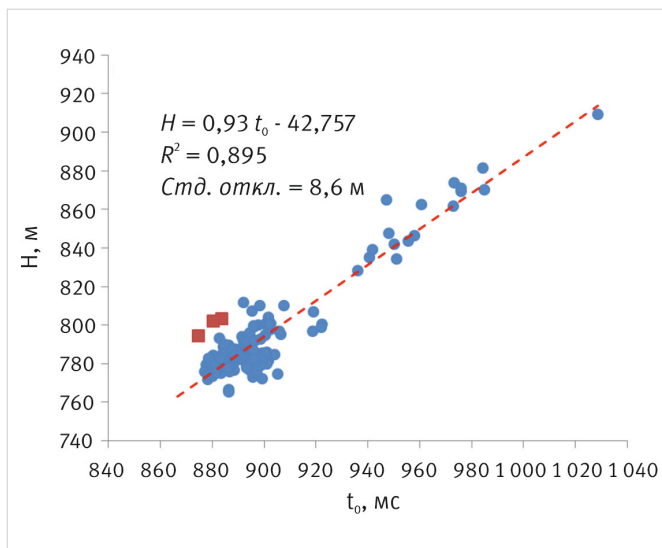


Рис. 1. График эмпирической зависимости  $H = f(t_0)$  для ОГ  $C_2$   
Fig. 1. Empirical function of  $H = f(t_0)$  for Reflector  $C_2$

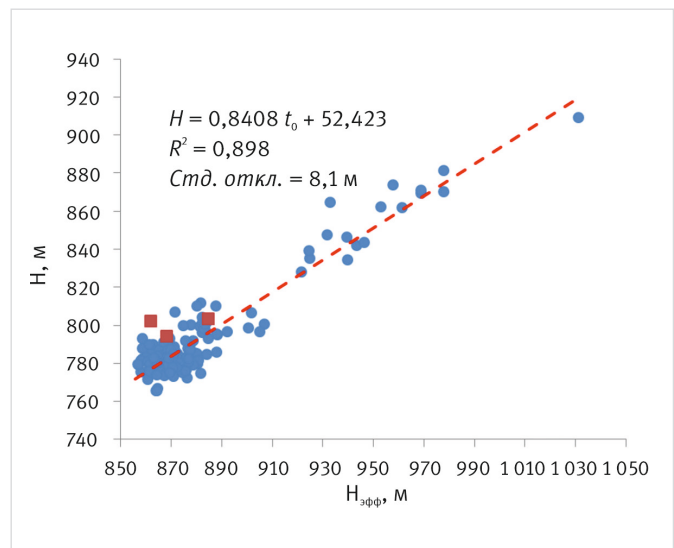


Рис. 2. График эмпирической зависимости  $H = f(t_0, V_{\text{мigr.корр.}})$  для ОГ  $C_2$ , где  $V_{\text{мigr.корр.}}$  — скорости суммирования после миграции, исправленные за влияние рельефа  
Fig. 2. Empirical function of  $H = f(t_0, V_{\text{migr.cor.}})$  for Reflector  $C_2$ , where  $V_{\text{migr.cor.}}$  — relief-corrected stacking velocity after migration

и реальных глубин в точках разведочных и эксплуатационных скважин (рис. 2). Диапазон отклонений от линии регрессии после этого практически не изменился (от -19,3 до +28 м), а среднеквадратическая ошибка снизилась всего лишь на 6 % и составила 8,1 м.

Таким образом, применение эффективных скоростей после миграции в силу их невысокой достоверности из-за имеющейся кратности наблюдений на уровне прослеживания ОГ  $C_2$  существенно ограничивает возможности повышения точности структурных построений и тем самым не позволяет нам существенно сокращать геологические риски.

#### Построение структурных карт через двумерный прогноз средней скорости

Для того, чтобы снизить ошибку структурных построений, на данной площади работ

была опробована методика оценки средней скорости до горизонта  $C_2$  по двумерной регрессии.

На данной территории работ существенно выше ОГ  $C_2$  в интервале от 250 до 600 мс был прослежен довольно динамически выраженный ОГ, условно названный 002. Характерной чертой этого отражающего горизонта является его неконформность ОГ  $C_2$  и существенное отличие от него по геометрии (рис. 3, 4). Особо выделяется область на северо-востоке площади (на рисунке 4 обведена пунктирной темно-красной линией), где поведение горизонтов 002 и  $C_2$  существенно различается. Как будет показано далее, изменения глубины горизонта 002 существенно влияют на среднюю скорость до горизонта  $C_2$ , особенно в этой части площади.

