

15. Khain V. Ye., Popkov V. I. (ed.) Tektonika yuzhnogo obramleniya Vostochno-Yevropeyskoy platformy [Tectonics of the southern frame of the East European Platform], Krasnodar, Kuban State University Publ. House, 2009. 213 p.

16. Tuliani L. I. Seysmichnost i seismicheskaya opasnost: na osnove termodinamicheskikh i reologicheskikh parametrov litosfery [Seismicity and seismic hazard: based on thermodynamic and rheological parameters of the lithosphere], Moscow, Nauchnyy mir Publ., 1999, 216 p.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВРЕМЕНИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ, СЛОЖЕННЫХ ПОРОДАМИ С НИЗКОЙ ПОРИСТОСТЬЮ И ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ В ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩЕ АСТРАХАНСКОГО КАРБОНАТНОГО МАССИВА

Комаров Алексей Юрьевич, заместитель генерального директора – главный геолог, ООО «Газпром добыча Астрахань», 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Ленина, 30, e-mail: akomarov@astrakhan-dobycha.gazprom.ru

Пыхалов Виктор Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: viktor.pihalov@yandex.ru

В пределах Астраханского свода выделяются крупные зоны с пониженными коллекторскими свойствами продуктивного башкирского резервуара. Эти зоны расположены в пределах сводов внутрикоровых диапиров, выявленных по данным сейсморазведки и бурения в толще консолидированной коры. В таких зонах выделены неоднородности, внешне напоминающие рифовые постройки, но характеризующиеся отсутствием пород-коллекторов. Такие тела получили название кольматированных объектов. Горные породы, слагающие эти объекты, изначально характеризовались улучшенными коллекторскими свойствами (пористостью, проницаемостью). Этому способствовала биогермная природа объектов, а также наличие повышенной гидродинамической активности глубинных флюидов над сводами растущих внутрикоровых диапиров. В период развития внутрикорового диапиризма вследствие наличия гидродинамической связи между башкирскими породами и дневной поверхностью формируются над сводами внутрикоровых диапиров участки с улучшенными коллекторскими свойствами. После появления эвапоритового экрана в раннеиренское время гидродинамическая связь нарушается, и поры и трещины башкирских отложений заполняются кальцитом. Особенно интенсивно процессы заполнения кальцитом пород-коллекторов протекают в пределах зон, представленными породами с изначально улучшенными коллекторскими свойствами. Переинтерпретация данных исследований скважин и сейсморазведки указывает, на то, что кровля кольматированных объектов в сейсмическом волновом поле характеризуется интенсивным отражением и приурочена к терригенно-карбонатным отложениям филипповского горизонта. Эти данные косвенно указывают на то, что время формирования кольматированных объектов связано с формированием нижнеиренской толщи. Есть основания полагать, что время завершения интенсивного процесса вторичных изменений пород коллекторов над участками распространения сводов внутрикоровых диапиров связано со второй половиной кунгурского века.

Ключевые слова: Астраханский свод, пористость, проницаемость, кунгурский возраст, вторичные процессы, кольматированные объекты, внутрикоровые диапиры, продуктивные отложения, башкирские отложения

**NEW DATA ON THE TIME OF FORMATION OF OBJECTS
COMPOSED BY BREEDS WITH LOW POROSITY AND PERMEABILITY
IN A PRODUCTIVE STRATUM OF ASTRAKHAN CARBONATE MASSIF**

Komarov Aleksey Yu., Deputy General Director – Chief Geologist, Ltd. “Gazprom dobycha Astrakhan”, 30 Lenin st., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: akomarov@astrakhan-dobycha.gazprom.ru

Pykhalov Viktor V., D.Sc. in Geology and Mineralogy, Professor, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: viktor.pihalov@yandex.ru

