

8. Khanchuk A. I. Tektonika i magmatizm paleotransformnykh kontinentalnykh okrain kaliforniyskogo tipa na Vostoke Rossii [Tectonics and magmatism of paleotransformal continental margins of the California type in the East of Russia]. *Obshchie voprosy tektoniki. Tektonika Rossii* [General issues of tectonics. Tectonics of Russia]. Moscow, GEOS Publ., 2000, pp. 544–547.

9. Khanchuk A. I., Martynov Yu. A., Perepelov A. B., Kruk N. N. Magmatizm zon skolzheniya litosfernykh plit: novye dannye i perspektivy [Magmatism of slip zones of lithospheric plates: new data and prospects]. *Materialy IV simpoziuma po vulkanologii I paleovulkanologii* [Materials of the IV symposium on volcanology and paleovolcanology]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2009, vol. 1, pp. 32–37.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ СТРУКТУР ВОСТОЧНО-БАЙДАЛИНСКОЙ АСТРОБЛЕМЫ (УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

Князев Анатолий Леонидович, главный специалист, Ижевский нефтяной научный центр, Российская Федерация, 426057, Ижевск, ул. Свободы, 175, e-mail: ALKnyazev@udmurtneft.ru

Изучается вопрос перспективности неантиклинальных структур астроблем на поиски залежей рудных и нерудных полезных ископаемых. Астроблемой называют метеоритный, импактный кратер, возникший при ударе космического тела о поверхность Земли. Актуальность: выявление погребённых импактных кратеров представляет интерес в связи с возможностью обнаружения в них залежей редкоземельных металлов, импактных алмазов, а также углеводородов в литологически экранированных ловушках, развитых по периферии этих структур. В 1991 г. по результатам работ МОГТ 2D на Ярской площади Удмуртской АССР открыта Восточно-Байдалинская астроблема. Подобный тип структур на территории Удмуртской республики был идентифицирован впервые. По результатам применения методики сейсмостратиграфического анализа выделено несколько структурных сейсмофациальных зон в области собственно кратера и его периферии. Выявлено характерное клиноформное залегание слоёв, создающее дополнительные литологически экранированные ловушки с флюидоупорами. Показана потенциальная перспективность выявленного сейморазведкой МОГТ 2D Восточно-Байдалинского структурного осложнения.

Ключевые слова: неантиклинальные объекты, редкоземельные металлы, импактные алмазы, углеводороды, астроблемы, импактный кратер, сейсмофациальные зоны, структурное осложнение

THE PROSPECT OF NON-ANTICLINAL STRUCTURES IN SEARCH OF OIL DEPOSITS (FOR EXAMPLE, EAST BAYDALINSKAYA IMPACT STRUCTURE OF THE UDMURT REPUBLIC)

Knyazev Anatoly L., Chief Specialist, Izhevsk Oil Research Center, 175 Svobody St., 426057, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: ALKnyazev@udmurtneft.ru

The question of the prospects of the non-clinical structures of the East-Robles in the search for oil deposits is studied. Astrobleme called meteor impact crater that occurred during the impact of the cosmic body on the Earth's surface. The detection of buried impact craters is of interest primarily due to the possibility of detecting hydrocarbon deposits in lithologically shielded traps developed along the periphery of these structures. In 1991 according to the results of 2D CMP survey at Yarskaya square Udmurt ASSR open East Baydalinskaya astrobleme. According to the results of seismic stratigraphic analysis,

several structural seismic facies zones in the crater proper and its periphery have been identified. The characteristic clinoform bedding of the layers creating additional lithologically shielded traps with fluid resistors is revealed. Shows potential prospects identified by seismic surveys CDP 2D East Baydalinskaya structural complications.

Keywords: not anticlinal objects, hydrocarbons, ast-roblema, impaktny crater, seismofacial zones, local deposits of oil, structural adjournment

Obviously, impact-related ore deposits represent an important benefit to mankind and undoubtedly there is further potential for other deposits to be discovered. Especially geologists in developing countries should take note of this potential¹.

W. U. Reimold, C. Koeberl "Impact structures in Africa"

Астроблема – метеоритный, импактный кратер, возникший при ударе космического тела о поверхность Земли. Термин был предложен американским геологом Р. С. Дицем в 1960 г. В поперечном сечении небольшие астроблемы (диаметром до 3–5 км), имеют простую чашеобразную форму. Астроблемы диаметром свыше 15 км обладают более сложным строением с центральным и / или кольцевым поднятием. Кратер окружён кольцевым валом. Форма астроблемы в плане (округлая или вытянутая) зависит от угла встречи космического тела с поверхностью Земли. Внутри кратера находятся перекрытые осадками импактиты (импактные брекчии и расплавные импактиты), возникшие при последующем после удара взрыве и тектиты. Под кратером расположена зона трещиноватости (рис. 1).