Ниже на примере классической двухслойной модели показано, каким образом,

дополнительно прослеженный верхний отражающий горизонт влияет на уточнение скоростной модели рассматриваемого интервала разреза. Для понимания, как изменяется средняя скорость вдоль ОГ  $C_2$  и с чем могут быть связаны ее изменения, рассмотрим двухслойную модель среды, в которой скорость верхнего слоя более низкая, чем у нижнего (рис. 5).

В представленной модели при увеличении мощности высокоскоростного слоя (2) средняя скорость до ОГ  $C_2$  будет увеличиваться, а при его сокращении уменьшаться. Именно этот принцип и был использован в прогнозе средней скорости для ОГ  $C_2$  на основе двумерной регрессии. По результатам анализа данных, определенных в точках скважин, были получены коэффициенты двумерной регрессии для прогноза средней скорости до горизонта  $C_2$  по временам слежения горизонтов 002 и  $C_2$ :

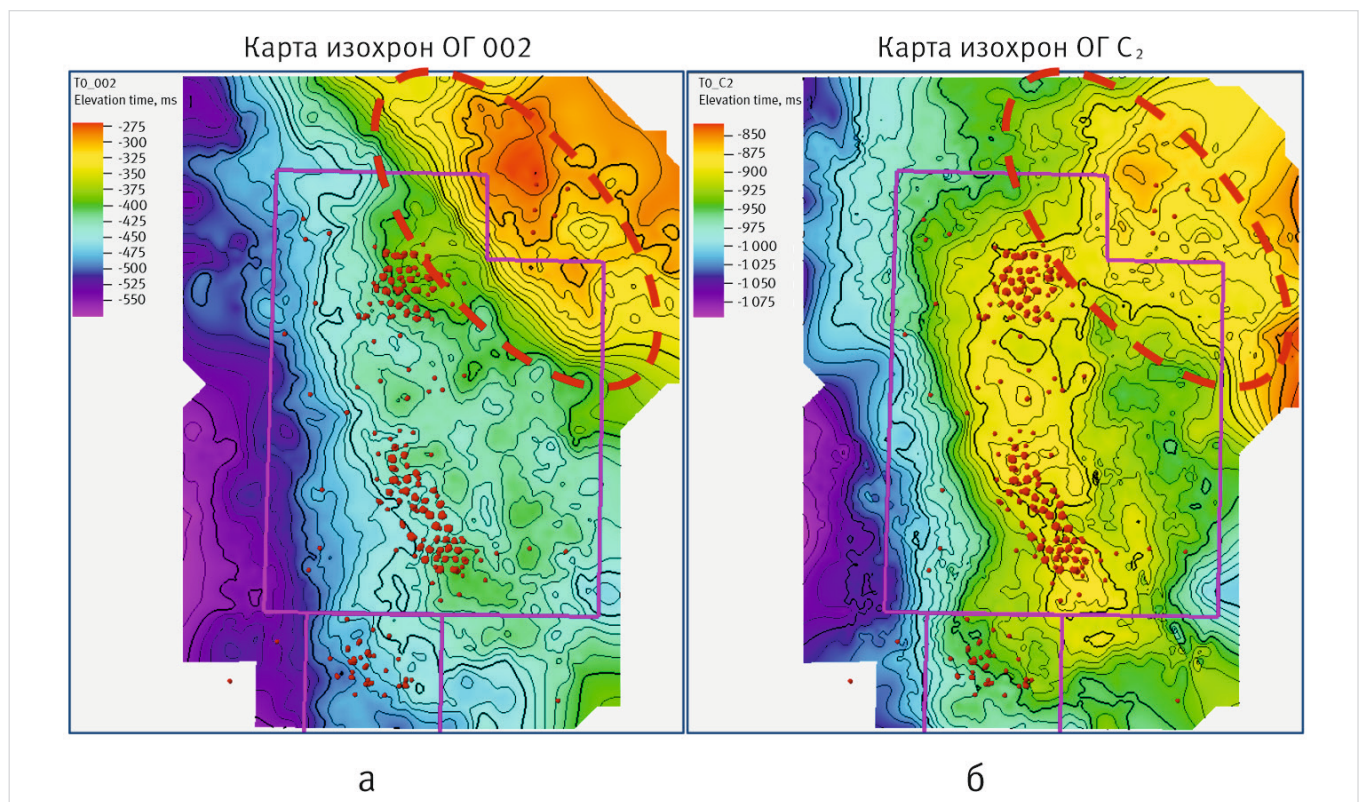


Рис. 4. Карты изохрон отражающих горизонтов: а – 002; б –  $C_2$ . Красной пунктирной линией показана область, где поведение горизонтов 002 и  $C_2$  существенно различается, розовой линией показаны границы лицензионных участков  
Fig. 4. Isochron maps of reflectors: a – 002; б –  $C_2$ . Red dotted line shows the area, where the behavior of horizons 002 and  $C_2$  differs significantly, the pink line shows the boundaries of the licensed areas

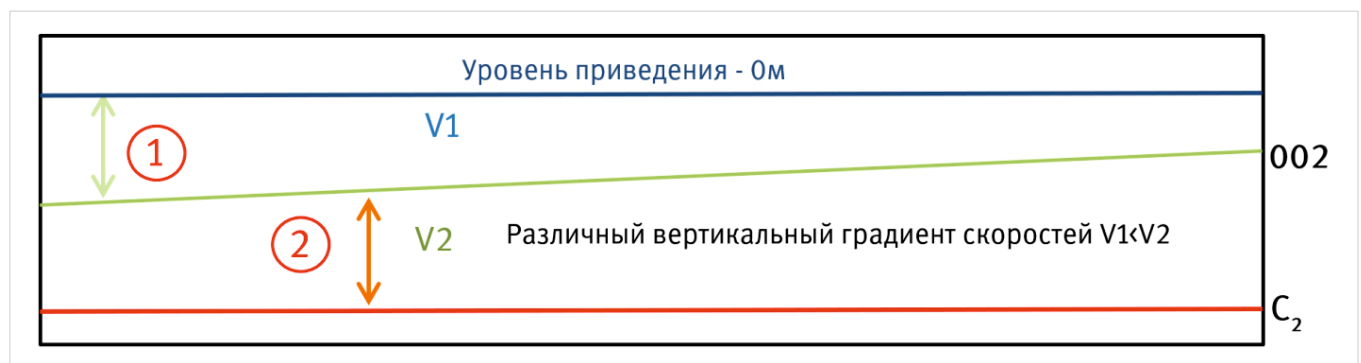


Рис. 5. Принципиальная схема двухслойной модели средних скоростей ( $V_1$  и  $V_2$ ) на площади работ, где 1 – слой между ОГ 002 и уровнем приведения, 2 – слой между ОГ 002 и  $C_2$   
