

## ОБОЛОНСКАЯ АСТРОБЛЕМА: ПРИМЕНЕНИЕ 3D ГЕОМОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНВЕРСИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСА НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

Оболонская астроблема считается одним из наиболее перспективных объектов поисков нефти и газа нетрадиционного типа в Украине. Сложное и недостаточно изученное строение астроблем обуславливает необходимость привлечения дополнительной геофизической и геохимической информации к стандартно используемому комплексу сейсмических и скважинных данных. С целью обоискования Оболонской астроблемы был применен метод совместной геофизической инверсии с привлечением данных сейсмо- и гравиразведки, скважинных данных и дополнительной геологической информации, который дал возможность закартировать коллектора, в т.ч. и потенциально углеводородонасыщенные в пределах кратера, краевого вала и коптогенного комплекса Оболонской астроблемы. В докладе освещены основные этапы построения модели и геологические результаты исследований.

**Ключевые слова:** астроблема; импактная структура; 3D интегральная модель; геофизическая инверсия.

### *Вступление*

Практически полное исчерпание традиционных ловушек нефти и газа в основных нефтегазоносных районах Украины – Днепровско-Донецкой впадине и Карпатском регионе – обуславливают переход к поискам нетрадиционных источников углеводородов, в числе которых как газ сланцевых пород, газ центральнобассейнового типа и газ угольных пластов, так и залежи углеводородов, связанные с импактными структурами. Перспективность астроблем в нефтегазовом отношении на сегодняшний день является доказанным фактом. В частности, Донофрио [Richard R. Donofrio, 1998] говорит о 50 % успешности опоискования импактных структур, расположенных в пределах нефтегазоносных регионов Северной Америки. Продуктивность астроблем доказана и в других частях мира. Среди семи доказанных астроблем Украины наибольший интерес с точки зрения нефтегазоносности представляет Оболонская астроблема, расположенная в южной прибортовой зоне Днепровско-Донецкой впадины.

Оболонская астроблема является сложной импактной структурой. Время образования структуры – средняя юра. Впервые структура была обнаружена в 1947 году электро-разведочными работами как контрастная отрицательная локальная форма, позже в 1951 году подтверждена наличием локальной гравитационной аномалии. После проведения региональных сейсморазведочных работ в 1965-66 гг. в пределах закартированной впадины были пробурены две скважины с целью поисков горючих сланцев, промышленные залежи которых известны на Болтышской астроблеме в Украине. Наличие зювитов и импактных алмазов в керне подтвердило импактную природу структуры. Результаты бурения засвидетельствовали отсутствие горючих сланцев, в то же время не решив вопрос нефтегазоносности структуры. В 2011 году Национальной Акционерной Компанией «НАК Нефтегаз Украины» были инициированы поисковые геологоразведочные работы с целью выявления залежей нефти и газа в пределах

Оболонской астроблемы. В докладе проиллюстрированы методы, примененные для поисков и разведки нетрадиционных коллекторов импактной природы в пределах Оболонской структуры и геологические результаты исследований.

### *Метод исследований и реализация*

В отличие от большинства выявленных астроблем с доказанной нефтегазоносностью, опоискование Оболонской структуры производилось как структуры доказанной импактной природы. Учитывая нетрадиционный тип структуры и коллектора, с целью изучения геологического строения и прогноза областей развития ловушек углеводородов был применен расширенный комплекс геофизических исследований, включающий 3D сейсморазведочные работы, детальные гравиметрические и магнитометрические работы, геохимические, эманационные и термо-метрические исследования. В результате совместной интерпретации комплекса геофизических и геохимических исследований была создана 3D интегральная геолого-геофизическая модель Оболонской астроблемы.

Построение 3D геолого-геофизической модели выполнялось на основе совместной инверсии комплекса сейсмогравиметрических и геологических данных. Процесс построения модели включал следующие этапы:

*Этап 1.* Построение 3D структурной модели. Структурной основой для создания 3D геолого-геофизической модели Оболонской структуры стали структурные карты по 5 отражающим горизонтам, построенные в результате 3D сейсморазведочных работ. По результатам полученных построений форма астроблемы близка к изометрической, размеры составляют 18.5x17 км. Максимальная глубина кратера по кровле фундамента составляет 1054 метра, а по кровле заполняющего коптогенного брекчиеватого комплекса – 835 метров. Глубина котловины, образованной ударом метеорита (перепад между максимально углубленной частью и коренным валом по породам фунда-

мента) составляет 600-300 метров. В центре кратера картируется малоамплитудное (не более 30 метров) центральное поднятие. Мощность брекчиеватого комплекса достигает 1900 метров в центральной части кратера. Структура относится к типу сложных.