В сложившейся практике геологоразведочного процесса в России такие структурные осложнения привлекали и привлекают достаточно серьёзное внимание в связи с возможностью обнаружения в них залежей редкоземельных металлов (особенно ряда иридия), импактных алмазов, а также, в меньшей степени, потенциальной нефтепродуктивности.

Для геологии нефти и газа импактные кратеры интересны тем, что их формирование приводит к созданию пористых и проницаемых зон, способных аккумулировать углеводороды (УВ) в таких породах, которые в обычных условиях, как правило, не являются коллекторами (кристаллические породы фундамента и другие плотные породы). Поэтому выявление погребённых импактных кратеров представляет интерес, прежде всего, в связи с возможностью обнаружения залежей УВ в литологически экранированных ловушках, развитых по периферии этих структур.

¹Очевидно, что месторождения, происхождение которых обусловлено астроблемами, представляют собой существенную выгоду для человечества, и, несомненно, есть потенциал для обнаружения других месторождений. Особенно важно, чтобы геологи в развивающихся странах учитывали этот потенциал. Цит. по: Reimold W. U., Koeberl C. Impact structures in Africa: A review // *Journal of African Earth Sciences*. 2014 May. № 93. P. 57–175.

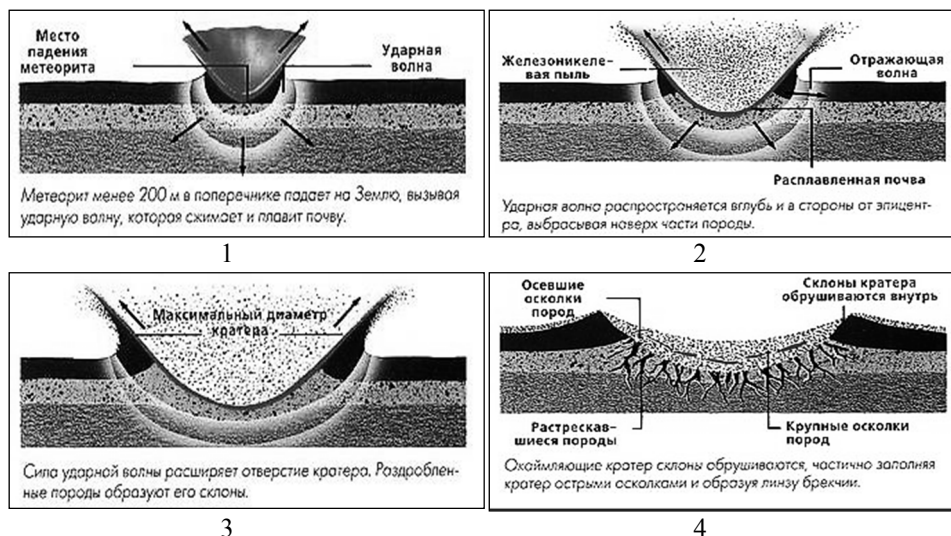


Рис. 1. Принципиальная схема образования и строения небольшого импактного кратера

К настоящему времени за рубежом выявлено 17 месторождений (местоскоплений) УВ, связанных с астроблемами, – в Канаде, США и Мексике, из них 11 находятся в промышленной разработке (рис. 2).

PRODUCING IMPACT STRUCTURES IN NORTH AMERICA										
Name*	Location	Diameter, Miles	Km	Impact age	Hydrocarbon discovery year	Wells required for discovery	Active producing wells	Dry holes	Total wells	Success rate, %
(1) Amos	Major County, Okla.	8	13	E. Ordovician	1990	1	40	49	98	50
(2) Avak	Point Barrow, Alas.	7.5	12	Cretaceous-Tertiary	1949	2	10	7	18	61
(3) Calvin	Cass County, Mich.	3.8	6.1	L. Ordovician	1978	2	30	25	91	73
(4) Chicxulub	Yucatan Peninsula, Mexico	180	300	Cretaceous-Tertiary	1974	6	453	93	658	86
(5) Marquez	Leon County, Tex.	7.9	12.7	E. Tertiary	1977	57	6	4	10	60
(6) Newport	Renville County, N.D.	2	3.2	Cambrian-Ordovician	1977	1	2	3	7	57
(7) Red Wing Creek	McKenzie County, N.D.	5.6	9	Jurassic-Triassic	1972	3	14	14	34	58
(8) Sierra Madera	Peccos County, Tex.	8	13	L. Cretaceous	1977	4	20	10	65	84
(9) Steen River	N.W. Alta., Canada	15.5	25	M. Cretaceous	1968	7	2	25	29	14
(A) Lyles Ranch	Zavala County, Tex.	2.5	4	L. Tertiary	1979	2	4	5	147	64
(B) Viewfield	S.E. Sask., Canada	2	3.2	E. Jurassic	1969	2	50	24	137	82

