

УДК 553.98

## ОСОБЕННОСТИ ОТОБРАЖЕНИЯ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ШЕЛЬФА КАСПИЯ В АНОМАЛИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ФЛЮИДОНАСЫЩЕНИЯ

© 2015 г. Д.Б. Давыденко<sup>1</sup>*Поступила 10.09.2015*

Для площадей Среднего Каспия выполнены преобразования спектрзональных космических снимков Ландсат-7 с использованием метода дистанционной флюидоиндексации. Этот метод ориентирован на обнаружение оптико-геохимического эффекта, обусловленного повышенным содержанием флюидов углеводорода в пограничном слое литосфера (гидросфера) – атмосфера. Физико-геохимические предпосылки прогнозирования залежей углеводорода обусловлены аномальными изменениями отражательной способности элементов ландшафта в пределах контура залежи. Подобные изменения происходят в результате вертикальной миграции газов из залежи к земной поверхности. Участок детальных исследований выбран таким образом, чтобы в его пределах имелись установленные месторождения углеводородов. Наличие таковых обеспечивает возможность получения оценки эффективности новой технологии для обнаружения залежей нефти и газа в пределах исследуемого региона. По результатам анализа исходного поля индекса флюидонасыщения, полученного для площади детального участка, обосновывается необходимость разделения этого поля на фоновую и локальную составляющие. Указанная процедура обеспечивает значительное повышение информативности материалов. Результаты конечного этапа преобразований представлены в виде схематических планов изолиний локальных аномалий индекса флюидонасыщения легких и тяжелых углеводородов (раздельное прогнозирование) для района уже известных месторождений Ракушечное и Широтное. Выявленные аномалии достаточно хорошо совпадают с известными месторождениями и позволяют прогнозировать новое газонефтяное месторождение.

По результатам анализа природы фоновой компоненты исходного поля индекса флюидонасыщения для площадей шельфа Каспия обосновывается связь этой компоненты с пространственно совпадающими двумя типами региональных объектов нефтегазоносности – зон латеральной миграции углеводорода и зон нефтегазонакопления. Получение подобной информации может представлять значительный интерес при решении задач нефтегазогеологического районирования. Зоны миграции (особенно внутренние миграционные каналы) в связи с достаточно значимой проницаемостью и восстанавливаемой флюидонасыщенностью в будущем могут представлять интерес в качестве объектов добычи углеводородного сырья.

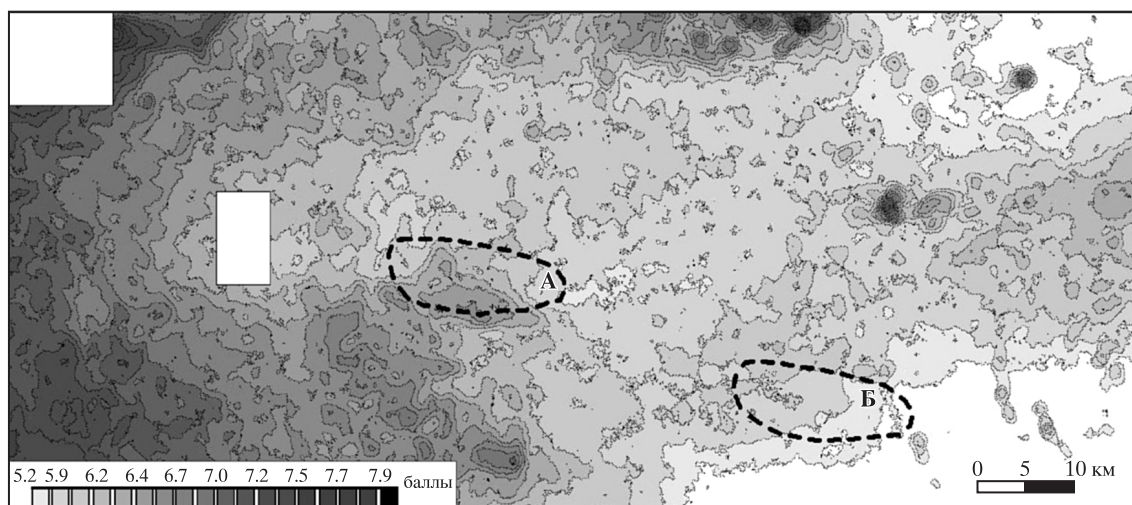
**Ключевые слова:** прогнозирование нефтегазоносности, дистанционные методы, нефтегазоносность шельфа Каспия.