Fig. 5. Scheme of a two-layer model of average velocities ( $V_1$  and  $V_2$ ) within the area of interest. 1 is the layer between reflector 002 and the datum, 2 is the layer between reflector 002 and  $C_2$

$$V_{cp.o.} = 1463,5 - 0,558 t_0^{002} + 0,599 t_0^C,$$

Где  $V_{cp.o.}$  — оценка средней скорости до ОГ  $C_2$ , полученная на основе двумерной регрессии,  $t_0^{002}$  — времена двойного пробега отраженной волны 002,  $t_0^C$  — времена двойного пробега отраженной волны  $C_2$ .

На рисунке 6 приведено сопоставление эффективных скоростей миграции после коррекции за рельеф [5] и прогнозной средней

скорости, полученной в результате двумерной регрессии.

Модели скоростей, представленные на рисунке 6, в первом (а) и втором (б) случае существенно отличаются. На карте прогнозной скорости, полученной в результате двумерной регрессии ( $V_{cp.o.}$ ), в северо-восточной части площади (выделена темно-красной пунктирной линией на картах) локализуется область с высокими скоростями, а область с самыми низкими значениями

располагается в центральной части и имеет четко выраженное северо-западное простирание. На карте эффективных скоростей миграции после коррекции за рельеф ( $V_{мигр.корр.}$ ) такой локализации не наблюдается, к тому же область с наиболее высокими значениями скорости расположилась в противоположной, юго-западной части площади. Данные, попадающие в северо-восточную часть площади (выделена темно-красной пунктирной линией на картах), на графиках (рис. 7)