Рис. 2. Перечень импактных структур Северной Америки с установленной промышленной нефтеносностью [11]

Продуктивными обычно являются сильно трещиноватые и брекчированные породы, развитые в периферийной зоне кратера, хотя в отдельных скважинах получены притоки и в самом кратере.

В территориальном плане Восточно-Байдалинская (далее В.-Байдалинская) астроблема расположена в северо-западной части Удмуртской республики, в пределах Ярского административного района (рис. 3). Открыта в 1991 г. по результатам работ МОГТ 2D на Ярской площади Удмуртской АССР [6]. Подобный тип структур на территории Удмуртской республики был идентифицирован впервые.

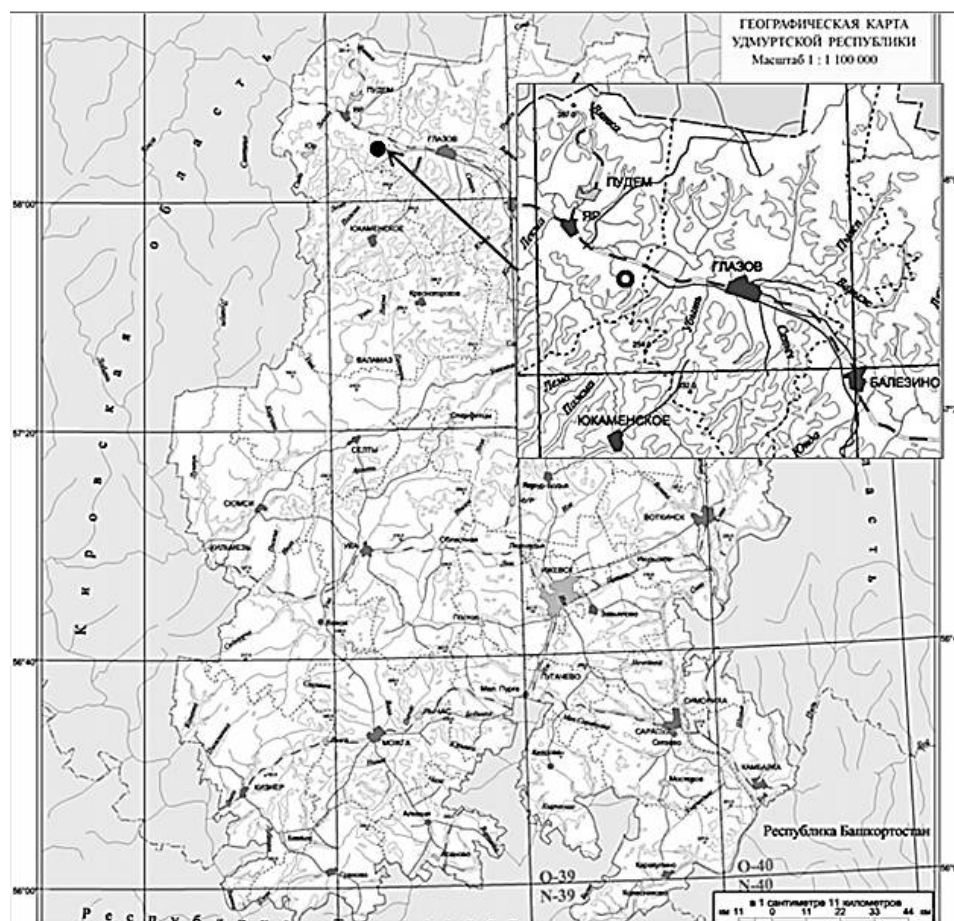


Рис. 3. Географические расположение Восточно-Байдалинской астроблемы

Собственно отрицательный элемент палеорельефа (кратер) прослеживается почти по всему осадочному чехлу от кристаллического фундамента до кровли карбонатного комплекса нижнепермского возраста. Далее вверх по разрезу аномалия полностью компенсируется красноцветными толщами верхнепермского возраста и на дневной поверхности совершенно не выражается (рис. 4, 5).

Компенсация чаши астроблемы в верхнепермское время, унаследованно существовавшей на протяжении сотен миллионов лет, связана с интенсивными процессами орогенеза Уральской складчатой области и выносом мощных толщ обломочного материала на её периферию, что кардинальным образом изменило палеорельеф доверхнепермской поверхности.