Для выявления аномалий углеводородного флюидонасыщения автором осуществляются математические преобразования спектрзональных космических снимков, полученных космическим аппаратом Ландсат-7. Преобразования снимков выполняются с использованием метода дистанционной флюидоиндексации (МДФ). Этот метод ориентирован на обнаружение оптико-геохимического эффекта, обусловленного повышенным содержанием флюидов углеводорода (УВ) в по-

граничном слое литосфера (гидросфера) – атмосфера [1; 2]. Практикуемые в настоящее время методы прогнозирования нефтегазоперспективных объектов по космическим снимкам основываются на выделении контуров искомым объектов с использованием тех или иных критериев (довольно часто – визуальных). В случае применения МДФ по всей изучаемой площади рассчитывается параметр, пропорциональный количеству УВ, накопившихся в пограничном слое литосферы. Аномалии этого параметра рассматриваются как проекции на дневную поверхность залежей УВ.

Начиная с 2004 г. осуществлялось опробование МДФ в различных геологических и ландшафтных условиях на площадях Восточно-Европейской

<sup>1</sup> Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41; e-mail: davyd@ssc-ras.ru.



**Рис. 1.** Исходное поле индекса флюидонасыщения легкими углеводородами. **А** – контур месторождения Ракушечное, **Б** – месторождения Широтное. Белыми прямоугольниками закрыты площади островов

**Fig. 1.** Initial field of the index of fluid-saturation by light hydrocarbons. **A** – outline of the deposit Rakushechnoye, **B** – of the deposit Shirotnoye. White rectangles cover the areas of islands

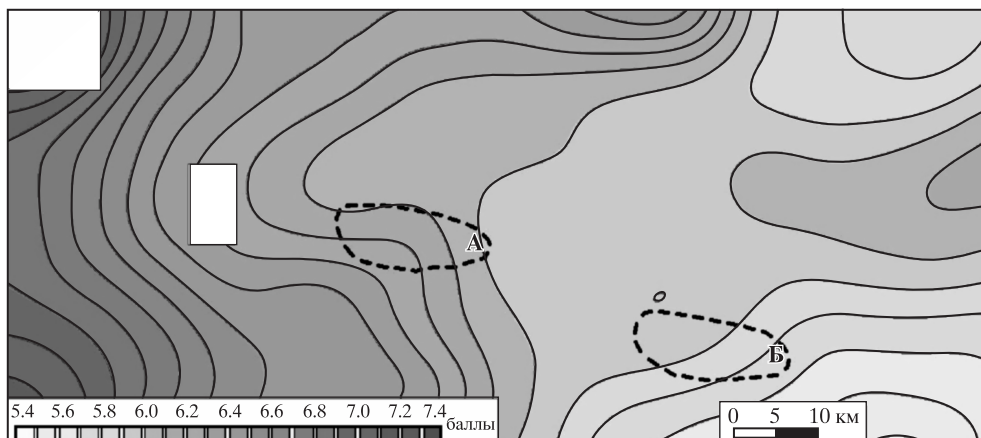
платформы (южное крыло Воронежской антеклизы и Ростовский свод [1–4]). При этом МДФ использовался в двух вариантах: локальный (исходное поле индекса флюидонасыщения) – для прогнозирования залежей и региональный (генерализованное поле индекса флюидонасыщения) – для прогнозирования зон нефтегазоаккумуляции. В процессе исследований на площадях Ростовского свода также оценивалась эффективность технологии МДФ в пределах акватории Таганрогского залива. Полученные результаты позволили положительно оценить возможности нового метода для прогнозирования нефтегазоперспективных объектов и на суше, и на шельфе. С целью опробования новой технологии в иных геолого-ландшафтных обстановках представилось целесообразным осуществить аналогичные исследования на площадях шельфа Среднего Каспия. Результаты проведенных здесь работ показали, что региональные аномалии флюидонасыщения (генерализованный вариант) могут быть обусловлены не только зонами нефтегазоаккумуляции, но также и другим видом крупных объектов нефтегазоносности. Рассмотрению указанного вопроса и посвящена представленная публикация.