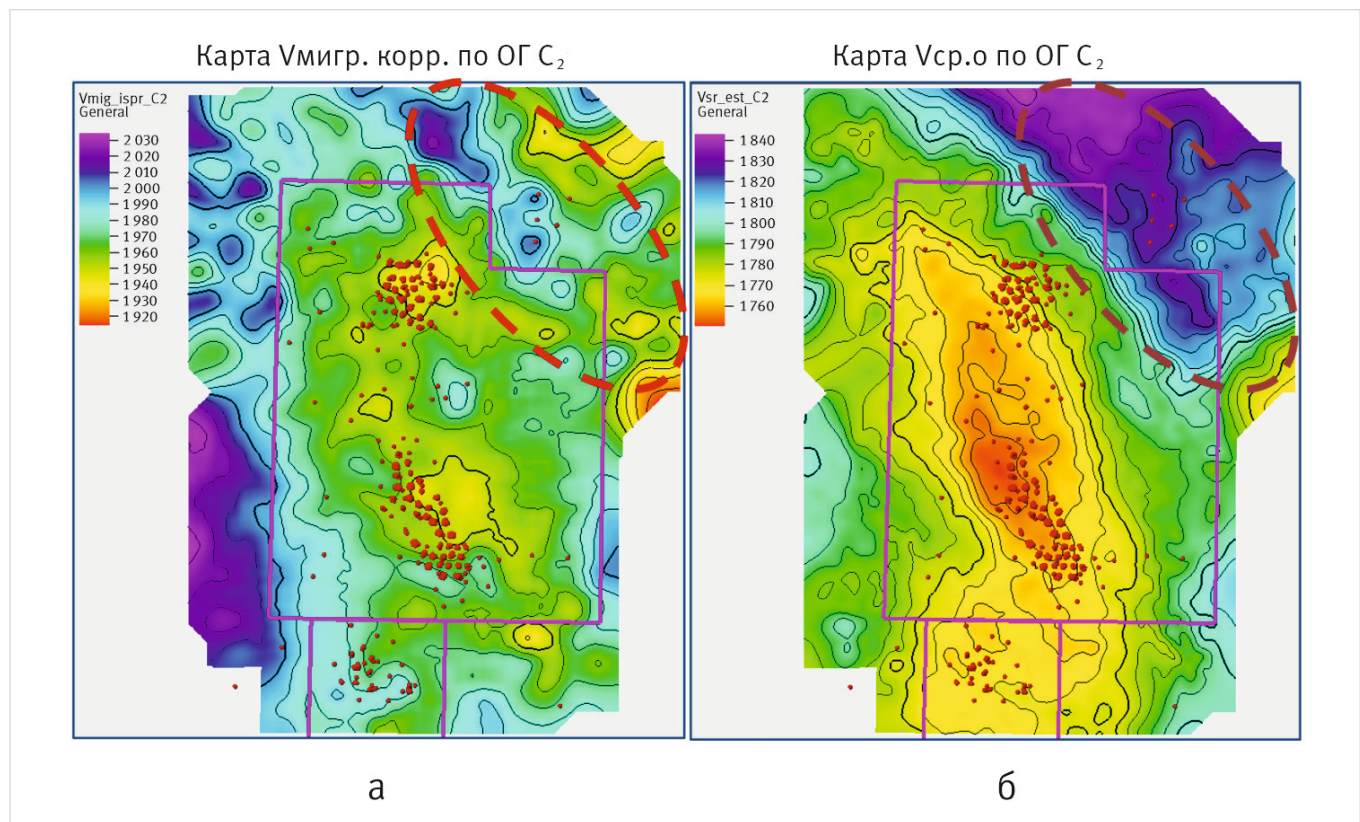


Рис. 6. Сопоставление карт: а — скорректированных скоростей миграции и б — прогнозной средней скорости, полученной в результате двумерной регрессии

Fig. 6. Comparison of maps: a — migration corrected velocity and б — average velocity predicted as a result of two-dimensional regression