Анализируя структурный план по ОГ III (кровля терригенно-карбонатной пачки тиманского горизонта верхнего девона), представляется возможным сделать вывод о том, что в результате события столкновения метеороидного объекта с дневной поверхностью преобладающим направлением выброса брекчированного материала стало северо-восточное, что уже было отмечено предыдущими исследователями [6]. Кратер имеет эллиптическую форму, что свидетельствует о тупом, субгоризонтальном угле входа метеороидного тела в атмосферу. В результате этого основной материал горных

пород был выброшен перед кратером (рис. 6а, б). Размеры собственно кратера в плане – по длинной оси эллипса ~2,6 км, по короткой оси – ~1,3 км, глубина чаши по консолидированному архейско-нижнепротерозойскому фундаменту – около 0,25–0,3 км.

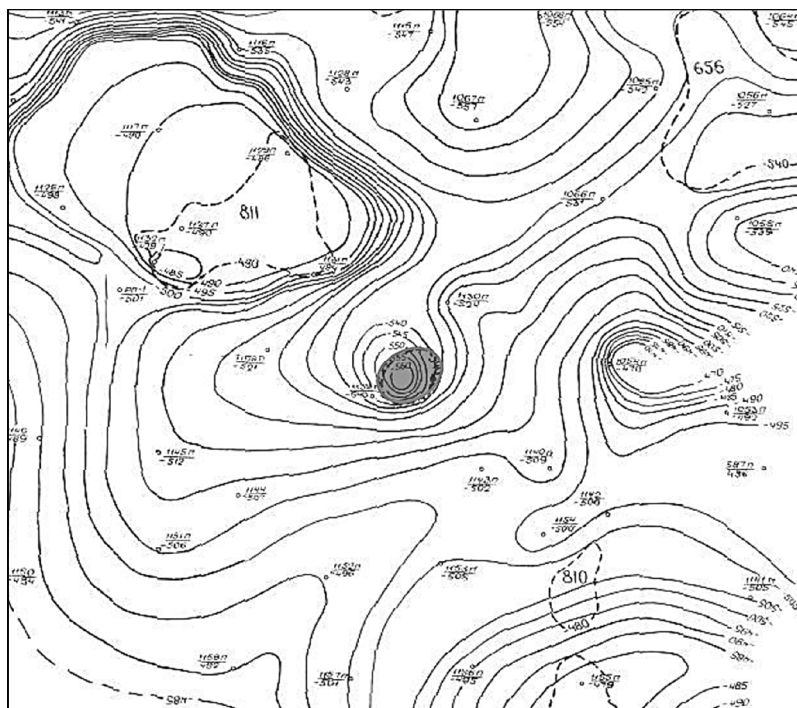


Рис. 4. Фрагмент структурной карты кровли нижнепермских отложений в районе исследований с выделенной областью астроблемы [6]

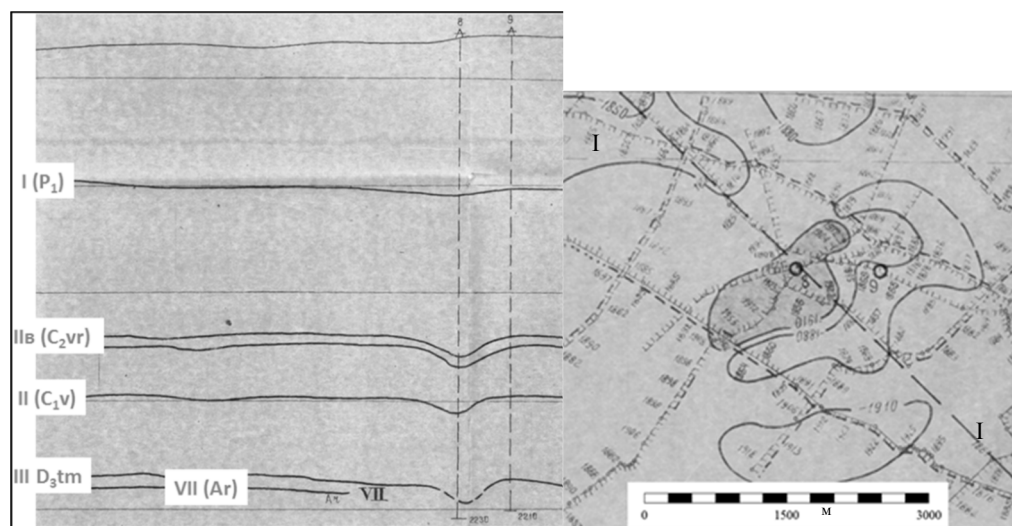


Рис. 5. Схематический сейсмогеологический разрез по линии I–I с индексацией основных маркирующих отражающих горизонтов [6]