Геологические и физико-геохимические предпосылки прогнозирования залежей углеводорода, а также концептуальные положения технологии преобразования космоснимков подробно изложены автором в публикациях [1; 2; 4]. Следует особо подчеркнуть, что на космоснимках отображаются не сами залежи УВ, а результаты изменений отражательной способности природных ландшафтов под воздействием вертикальной миграции из залежи к дневной поверхности. Преобразование спектрозо-

нальных снимков Ландсат-7 осуществляется в среде ГИС Интегро (разработки института ВНИИГеосистем). Результатом этих преобразований являются карты индекса флюидонасыщения легкими углеводородами (ИФЛ) (отображают преимущественно газовые залежи) и тяжелыми (ИФТ) углеводородами (обусловлены нефтяными и газоконденсатными залежами). В качестве единицы измерения используются баллы. Максимальные значения индекса флюидонасыщения (ИФ) интерпретируются как центральная часть залежи, фоновые значения ИФ – бесперспективная площадь, а зона градиентов аномалии рассматривается в качестве границы залежи [2; 4].

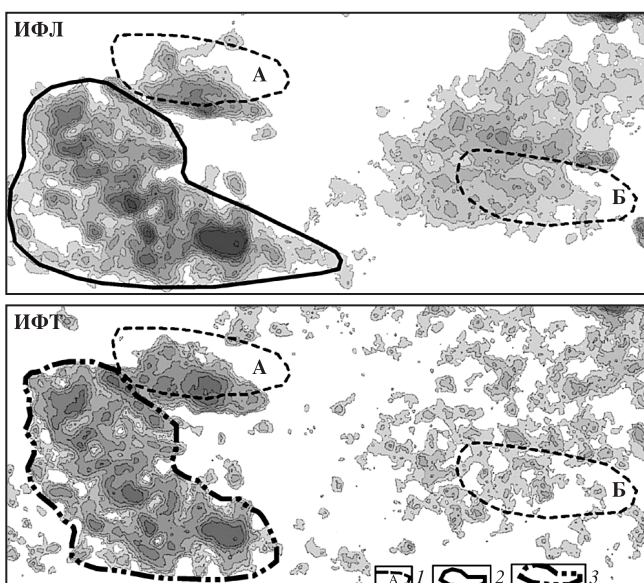
Площадь для детальных исследований на шельфе Каспия выбрана таким образом, чтобы в ее пределах имелись эталонные объекты. В качестве таковых использованы два месторождения УВ – Ракушечное и Широтное. Контуры этих месторождений приняты в соответствии с данными монографии [5]. Масштаб представленной в ней схемы перспективности участка составляет порядка 1:7 000 000, что обуславливает определенную неточность положения контуров месторождений. На рисунке 1 для выбранного участка приведены аномалии исходного поля ИФЛ. Рассмотрение рассчитанного поля ИФ (рис. 1) позволяет отметить, что аномальный эффект от известных месторождений на исследуемом участке слабо прослеживается (а местами и вообще теряется) на фоне значительных по интенсивности и площадным размерам аномалий ИФ.

Эта высокоинтенсивная фоновая составляющая наблюдается и по результатам расчетов поля ИФТ (в связи с высокой степенью подобия исходного



**Рис. 2.** Изолинии аномалий фоновой компоненты поля индекса флюидонасыщения легкими углеводородами (условные обозначения см. на рис. 1)

**Fig. 2.** Contour lines of the background component of the field of fluid-saturation index by light HC (legend see at the Fig. 1)



**Рис. 3.** Локальные аномалии индекса флюидонасыщения легкими (ИФЛ) и тяжелыми (ИФТ) углеводородами для площади эталонных месторождений. 1 – Схематичные контуры месторождений (А – Ракушечное, Б – Широтное); контуры прогнозируемых новых залежей: 2 (газа), 3 (нефти)

**Fig. 3.** Local anomalies of the fluid-saturation index by light – IFL and heavy – IFH hydrocarbons for the areas of standard deposits. 1 – Schematic outlines of the deposits (A – Rakushechnoye, B – Shirotnoye); 2, 3 – outlines of forecasted new deposits: 2 – gas, 3 – oil

поля ИФЛ и ИФТ представилось целесообразным ограничиться одним рисунком для ИФЛ). Наличие подобной фоновой компоненты в исходном поле обусловлено тем обстоятельством, что в геологическом разрезе изучаемого участка, кроме ранее выявленных месторождений УВ, имеются и другие объекты с высоким насыщением углеводородами. Чтобы каким-то образом определиться с природой