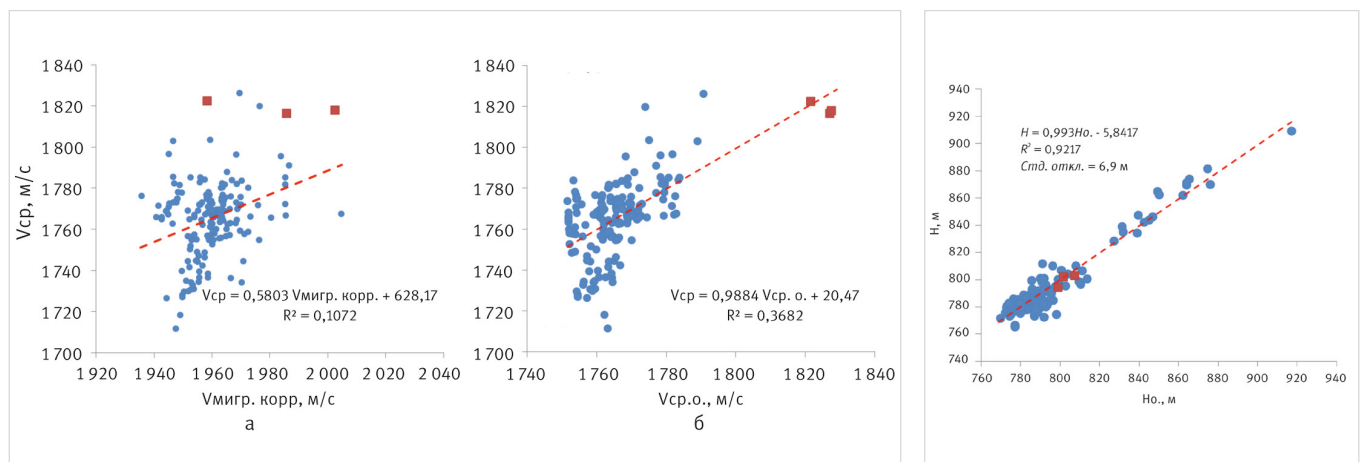


Рис. 7. Сопоставление графиков эмпирических зависимостей: а — средней скорости от скорости миграции, б — средней скорости от оценки средней скорости по двуслойной модели

Fig. 7. Comparison of Empirical Functions: a — average velocity from the migration corrected velocity, б — average velocity from the estimate of the average velocity on a two-layer model

Рис. 8. График эмпирической зависимости  $H = f(t_0, V_{cp.o.})$  для ОГ  $C_2$ , где  $H_0$  — расчетная оптимальная глубина ОГ  $C_2$ ,  $H$  — глубина кровли пласта ВВ<sub>1</sub> в абсолютных отметках

Fig. 8. Empirical function of  $H = f(t_0, V_{sr.o.})$  for Reflector  $C_2$ , where  $H_0$  — calculated optimal depth of reflector  $C_2$ ,  $H$  — depth of formation ВВ<sub>1</sub> top in TVDSS

представлены в виде красных квадратов. Как можно заметить, в этой части площади проявляется аномалия высоких средних скоростей, которая по данным скоростей миграции не прогнозируется, а по результатам оценки средних скоростей с использованием структурных факторов вышележащей относительно ОГ C<sub>2</sub> толщи ее можно хорошо описать.

Теснота корреляционной связи между средней скоростью, рассчитанной в точках скважин, и оценочной средней скоростью, полученной в результате двумерной регрессии, оказалась в несколько раз выше, чем у аналогичной зависимости между средней скоростью и эффективной скоростью после миграции, исправленной за влияние рельефа (рис. 7). С одной стороны, это говорит о невысокой надежности скоростей миграции в данном интервале разреза, а с другой о более высокой достоверности аппроксимации скоростной модели среды при использовании двумерного прогноза средней скорости.

Таким образом, использование верхнего ОГ 002 для двумерного прогноза средней скорости при расчете глубин по ОГ C<sub>2</sub>, отождествляемого с кровлей пласта ВБ<sub>1</sub>, существенно сократило значение среднеквадратичного отклонения (до 6,9 м) и увеличило точность структурных построений в данном интервале разреза на 20 %. Выросла и теснота связи между реальной глубиной ОГ C<sub>2</sub> и прогнозной в точках скважин (рис. 8). При этом точки данных северо-восточной части площади (выделены в виде красных квадратов на графиках), которые неудовлетворительно описывались ранее рассмотренными моделями регрессии и прогноза средней скорости по данным

скоростей миграции, хорошо описываются двуслойной моделью.

Задача по уменьшению рисков в части прогноза структуры ловушки при постановке разведочного и эксплуатационного бурения скважин путем повышения точности построений с имеющимися сейсмическими и геологическими данными на данной площади была успешно решена.

#### Итого

Использование двухслойной модели скоростей и последующий прогноз средней скорости с помощью двумерной регрессии позволил снизить среднеквадратичную ошибку определения глубин кровли продуктивного пласта ВБ<sub>1</sub> и тем самым снизить риски при последующем разведочном и эксплуатационном бурении на данном месторождении.