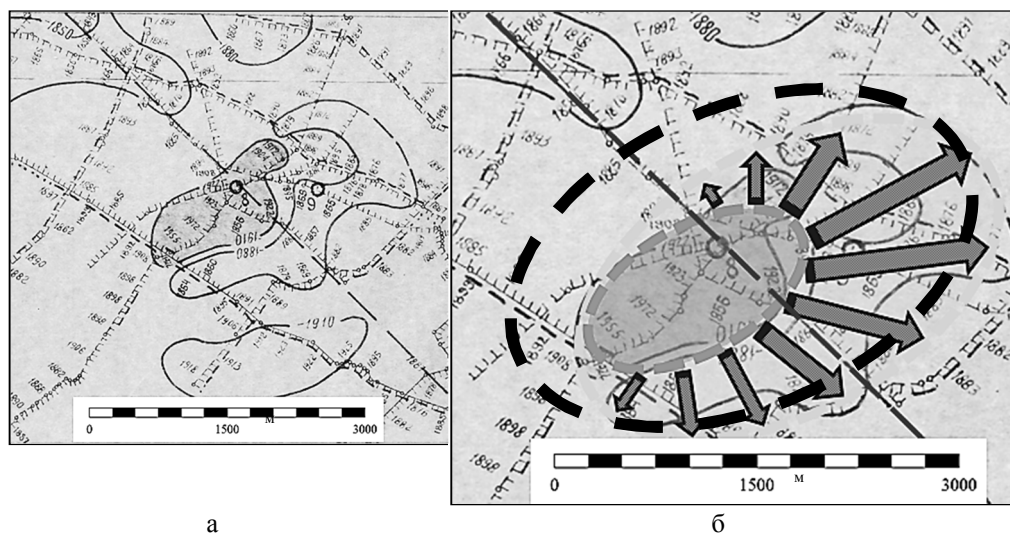






Рис. 6. Развитие структурного кратера: а – структурная карта по ОГ III (терригенно-карбонатная пачка тиманского горизонта) [6]; б – принципиальная схема строения В.-Байдалинского импактного кратера в плане.

Условные обозначения:

-  преобладающие направления выброса горных пород при ударе (толщина стрелки качественно соответствует объему);
-  внутренняя часть кратера (собственно кратер);
-  внешняя часть кратера (пояс брекчированного вещества);
-  линия сейсмогеологического разреза

Далее рассмотрим особенности волновой картины в пределах В.-Байдалинской астроблемы.

Исходя из особенностей волновой картины, полученной в ходе работ МОГТ-2D (рис. 7), следует, что примерный возраст образования астроблемы датируется как нижнепротерозойский. Для ОГ VII (кровля архейско-нижнепротерозойского консолидированного фундамента) в районе объекта характерно полное отсутствие корреляции осей синфазности. Сложная интерференционная картина наблюдается также в интервале между ОГ VII и ОГ III: в рифейское и вендское время в исследуемом районе существовал континентальный перерыв в осадконакоплении, не исключая, однако, полностью возможные кратковременные трансгрессии в вендское время, но выявить это на основе существующего фактического материала пока не представляется возможным. В среднедевонское время в условиях прибрежного мелководья и лагунно-морского побережья [8], вероятно, происходили неоднократные, но в целом одноактно-непродолжительные прорывы вод в воронку кратера, связанные с колебаниями уровня палеоморей, сопровождавшиеся мощными турбидитными потоками, с характерной косой вторичной слоистостью, нарушающей первоначальное залегание слоев после удара метеорита. В верхнедевонско-нижнепермское время, несмотря на трансгрессию морских бассейнов и интенсивное осадконакопление, не произошло компенсации

чаши астроблемы, что косвенно может свидетельствовать о равномерном характере седиментации до верхнепермского времени.