Within the Astrakhan arch, large zones with reduced reservoir properties of a productive bashkir reservoir are allocated. These zones are located within the arches of intracrustal diapirs, identified from seismic and drilling data in the thicker of the consolidated crust. In such zones heterogeneities are distinguished, outwardly resembling reef structures, but characterized by the absence of reservoir rocks. Such bodies are called colmatized objects. The rocks composing these objects were originally characterized by improved reservoir properties (porosity, permeability). This was facilitated by the biohermic nature of the objects, as well as the presence of increased hydrodynamic activity of deep fluids over the arches of growing intracrustal diapirs. During development of intracrustal diapirism due to the presence of a hydrodynamic connection between Bashkirian rocks and the day surface, areas with improved reservoir properties are formed above the arches of intracrustal diapirs. After the appearance of the evaporite screen in the Early Iren time, the hydrodynamic bond is broken, and the pores and cracks in the Bashkir deposits are filled with calcium. Especially intensive processes of calcium filling of reservoir rocks occur within the zones represented by rocks with initially improved reservoir properties. Reinterpretation of the data from the wells and seismic surveys indicates that the roof of the colmatized objects in the seismic wave field is characterized by intensive reflection and is confined to terrigenous-carbonate deposits of the philippian horizon. These data indirectly indicate that the formation time of the colmatized objects is associated with the formation of the lower irena sequence. There is reason to believe that the time for the completion of an intensive process of secondary changes in the breeds of reservoirs over the areas of distribution of arches of intracrustal diapirs is associated with the second half of the Kungur age.

Keywords: Astrakhan arch, porosity, permeability, Kungurian age, secondary processes, colmatate objects, intracrustal diapirs, productive deposits, Bashkir deposits

Продуктивный башкирский резервуар Астраханского свода характеризуется значительными изменениями коллекторских свойств пород-коллекторов [6–8].

Опыт разработки Астраханского газоконденсатного месторождения показывает на наличие отдельных литофизических неоднородностей характеризующихся отсутствием пород-коллекторов в толще продуктивного карбонатного резервуара (башкирский ярус) [3]. Такие объекты получили название кольматированных [10].

Астраханский свод по кровле башкирских отложений характеризуется террасовидным (ступенеобразным) строением. При этом кольматированные объекты встречены практически на всех закартированных данными сейсморазведки и бурения террасах.

В сейсмическом волновом поле кольматированные объекты характеризуются непротяжёнными отражающими площадками, залегающими с заметным угловым несогласием с перекрывающими отложениями [2].

Своды кольматированных объектов характеризуется интенсивной отражённой волной в сейсмическом волновом поле (рис.).

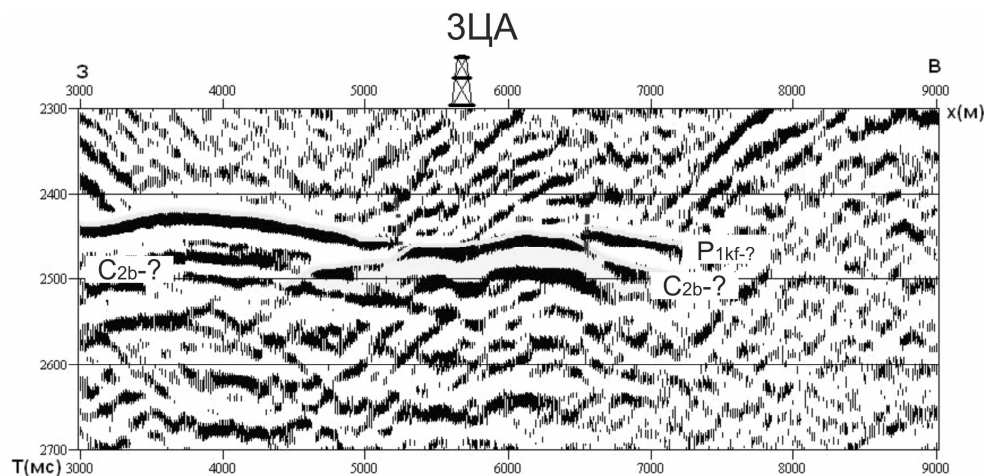


Рис. Проявление кольматированного объекта в сейсмическом волновом поле

Кольматированные объекты, как правило, ограничены в плане малоамплитудными тектоническими нарушениями.

Размеры кольматированных объектов различны. Наибольшими вертикальными размерами кольматированные объекты характеризуются над участками распространения внутрикоровых диапиров, выявленных по данным сейсморазведки и гравirazведки [4, 5]. Отметим, что базитовый состав внутрикоровых неоднородностей делает надёжным их выявление геофизическими методами [15]. Над территорией распространения сводов внутрикоровых диапиров отмечается общее снижение фильтрационно-емкостных свойств башкирских пород коллекторов [11].