#### Выводы

При решении подобных кинематических задач необходимо учитывать, что сейсмический метод исследования так же, как и все остальные геофизические методы, имеет свои ограничения. В сейсморазведке ограничения, как правило, напрямую определяются качеством и кратностью сейсмических данных. При высоком качестве и кратности сейсмических данных использование эффективных скоростей (миграции) несомненно может дать хороший положительный эффект, но для достижения максимально возможного эффекта необходим всесторонний анализ всей имеющейся в нашем распоряжении информации. Мы надеемся, что пример, приведенный в данной статье, расширит представление

многих интерпретаторов сейсмических данных о способах прогноза средней скорости и даст новый толчок для поиска альтернативных вариантов ее прогноза, что в итоге должно будет способствовать повышению точности структурных построений и снижению геологических рисков при бурении скважин.

#### Литература

1. Инструкция по оценке качества структурных построений и надежности выявленных и подготовленных объектов по данным сейсморазведки МОВ-ОГТ. М.: Нефтегеофизика, 1984. 40 с.
2. Левянт В.Б., Ампилов Ю.П., Глоговский В.М. и др., Методические рекомендации по использованию данных сейсморазведки (2D, 3D) для подсчета запасов нефти и газа. М.: 2006. С. 17–23.
3. Вейл П.Р., Грегори А.П., Митчем Р.М.мл., Шерифф Р. Сейсмическая стратиграфия. М.: Мир, 1982. 375 с.
4. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. Обработка и интерпретация данных. М.: Мир, 1987. 400 с.
5. Черняк В.С. Искажающий эффект поправок за рельеф в сейсморазведке // Технологии сейсморазведки. 2005. № 3. С. 45–48
6. Thore P. et al. Structural uncertainties: Determination, management, and applications. Geophysics, 2002, Vol. 67, issue 5, P. 840–852. (In Eng).

## ENGLISH

### Results

The two-layer velocity model and subsequent prediction of the average velocity from two-dimensional regression made it possible to reduce the standard error in determining the depth of net reservoir VB1 top and thereby reduce the risks of subsequent exploration and production drilling at this field.

### Conclusions

When solving such kinematic issues, it shall be taken into account that seismic survey method, as well as all other geophysical methods, has constraints. In seismic, constraints are usually directly determined by

its quality and fold. With high quality and fold of seismic data, the use of effective velocities (migration) can undoubtedly have a good positive effect, but the maximum possible effect requires a comprehensive analysis of all available information.

We hope that the example given in this article will expand the understanding of many interpreters of seismic data about the methods of predicting the average velocity, and will give a new impetus to the search for alternative versions of its forecast, which in the end should contribute to improving the accuracy of structural maps and reducing geological risks when drilling wells.

### References

1. Guidelines for assessing the quality of structural maps and reliability of the targets identified on CDP seismic reflection method. Moscow: Neftengeofizika, 1984, 40 p. (In Russ).
2. Levyant V.B., Ampilov Yu.P., Glogovsky V.M. et al. Methodological recommendations on the use of seismic data (2D, 3D) for estimating oil and gas reserves, Moscow: 2006, P. 17–23 (In Russ).
3. Wail P.R., Gregory A.P., Mitchem P.M. (jr), Sheriff R.E. Seismic stratigraphy. Moscow: Mir, 1982, 375 p. (In Russ).
4. Sheriff R.E., Geldart L.P. Exploration seismology. Data processing and interpretation. Moscow: Mir, 1982, 400 p. (In Russ).
5. Chernyak V.S. The distorting effect of terrain corrections in seismic exploration. Seismic technologies, 2005, issue 3, P. 45–48. (In Russ).
6. Thore P. et al. Structural uncertainties: Determination, management, and applications. Geophysics, 2002, Vol. 67, issue 5, P. 840–852. (In Eng).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Нехорошков Андрей Михайлович**, ст. менеджер УГРП Уват, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия  
Для контактов: amnekhoshkov@tnc.rosneft.ru

**Nekhoroshkov Andrey Mikhailovich**, senior manager MGEW Uvat, "Tyumen petroleum research center" LLC, Tyumen, Russia  
Corresponding author: amnekhoshkov@tnc.rosneft.ru

**Новокрещин Алексей Васильевич**, к.т.н., ст. эксперт УОСД, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

**Novokreshin Aleksey Vasiljevich**, ph.d. of engineering sciences, senior expert SDPM, "Tyumen petroleum research center" LLC, Tyumen, Russia