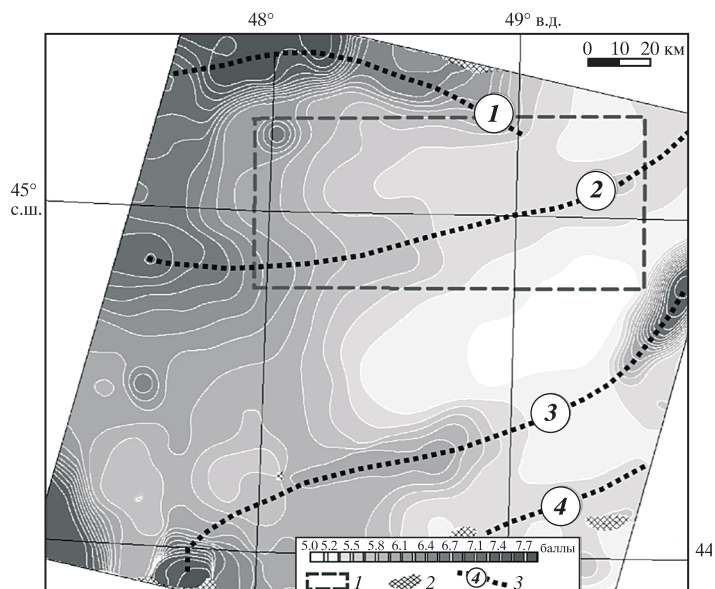
указанных объектов, следует разделить исходное поле на фоновую и остаточную компоненты. Результаты выделения из исходного поля ИФЛ фоновой компоненты (использовалась процедура пространственно-частотной фильтрации) представлены на рисунке 2. Фоновая компонента ИФТ очень близка к таковой ИФЛ и в публикации не приводится. К анализу природы фоновой компоненты обратимся несколько ниже, а непосредственно далее рассмотрим локальные (остаточные) компоненты ИФ.

На рисунке 3 показаны локальные аномалии ИФЛ и ИФТ для района эталонных месторождений. Судя по приведенным данным, в полученной остаточной компоненте поля ИФЛ и ИФТ уверенно прослеживаются аномалии, обусловленные месторождением Ракушечное (наблюдается некоторое смещение аномалии относительно принятого контура, что связываем с неточностью привязки последнего). Широтное месторождение почти не выражено в аномалиях ИФТ, но уверенно прослеживается в поле ИФЛ. Кроме того, в соответствии с полученными результатами (рис. 3), южнее Ракушечного месторождения намечается возможность обнаружения нового газонефтяного месторождения, которое по запасам углеводорода может в несколько раз превосходить уже известное соседнее, более северное. Судя по данным, приведенным в упомянутой выше монографии [5], а также учитывая обилие дугообразных элементов в структуре поля ИФ (уверенно прослеживаются в более крупном масштабе), предполагаем рифогенную природу ловушек прогнозируемого месторождения. В соответствии с картой рельефа поверхности фундамента [5, с. 115, рис. 40] этот потенциально газонефтяной объект расположен в сводовой части крупного поднятия фундамента с амплитудой до нескольких километров.

Следует подчеркнуть то обстоятельство, что на ранее изученных участках площадей Ростовского свода и южного крыла Воронежской антеклизы [2; 3] повышенные значения фоновой компоненты ИФ практически не встречены. Региональные аномалии на этих площадях – это генерализованный вариант локального поля. В пределах зоны повышенных значений регионального поля наблюдается увеличение плотности, интенсивности и размеров локальных аномалий – прогнозируемых залежей, а в зонах пониженных значений регионального поля имеем противоположные характеристики. Указанная коррелируемость региональных аномалий с пространственным распределением и интенсивностью локальных аномалий (потенциальных залежей) собственно и дает возможность рассматривать региональные аномалии на площадях указанного региона как зоны нефтегазоаккумуляции (в публикациях [2; 3] уделяется значительное внимание обоснованию последнего вопроса). Таким образом, выделяемые на этих территориях региональные аномалии характеризуют крупные элементы структуры поля ИФ и при этом не являются фоном для локальных аномалий. На исследуемом участке шельфа Каспия основным элементом регионального поля является отмеченная выше фоновая компонента.