Подсолевые отложения в пределах Астраханского свода характеризуются двухфазными интенсивными сейсмическими колебаниями. В пределах кольматированного объекта вторая фаза, как правило, менее выдержана и более низкочастотна по сравнению с обрамляющим волновым полем.

По результатам исследования кернового материала, породы, слагающие кольматированные объекты характеризуются повышенным содержанием известняков биогенной природы, в том числе с обилием рифостроителей (например, керн скважин 1 Безымянная, 1, 200 Николаевские и др. [1]).

Биогермная природа кольматированных объектов подразумевает изначально высокие фильтрационно-емкостные свойства слагающих их пород. Однако в результате постседиментационной физико-химической кольматации порового пространства поры и трещины были заполнены кальцитом [11].

Основная причина физико-химической кольматации пород-коллекторов связана с разгрузкой глубинных агрессивных флюидов. Исследования показали, что именно процесс физико-химической кольматации ответственен за вторичные изменения полостного пространства пород коллекторов и данный процесс обуславливается тектоническими факторами [9, 13, 14].

Особую роль в процессе кольматации играли внутрикоровые диапиры, выявленные и закартированные по данным сейсморазведки и гравirazведки в толще консолидированной коры Астраханского свода [1].

Исследование внутрикорового диапиризма в пределах Астраханского свода указывает на то, что завершение роста внутрикоровых диапиров произошло к концу нижнеиреньского времени.

Здесь следует рассмотреть возможность гидродинамической связи между башкирской толщей и дневной поверхностью.

Надбашкирские отложения в нижнеиреньское время были отделены от дневной поверхности толщей терригенных (глинистых) пород сакмаро-артинского яруса (толщиной в центральной части свода порядка 80 м) и терригенно-карбонатными породами, слагающими филипповский горизонт кунгурского яруса (толщиной в центральной части свода порядка 50 м).

Таким образом, проникающие флюиды, выталкиваемые под большим давлением растущими диапирами при такой глубине залегания башкирской толщи могли по порам и трещинам проникать на дневную поверхность, вынося на неё вымываемый карбонат кальция из башкирских известняков.

Этот этап для кольматированных объектов характеризовался, вероятно, ещё большим улучшением фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов вследствие выщелачивания.

Однако ситуация коренным образом изменилась в нижнеиреньский век, когда отложения филипповского горизонта были перекрыты эвапоритовой крышкой.

В результате появления мощной непроницаемой крышки происходит физико-химическая кольматация пор и трещин кальцием и магнием. При этом освобождаемая вода и уголекислота, через микротрещины, а также благодаря процессам диффузии, удаляется сначала в толщу терригенных сакмаро-артинских и филипповских пород и далее за счёт диффузионных процессов, на дневную поверхность вверх минуя, в том числе эвапоритовую крышку [10–12].

Таким образом, исходя из вышеназванного механизма, процесс кольматации пор и трещин в пределах литофизических неоднородностей (далее по тексту кольматированных объектов) мог начаться не ранее нижнеиреньского времени.

Косвенным подтверждением времени кольматации литофизических неоднородностей в иреньское время может служить приуроченность первой фазы сейсмических колебаний в подсолевых отложениях не к кровле башкирских, а к кровле филипповских отложений.

Выполненный анализ ГИС (данных акустического и плотностного каротажей) по ряду скважин показывает, что существует большая вероятность увязки первой фазы сейсмических колебаний с кровлей филипповского горизонта кунгурского яруса нижней перми.

Действительно, скорость продольных волн в филипповских отложениях составляет более 5400 м/с, плотность также высока (2,8 г/см³).

Скорости продольных волн для их перекрывающих нижнеиреньских сульфатно-терригенных пород составляет 4600–4800 м/с при плотности в среднем 2,6 г/см³.

При таком соотношении неизбежно формирование интенсивной отражённой волны на границе раздела нижнеиреньских и филипповских отложений.

В этом случае следующее интенсивное колебание (отражённая волна) сформируется на границе сакмаро-артинских и башкирских отложений.