*Этап 2.* Построение начальной 3D модели распределения физических свойств. В качестве информативного параметра при построении модели была использована плотность среды, максимальные вариации которой связаны с увеличением пористости среды – наличием коллектора – и замещением водного флюида в пористой среде на углеводородный. Последний вывод базируется на известной петрофизической зависимости для плотности среды  $\sigma_n = \sigma_{ск}(1 - K_n) + K_n\sigma_\phi$ , где

$\sigma_{ск}$  – плотность скелета,  $K_n$  – пористость;

$\sigma_\phi$  – плотность флюида, а также на факте, что вариации плотности матрицы осадочных пород не превышают 15%.

С целью построения начальной 3D модели плотности был выполнен пересчет куба пористости, полученного по результатам сейсмической инверсии, в куб плотности, последующая его калибровка по данным петрофизических исследований близлежащих скважин, а также увязка со скоростными характеристиками разреза на основе 1D сейсмического моделирования волнового поля по скважинам Оболонской площади. При построении модели использована регулярная прямоугольная Декартова аппроксимация. Размеры единичной ячейки составили 100x100x5 м. Размеры 3D модели составили 25.5x20 км в плане и 8 км по глубине. Общее количество ячеек модели составило 6,878,480.

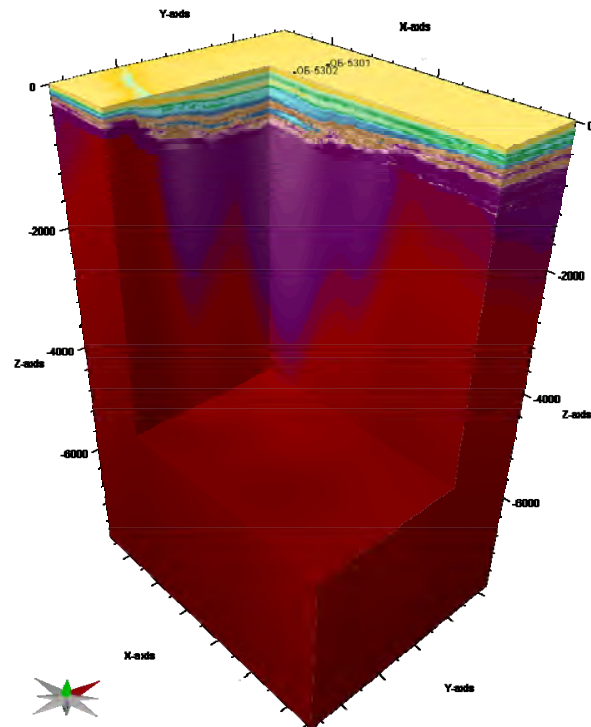
*Этап 3.* Уточнение параметров модели на основе решения обратной линейной задачи гравиметрии с параметризацией процесса решения на основе дополнительной геолого-геофизической информации. Общая постановка и решение обратной задачи интегральной интерпретации комплекса геофизических данных предусматривает нахождение оптимальных параметров модели среды относительно гравитационного поля и комплекса дополнительных геолого-геофизических сведений:

$$\begin{cases} A(\xi(\mathbf{x})) = u(s) \\ J(\xi(\mathbf{x}) - \eta(\mathbf{x})) \Rightarrow \min \end{cases}, \text{ где } \xi(\mathbf{x}) - \text{ модель}$$

среды,  $u(s)$  – наблюдаемое геофизическое (гравитационное) поле,  $J(\xi(\mathbf{x}) - \eta(\mathbf{x})) \Rightarrow \min$  – критерий оптимальности,  $\eta(\mathbf{x})$  – модель начального приближения. Дополнительная геологическая информация формализуется в виде параметров критерия оптимальности  $J$  и используется в процессе инверсии гравиметрических данных, обеспечивая единственность и геологическую содержательность получаемой 3D модели среды.

Таким образом, детальность, полнота и адекватность комплекса исходной геолого-геофизической информации определяют детальность и содержательность результирующей модели.

Результирующая 3D плотностная модель Оболонской астроблемы проиллюстрирована на рисунке 1. Среднеквадратическое значение отклонения наблюдаемого и рассчитанного полей составило 0.06 мГл.