С учетом анализа природы фоновой компоненты поля ИФ на шельфе Каспия было принято решение изучить обнаруженное явление на значительно большей территории шельфа. С указанной целью рассчитаны региональные аномалии поля ИФЛ (генерализованный вариант анализа поля ИФ) для площади большого фрагмента космического снимка. Карта изолиний этого поля представлена на рисунке 4.

Согласно полученным результатам, в пределах изученной площади прослеживаются три аномальные зоны северо-восточной ориентировки и одна (на севере) дугообразная, в среднем близкая к субширотной. Сопоставление аномалий фоновой компоненты (рис. 2) с аномалиями регионального уровня генерализации (рис. 4) показывает взаимную коррелируемость их с коэффициентом, близким к единице. Отмеченное обусловлено преобладанием в исходном поле ИФ детального участка фоновой компоненты и подтверждает фактическую эквивалентность региональных аномалий генерализованного поля ИФ и аномалий фоновой компоненты детального участка. Судя по данным рисунка 4, региональные аномалии являются достаточно протяженными и занимают значительные площади. По результатам исследований на детальном участке установлено, что их интенсивность может в несколько раз (почти на порядок) превышать интенсивность остаточных аномалий даже над крупными



**Рис. 4.** Карта изолиний региональных аномалий индекса флюидонасыщения легкими углеводородами для площадей Среднего Каспия: 1 – контуры площади исследований на детальном участке, 2 – участки снимка с облачностью, 3 – осевые линии региональных аномальных зон флюидонасыщения и их номера

**Fig. 4.** Contour line map of the regional anomalies of the fluid saturation index by light HC for the areas of Middle Caspian. 1 – outlines of investigation area at the detail lot; 2 – areas of the image with clouds; 3 – axial lines of the regional anomalous zones of fluid saturation and their numbers

месторождениями, что говорит об очень высоком насыщении углеводородами объектов, обуславливающих эти региональные аномалии. Обращает также внимание их ориентировка. В отличие от доминирующих в этой части региона простирающихся структурных элементов фундамента и чехла (они обусловлены кряжем Карпинского и его восточным продолжением), направленность рассматриваемых аномальных зон (рис. 4) близка к антикавказской.

Таким образом, основными характеристиками геологических объектов, обусловивших анализируемые зоны региональных аномалий (именно они являются ответственными за фоновую компоненту поля ИФ изучаемой части шельфа Каспия), являются значительные площадные размеры, высокая насыщенность углеводородами, а также своеобразная ориентировка. С учетом имеющейся геологической информации выявленные зоны рассматриваются в качестве зон латеральной миграции углеводородов. Полученный вывод в целом не противоречит сделанному ранее заключению (для площадей юга Восточно-Европейской платформы) о связи с региональными аномалиями ИФ зон нефтегазоаккумуляции. Указанное обусловлено тем обстоятельством, что полноценно заполненными углеводородами являются лишь те природные ловушки, которые расположены на пути миграции углеводородов.

Именно на пути латеральной миграции и происходит формирование зон нефтегазонакопления.

Следовательно, региональные аномалии индекса флюидонасыщения (ИФЛ и ИФТ) в пределах анализируемых площадей Каспия предлагается рассматривать как результат совпадения в пространстве двух типов региональных объектов нефтегазонасыщенности – зон латеральной миграции УВ и зон нефтегазонакопления. Разумеется, подобное совпадение связано с активной флюидодинамикой в пределах площадей исследуемого региона. Возможно, в дальнейшем, при переинтерпретации накапливаемого фактического материала с целью корректировки принятой ныне схемы перспектив нефтегазонасыщенности региона [5], будут учитываться также и результаты, полученные методом дистанционной флюидоиндексации.