Для сакмаро-артинских отложений скорость продольных волн составляет 4400 м/с при плотности 2,5 г/см³, а для башкирских пород – 5800 м/с, плотность 2,8 г/см³ соответственно.

Далее вглубь по разрезу, вплоть до кровли турнейских отложений контрастных границ не отмечается, что проявляется в сейсмическом волновом поле отсутствием акустически контрастных отражённых волн.

Многочисленный анализ сейсмических данных показал, что в пределах седиментационных ступеней выделенных по башкирским отложениям, отмечается субпараллельность первой и второй фазы в сейсмическом волновом поле. По данным бурения в пределах седиментационных террас в этих зонах сохраняется примерная выдержанность толщин отложений филипповского горизонта и сакмаро-артинского яруса. Синхронность поведения границ проявляется и в области распространения кольматированных тел.

Эти данные свидетельствуют о том, что первая фаза сейсмического колебания может быть идентифицирована с кровлей филипповского горизонта. В этом случае нижнеиреньский возраст интенсивных процессов вторичной кальцитинизации кольматированных объектов становится очевидным.

Вероятно в областях связанных с башкирскими кольматированными объектами, терригенно-карбонатные отложения филипповского яруса также будут отличаться низкими ФЕС.

Список литературы

1. Антипов М. П. Астраханский карбонатный массив: строение и нефтегазоносность / М. П. Антипов, Ю. А. Волож, А. Н. Дмитриевский, Т. Н. Хераскова, В. С. Парасына и др. – Москва : Научный мир, 2008. – 221 с.
2. Бродский А. Я. Некоторые особенности глубинного строения Астраханского свода / А. Я. Бродский, В. А. Григоров, А. Ф. Ильин, Ю. И. Круглов // Геология, бурение, разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений. – Москва : ИРЦ Газпром, 2000. – № 1. – С. 3–9.
3. Бродский А. Я. Тектоно-седиментационные особенности продуктивного резервуара АГКМ / А. Я. Бродский, В. А. Захарчук, А. К. Токман // Разведка и освоение нефтяных и газоконденсатных месторождений. Труды АстраханьНИПИгаз. – 2004. – Вып. 5. – С. 16–19.
4. Бродский А. Я. Внутрикоровый «диапиризм» и тектоно-седиментационные особенности девонско-каменноугольных отложений Астраханского свода / А. Я. Бродский, В. В. Пыхалов // Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса Приволжского и Южного федеральных округов на 2007 и последующие годы : тезисы докладов научно-практической конференции. – Саратов, 2006. – С. 79.
5. Бродский А. Я. Выделение зон повышенной трещиноватости в карбонатном разрезе по данным сейсмо- и гравиразведки / А. Я. Бродский, В. В. Пыхалов, В. А. Лыгин, В. Я. Пьянков // Геофизика. – 2011. – № 3. – С. 57–63.
6. Курышев А. Д. Некоторые особенности проявления постседиментационных преобразований и их влияние на формирование карбонатных коллекторов Астраханского ГКМ / А. Д. Курышев, А. И. Катасонов, К. К. Сагындыков // Геологическое строение и нефтегазоносность Нижнего Поволжья. – Саратов : Приволжское кн. изд-во, 1984. – Вып. 5. – С. 19–25.
7. Курышев А. Д. К вопросу о выделении типов карбонатных коллекторов Астраханского ГКМ по данным исследований керна / А. Д. Курышев, Е. С. Умнов // Геологическое строение и нефтегазоносность Нижнего Поволжья. – Саратов : Приволжское кн. изд-во, 1984. – Вып. 5. – С. 15–19.
8. Курышев А. Д. Карбонатные коллекторы Астраханского серогазоконденсатного месторождения : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / А. Д. Курышев. – Ленинград, 1988.
9. Назаренко В. С. Хронобарометрический анализ гидродинамических и гидрогеохимических процессов в нефтегазоносных бассейнах / В. С. Назаренко, А. Н. Резников // Нефтегазовая геология на рубеже веков. Прогноз, поиски, разведка и освоение месторождений. Фундаментальные основы нефтяной геологии. – Санкт-Петербург : ВНИГРИ, 1999. – С. 167–172.
10. Пыхалов В. В. Возможная природа внутрикоровых неоднородностей Астраханского свода / В. В. Пыхалов, А. Я. Бродский // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2007. – Вып. 50 (май). – С. 47–54.