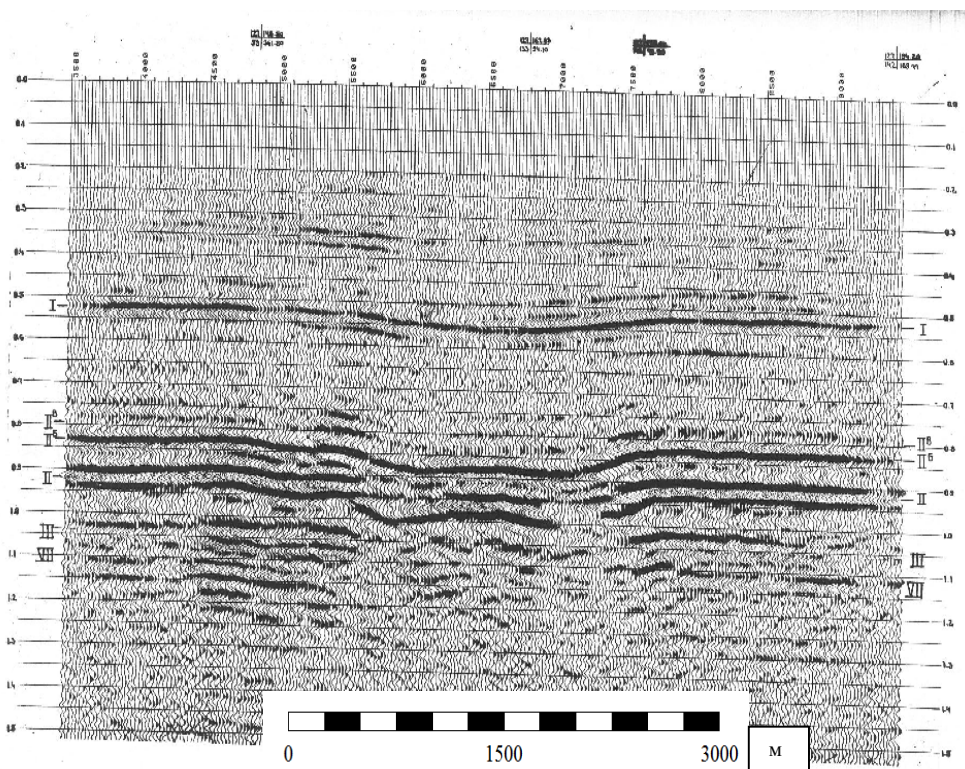


Рис. 7. Волновая картина в районе В.-Байдалинского структурного осложнения (исходный разрез) [6]

Основываясь на методике сейсмостратиграфического анализа [2; 10 и др.] нами выделено несколько структурных сейсмофациальных зон в области собственно кратера и его периферии, обозначенных цифровыми кодами (рис. 8).

1. Зона внешнего выброса материала из кратера, окаймляющая объект по эллиптической окружности. Представлена, скорее всего, брекчированными осколками коренных пород и коры выветривания кристаллического фундамента различных фракций и импактитами, экструдированными из кратера при ударном воздействии.

2. Обрушившиеся склоны воронки, размытые турбидитными потоками, образующие подобие клиноформенного залегания осадков (возможны оползни по зеркалам скольжения).

3. Осадки, выполняющие собственно чашу кратера, вероятно, среднедевонского комплекса терригенных пород, залегающие несогласно и хаотично, судя по сильной интерференции отраженных волн.

4. Центральная часть кратера (чаши) с центральной горкой. Породы, вероятно, представлены преимущественно тектитамы, импактитами и имеют тонкий механический состав с отдельными включениями более крупных глыб горных пород.