**Рис. 1.** 3D плотностная модель Оболонской астроблемы

*Этап 4.* Анализ модели, в результате которого в пределах отложений мишени, а также заполняющего юрского комплекса были выделены области максимального разуплотнения, которые рассматриваются как зоны, наиболее перспективные с точки зрения наличия коллекторов и вероятного их углеводородонасыщения.

#### Результаты исследования

Закартированные зоны прогнозного развития коллекторов в пределах коптогенного комплекса, фундамента и комплекса заполнения совместно с благоприятными структурными условиями залегания отложений явились определяющими факторами выделения первоочередных объектов для поискового бурения. Всего в пределах астроблемы было закартировано пять областей прогнозного развития коллекторов по разным стратиграфическим и структурным уровням.

С целью определения приоритетности закартированных объектов и выбора первоочередного объекта под поисковое бурение дополнительно были привлечены результаты магниторазведки, геохимической, эманационной и термометрической

кой съемок. Последние были использованы в качестве индикаторов целостности/тектонической раздробленности резервуара, то есть потенциального разрушения залежей, характеризующиеся повышенными показателями миграции углеводородов. В качестве метода совместного анализа геофизических и геохимических критериев был использован статистический метод классификации территории по набору соответствующих параметров.

В качестве первоочередного объекта был определен тектонически экранированный блок в пределах коренного вала в юго-западной части структуры, где прогнозируются резервуары углеводородов в образованиях фундамента, коптогенного комплекса, а также базальных песчаников юрского возраста комплекса заполнения. Еще 6 объектов рекомендованы для последующего раскрытия бурением, среди которых как блоки в пределах углубленной части кратера, так и ловушки, приуроченные к коренному валу и вывалам брекчиеватых пород.

### **Выводы**

Широкий комплекс используемых геофизических и геохимических исследований обеспечил возможность достаточно уверенного выделения областей развития коллекторов, что важно при исследовании нетрадиционных и сложных объектов, которыми являются астроблемы, и в результате идентифицировать первоочередные объекты для поискового бурения в пределах Оболонской астроблемы.

### **Литература**

- Richard R. Donofrio. North American impact structures hold giant field potential // Oil & Gas Journal – May 11, 1998 – P. 69-83.
- Петровский А. П. Математическая модель интегральной интерпретации комплекса геолого-геофизических данных // Геофизический журнал. – 2005. – № 5, – Т. 27. – С. 900-904.

## **ОБОЛОНСЬКА АСТРОБЛЕМА: ЗАСТОСУВАННЯ 3D ГЕОМОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНВЕРСІЇ З МЕТОЮ ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ**

**Ю.В. Аніщенко, Т.О. Федченко, Н.С. Ганженко, О.П. Петровський**

Оболонська астроблема вважається одним із найбільш перспективних об'єктів пошуків нафти і газу нетрадиційного типу в Україні. Складна та недостатньо вивчена будова астроблем обумовлює необхідність залучення додаткової геофізичної і геохімічної інформації до стандартного комплексу сейсмічних і свердловинних даних. З метою опитування Оболонської астроблеми був застосований метод спільної геофізичної інверсії із залученням даних сейсмо-і гравірозвідки, свердловинних даних і додаткової геологічної інформації, який дав можливість закартувати зони розвитку колекторів, в т.ч. і потенційно вуглеводненасичених в межах кратера, крайового валу та коптогенного комплексу Оболонської астроблеми. У доповіді висвітлено основні етапи побудови моделі та геологічні результати досліджень.

**Ключові слова:** астроблема; імпактна структура; 3D інтегральна модель; геофізична інверсія.

## **OBOLON ASTROBLEME: FORWARD AND INVERSE 3D GEOMODELLING WITH THE AIM TO RESOLVE THE QUESTION OF HYDROCARBON EVIDENCE**

**J.V. Anischenko, T.O. Fedchenko, N.S. Gangenko, O.P. Petrovskyy**

Among other unconventional reservoirs Obolon astrobleme is regarded to be a promising exploration target in Ukraine. Complex and poorly known structure of astroblemes require integration of additional geophysical and geochemical data to commonly used set of seismic and well data. An effective method of joint geophysical inversion was used to build 3D model of Obolon astrobleme which gave possibility to map reservoirs with high probability of hydrocarbon saturation within crater, rim and breccia complex. Research workflow and main results are highlighted in the paper.

**Key words:** astrobleme; impact structures; 3D integrated model, geophysical inversion.

<sup>1</sup>Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Надійшла 01.08.2013  
г. Ивано-Франковск

<sup>2</sup>Научно-техническая компания "ДЕПРОИЛ ЛТД"