11. Пыхалов В. В. Особенности формирования зон с аномально низкими фильтрационно-емкостными свойствами в визейско-башкирских отложениях Астраханского свода / В. В. Пыхалов // Известия высших учебных заведений, Северо-Кавказский регион. – 2011. – № 4. – С. 98–102.
12. Пыхалов В. В. Выявление коллекторов с аномальными свойствами в пределах месторождений Астраханского карбонатного массива / В. В. Пыхалов, А. Ю. Комаров, В. А. Захарчук, О. В. Тинакин // Газовая промышленность. – 2014. – № 06/707. – С. 26–30.
13. Резников А. Н. Новый метод оценки перспективных и прогнозных ресурсов нефти и газа / А. Н. Резников // Геология нефти и газа. – 1998. – № 3. – С. 9–21.
14. Резников А. Н. Вероятностно-статистическое моделирование преобразований коллекторских свойств карбонатных пород в зоне катагенеза / А. Н. Резников, В. С. Назаренко, М. В. Хрупина // Геология нефти и газа. – 1998. – № 2. – С. 16–23.
15. Сегалович В. И. Природа Северо-Каспийской гравитационной аномалии / В. И. Сегалович, Ю. А. Волож, М. П. Антипов, О. А. Васильев // Геотектоника. – 2007. – № 3. – С. 30–45.

References

1. Antipov M. P., Volozh Yu. A., Dmitrievskiy A. N., Kheraskova T. N., Parasina V. S., et al. *Astrakhanskiy karbonatnyy massiv: stroenie i neftegazonosnost* [Astrakhan carbonate massif: structure and oil and gas content], Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2008. 221 p.
2. Brodskiy A. Ya., Grigorov V. A., Ilin A. F., Kruglov Yu. I. Nekotorye osobennosti glubinnogo stroeniya Astrakhanskogo svoda [Some features of the deep structure of the Astrakhan arch]. *Geologiya, burenie, razrabotka i ekspluatatsiya gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdeniy* [Geology, Drilling, Development and Operation of Gas and Gas Condensate Deposits], Moscow, IRTS Gazprom Publ., 2000, no. 1, pp. 3–9.
3. Brodskiy A. Ya., Zakharchuk V. A., Tokman A. K. Tektono-sedimentatsionnye osobennosti produktivnogo rezervuara AGKM [Tectonic sedimentation features of the productive reservoir AGKM]. *Razvedka i osvoenie neftyanykh i gazokondensatnykh mestorozhdeniy. Trudy AstrakhanNIPGaz* [Exploration and Development of Oil and Gas Condensate Fields. Proceedings of AstrakhanNIPGaz], 2004, issue 5, pp. 16–19.
4. Brodskiy A. Ya., Pykhalov V. V. Vnutrikorovyy «diapirizm» i tektono-sedimentatsionnye osobennosti devonsko-kamennougolnykh otlozheniy Astrakhanskogo svoda [Intracrustal “diapirism” and tectonic sedimentation features of the Devonian-Carboniferous deposits of the Astrakhan arch]. *Strategiya razvitiya mineralno-syrevogo kompleksa Privolzhskogo i Yuzhnogo federalnykh okrugov na 2007 i posleduyushchie gody : tezisy dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Strategy for the Development of the Mineral and Raw Material Complex of the Volga and Southern Federal Districts for 2007 and beyond. Proceedings of the Scientific and Practical. Conference], Saratov, 2006, pp. 79.
5. Brodskiy A. Ya., Pykhalov V. V., Lygin V. A., Pyankov V. Ya. Vydelenie zon povyshennoy treshchinovatosti v karbonatnom razreze po dannym seysmo- i gravirazvedki [Isolation of zones of increased fracturing in the carbonate section according to seismic and gravimetric data]. *Geofizika* [Geophysics], 2011, no. 3, pp. 57–63.
6. Kuryshhev A. D., Katasonov A. I., Sagyndikov K. K. Nekotorye osobennosti proyavleniya postsedimentatsionnykh preobrazovaniy i ikh vliyaniye na formirovaniye karbonatnykh kolektorov Astrakhanskogo GKM [Some features of the manifestation of post-sedimentation transformations and their influence on the formation of carbonate reservoirs of the Astrakhan gas condensate field]. *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost Nizhnego Povolzhya* [Geological Structure and Petroleum Potential of the Lower Volga Region], Saratov, Privolzhskoe knizhnoe izdatelstvo Publ., 1984, issue 5, pp. 19–25.
7. Kuryshhev A. D., Umnov Ye. S. K voprosu o vydelenii tipov karbonatnykh kolektorov Astrakhanskogo GKM po dannym issledovaniyu kerna [On the selection of types of carbonate reservoirs of the Astrakhan gas condensate field according to core data]. *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost Nizhnego Povolzhya* [Geological Structure and Oil and Gas Potential of the Lower Volga Region], Saratov, Privolzhskoe knizhnoe izdatelstvo Publ., 1984, issue 5, pp. 15–19.
8. Kuryshhev A. D. *Karbonatnye kolektory Astrakhanskogo serogazokondensatnogo mestorozhdeniya* [Carbonate collectors of the Astrakhan sulfur-gas condensate field], Leningrad, 1988.
9. Nazarenko V. S., Reznikov A. N. Khronobarometricheskyy analiz gidrodinamicheskikh i gidrogeokhimicheskikh protsessov v neftegazonosnykh basseynakh [Chronobarometric analysis of hydrodynamic and hydrogeochemical processes in oil and gas basins]. *Neftegazovaya geologiya na rubezhe vekov. Prognoz, poiski, razvedka i osvoenie mestorozhdeniy. Fundamentalnye osnovy neftyanoy geologii* [Oil and Gas Geology at the Turn of the Century. Forecast, Prospecting, Exploration and Development of Deposits. Fundamentals of Oil Geology], Saint Petersburg, VNIIGRI Publ. House, 1999, pp. 167–172.