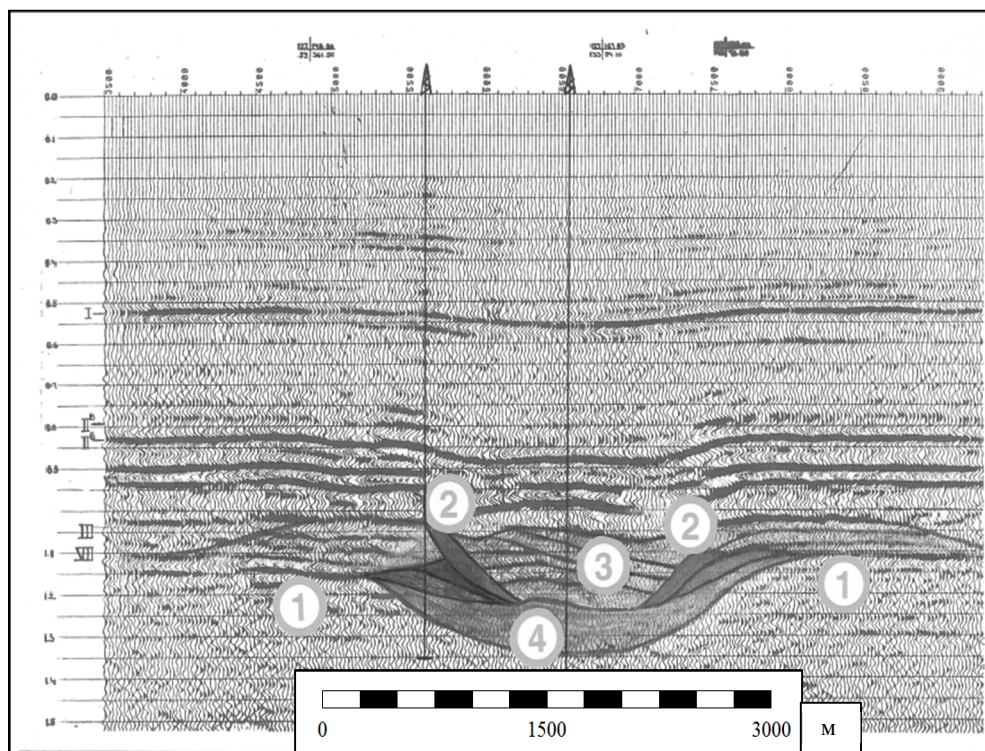


Рис. 8. Сейсмостратиграфический анализ волновой картины в районе В-Байдалинского структурного осложнения (импактного кратера)

С точки зрения обнаружения локальных залежей рудных (металлы редких земель, импактные алмазы) полезных ископаемых перспективной является вся область собственно кратера и его периферии, нерудных (нефти) – наиболее перспективными, по нашему мнению, являются зоны 1 и 2, как зоны с потенциально наиболее лучшими фильтрационно-ёмкостными свойствами (ФЕС), исходя из генезиса и предполагаемого литолого-петрографического состава. Зоны 2 также весьма интересны характерным клиноформным залеганием слоёв, создающим дополнительные литологически экранированные ловушки с флюидоупорами. Эти зоны предлагаются нами к первоочередному поисковому разбуриванию. Вероятность существования ловушек в этих зонах экспертно оценивается приблизительно в 50 %. Нефтеперспективность разреза оценивается как весьма вероятная. Центральная зона имеет подчинённый статус в плане перспектив обнаружения залежей нефти, постановка глубокого бурения здесь возможна только в случае открытия залежей в периферийно-клиноформных областях астроблемы.

Известно также, что необходимым условием образования залежи является наличие покрышки из плотных непроницаемых пород, преимущественно глинистых. Это условие выполняется во всех зонах, т. к. они перекрыты терригенно-карбонатными отложениями среднедевонского возраста, многие разности которых являются плотными и непроницаемыми, что подтверждается результатами поисково-разведочного бурения на смежных площадях.

Следует отметить, что в нами проанализированы далеко не все потенциальные сейсмические атрибуты, что связано с низкой разрешающей способностью сейсморазведочных работ (СРР) 2D. Для более качественного прогнозирования существования возможных ловушек и прогноза ФЕС, более точного оконтуривания отдельных элементов астроблемы, более точных структурных построений на объекте необходима постановка СРР 3D. После интерпретации полученных материалов СРР 3D, для подтверждения теории импакта будут рекомендованы конкретные точки поискового бурения, в результате которого откроется возможность изучение каменного материала (кern + шлифы) с характерным набором минералов со следами метаморфизма и метасоматоза пород, изучение геохимии окружающих осадочных комплексов на содержание редких земель и / или иридия и стронция, прямые поиски залежей углеводородов.

Список литературы

1. Бронштэн, В. А. Метеоры, метеориты, метеороиды / В. А. Бронштэн. – Москва : Наука, 1987. – 173 с.
2. Вейл, П. Р. Сейсмическая стратиграфия. Использование при поисках и разведке нефти и газа : пер. с англ. / П. Р. Вейл, А. П. Грегори и др. ; под ред. Ч. Пейтон. – Москва : Мир, 1982. – 874 с.
3. Гусейнова, М. А. Сравнительная классификация и осуществление схематического системного подхода к неантиклинальным ловушкам нефтегазовых месторождений (на примере месторождений Бинагади и Сулутепе, Азербайджан) / М. А. Гусейнова // Каротажник. – 2015. – № 8 (254). – С. 7–20.
4. Зейлик, Б. С. Кольцевые космогенные структуры / Б. С. Зейлик, А. В. Зозулин // Природа. – 1994. – № 2. – С. 26–33.
5. Кучерук, Е. В. Астроблемы – новый перспективный объект для поисков нефти и газа / Е. В. Кучерук // Геология нефти и газа. – 1989. – № 11. – С. 16–18.
6. Ляшко, Н. И. Удмуртская Геофизическая Экспедиция : отчет с/п 2/88-90 и 8/88-90 о результатах работ МОГТ в 1988–1990 гг. на Ярской площади Удмуртской АССР / Н. И. Ляшко, Р. А. Нусратуллина. – Ижевск, 1991. – 130 с.
7. Мовшович, Е. В. Принципиально новое направление нефтегазопроисковых работ – изучение астроблемных ловушек УВ / Е. В. Мовшович // Геология нефти и газа. – 1991. – № 5. – С. 8–11.
8. Савельев, В. А. Нефтегазоносность и перспективы освоения ресурсов нефти Удмуртской Республики / В. А. Савельев. – Москва – Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2003. – 287 с.
9. Фельдман, В. И. Астроблемы – звёздные раны Земли / В. И. Фельдман // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 9. – С. 67–74.
10. Шихалиев, Ю. А. Выделение неантиклинальных ловушек на основе сейсмических данных / Ю. А. Шихалиев // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 1–5.
11. Donofrio, R. R. North American impact structures hold giant field potential / R. R. Donofrio // Oil & Gas Journal. – 1988, May 11. – P. 73.
12. Reimold, W. U. Impact structures in Africa: A review / W. U. Reimold, C. Koeberl // Journal of African Earth Sciences. – 2014. – Is. 93. – P. 57–175.