Кроме того, необходимо отметить, что применение технологии МДФ на шельфе Каспия позволяет проследивать уже известные газонефтяные месторождения (в некоторых случаях возможно уточнение определенных элементов их геологического строения), а также выделять новые нефтегазоперспективные объекты. Высокая интенсивность фоновой компоненты поля ИФ в рассматриваемом

регионе обуславливает необходимость подразделения исходного поля ИФ на фоновую и локальную компоненты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыденко Д.Б., Финкельштейн М.Я. 2004. Прогнозирование нефтегазонасыщенности по многоспектральным космоснимкам в среде ГИС ИНТЕГРО. *Геоинформатика*. (1): 41–49.
2. Давыденко Д.Б. 2011. Раздельное прогнозирование зональности нефтегазонакопления методом дистанционной флюидоиндексации. *Доклады Академии наук*. 438(1): 70–75.
3. Давыденко Д.Б. 2011. Новая нефтеперспективная область на южном склоне Воронежской антеклизы. *Доклады Академии наук*. 439(2): 221–225.
4. Давыденко Д.Б., Клещенков А.В. 2014. Оценка нефтегазонасыщенности с использованием метода дистанционной флюидоиндексации и примеры его верификации. *Исследования Земли из космоса*. (4): 48–61.
5. Глумов И.Ф., Маловицкий Я.П., Новиков А.А., Сенин Б.В. 2004. *Региональная геология и нефтегазонасыщенность Каспийского моря*. М., ООО “Недра-Бизнес-центр”: 342 с.

## REFLECTION PECULIARITIES OF THE OIL- AND GAS-PROMISING OBJECTS OF THE CASPIAN SHELF IN THE ANOMALIES OF HYDROCARBON FLUID-SATURATION

D.B. Davydenko

Transformations of spectrum-zonal Landsat-7 space images applying the method of remote fluid-indexation have been carried out for the areas of the Middle Caspian. The method is oriented at the detection of an optical-geochemical effect conditioned by the increased hydrocarbon fluids content in the boundary lithosphere-(hydrosphere)-atmosphere layer. The physical-geochemical preconditions for forecasting hydrocarbon deposits are conditioned by anomalous changes of reflecting capacity of the landscape elements within the deposit outline. Such changes occur as a result of vertical migration of gases from the deposit to the Earth's surface. The area of detailed investigations is chosen in such a way that within its limits there are located deposits of hydrocarbons. The presence of such ensures the possibility of receiving an estimate of the effectiveness of a new technology for the detection of oil and gas deposits within the studied region. By the results of the analysis of the initial field of fluid-saturation index obtained for the area of detail plot, the necessity of division of this field into background and local components is substantiated. The appointed procedure ensures substantial rise of informativeness of the materials. The results of the final stage of the transformations are presented in the form of schematic plans of contour lines of the local anomalies of the index of fluid saturation of light and heavy hydrocarbons (separate forecasting) for the region of already known deposits of Rakushechnoye and Shirotnoye. The registered anomalies coincide sufficiently well with the known deposits and allow forecasting a new gas-oil deposit.

By the results of the analysis of nature of the background component of the initial field of the fluid-saturation index for the areas of the Caspian shelf, a connection of this component with two types, coinciding spatially, of regional oil-gas capacity objects is substantiated: zones of lateral hydrocarbon migration and zones of oil and gas accumulation.

Obtaining of such information may represent substantial interest when solving the problems of the oil-gas geological zoning. The zones of migration (especially internal migration channels), in connection with sufficiently significant permeability and renewable fluid-saturation, may be of interest in the future as the objects of extraction of hydrocarbon raw material.

**Key words:** forecasting of oil-gas capacity, remote methods, oil and gas capacity of the Caspian shelf.

## REFERENCES

1. Davydenko D.B., Finkel'shtein M.Ya. 2004. [Forecasting of oil-gas capacity by multispectral space images in the environment of GIS INTEGRO]. *Geoinformatika*. (1): 41–49. (In Russian).
2. Davydenko D.B. 2011. Separate forecast of zonation of the oil and gas accumulation by the method of remote fluid indexation. *Doklady Earth Sciences*. 438(1): 557–562.
3. Davydenko D.B. 2011. New oil-perspective area on the south slope of the Voronezh arch. *Doklady Earth Sciences*. Vol. 439(1): 914–918.
4. Davydenko D.B., Kleshchenkov A.V. 2014. [Forecasting of oil and gas capacity applying the remote fluid indexation method and its data verification practices]. *Issledovaniya zemli iz kosmosa*. (4): 48–61. (In Russian).
5. Glumov I.F., Malovitskiy Ya.P., Novikov A.A., Senin B.V. 2004. *Regional'naya geologiya i neftegazonosnost' Kaspiyskogo morya*. [Regional geology and oil and gas capacity of the Caspian Sea]. Moscow, "Nedra-Biznestsentr" Publ.: 342 p. (In Russian).