10. Pykhalov V. V., Brodsky A. Ya. Vozmozhnaya priroda vnutrikorovykh neodnorodnostey Astrakhanskogo svoda [Possible nature of intracrustal inhomogeneities in the Astrakhan arch]. *Nedra Povolzhya i Prikaspiya* [Subsoil of the Volga and the Caspian Sea], 2007, issue 50 (May), pp. 47–54.
11. Pykhalov V. V. Osobennosti formirovaniya zon s anomalno nizkimi filtratsionno-emkostnymi svoystvami v vizeysko-bashkirskikh otlozheniyakh Astrakhanskogo svoda [Features of formation of zones with anomalously low filtration-capacitive properties in the Viseisk-Bashkir deposits of the Astrakhan arch]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy, Severo-Kavkazskiy region* [Proceedings of the Higher Educational Institutions, North Caucasus Region], 2011, no. 4, pp. 98–102.
12. Pykhalov V. V., Komarov A. Yu., Zakharchuk V. A., Tinakin O. V. Vyyavlenie kolektorov s anomalnymi svoystvami v predelakh mestorozhdeniy Astrakhanskogo karbonatnogo massiva [Identification of reservoirs with anomalous properties within the Astrakhan carbonate massifs]. *Gazovaya promyshlennost* [The Gas Industry], 2014, no. 06/707, pp. 26–30.
13. Reznikov A. N. Novyy metod otsenki perspektivnykh i prognoznnykh resursov nefi i gaza [A new method for estimating prospective and forecasted oil and gas resources]. *Geologiya nefi i gaza* [Geology of Oil and Gas], 1998, no. 3, pp. 9–21.
14. Reznikov A. N., Nazarenko V.S., Khrupina M. V. Veroyatnostno-statisticheskoe modelirovanie preobrazovaniy kolektorskikh svoystv karbonatnykh porod v zone katageneza [Probabilistic and statistical modeling of the transformation of reservoir properties of carbonate rocks in the catagenesis zone]. *Geologiya nefi i gaza* [Geology of Oil and Gas], 1998, no. 2, pp. 16–23.
15. Segalovich V. I., Volozh Yu. A., Antipov M. P., Vasilev O. A. Priroda Severo-Kaspiyskoy gravitatsionnoy anomalii [Nature of the North Caspian gravity anomaly]. *Geotektonika* [Geotectonics], 2007, no. 3, pp. 30–45.