References

1. Bronshten V. A. *Meteory, meteority, meteoroidy* [Meteors, meteorites, meteoroids]. Moscow, 1987, 173 p.
2. Veyl P. R., Gregori A. P. *Seismicheskaya stratigrafiya. Ispolzovanie pri poiskakh i razvedke nefi i gaza* [Seismic stratigraphy. Use in the search and exploration of oil and gas]. Ed. by Ch. Peyto. Moscow, 1982, 874 p.
3. Guseynova M. A. Sravnitel'naya klassifikatsiya i osushchestvlenie skhematicheskogo sistemnogo podkhoda k neantiklinalnym lovushkam neftegazovykh mestorozhdeniy (na primere mestorozhdeniy Binagadi i Sulutepe, Azerbaydzhan) [The comparative classification and implementation of a schematic systematic approach to non-anticline traps of oil-and-gas fields (on the example of binagadi and sulutepe fields, Azerbaijan)]. *Karotazhnik* [Scientific and Technical Bulletin Logger], 2015, no. 8, vol. 254, pp. 7–20.
4. Zeylik B. S., Zozulin A.V. Koltsevye kosmogennyye struktury [Ring cosmogenic structures]. *Priroda* [Nature], 1994, no. 2, pp. 26–33.
5. Kucheruk E. V. Astroblemy – novyy perspektivnyy obkt dlya poiskov nefi i gaza [Astroblems – a new perspective object for oil and gas exploration]. *Geologiya nefi i gaza* [Geology of oil and gas], 1989, no. 11, pp. 16–18.
6. Lyashko N. I., Nusratullina R. A. *Udmurtskaya Geofizicheskaya Ekspeditsiya. Otchet s/p 2/88-90 i 8/88-90 o rezultatakh rabot MOGT v 1988–1990gg. na Yarskoy ploshchadi Udmurtskoy ASSR* [Udmurt Geophysical Expedition. Report s/p 2/88-90 and 8/88-90 on the results of the work of the CGT in 1988–1990. on the Yarskaya square of the Udmurt Autonomous Soviet Socialist Republic]. Izhevsk, 1991, 130 p.
7. Movshovich Ye. V. Printsipialno novoe napravlenie neftegazoposkovykh rabot – izuchenie astroblemnykh lovushek UV [A fundamentally new area of oil and gas exploration - the study of astroblemic hydrocarbon traps]. *Geologiya nefi i gaza* [Geology of oil and gas], 1991, no. 5, pp. 8–11.
8. Savelev V. A. *Neftegazonosnost i perspektivy osvoeniya resursov nefi Udmurtskoy Respubliki* [Oil and gas potential and oil resource development prospects of the Udmurt Republic]. Moscow – Izhevsk, Institute for Computer Research Publ., 2003, 287 p.
9. Feldman V. I. Astroblemy – zvezdnye rany Zemli [Astrobleme – star wounds of the Earth]. *Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal* [Soros Educational Journal], 1999, no. 9, pp. 67–74.
10. Shikhaliev Yu. A. Vydelenie neantiklinalnykh lovushek na osnove seismicheskikh dannykh [Selection of non-anticlinal traps based on seismic data]. *Azerbaydzhanskoe neftyanoe khozyaystvo* [Azerbaijan oil industry], 2006, no. 6, pp. 1–5.
11. Donofrio R. R. North American impact structures hold giant field potential. *Oil & Gas Journal*, 1988, May 11, p. 73.
12. Reimold W. U., Koeberl C. Impact structures in Africa: A review. *Journal of African Earth Sciences*, 2014, is. 93, pp. 57–175.