

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 423 (2017), 95 – 99

**A. Sharapatov, M. Shayakhmet**

Kazakh national research technical university after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: sharapatovich@mail.ru

### **PHYSICO-GEOLOGICAL BASIS OF EFFICIENCY OF APPLICATION OF AEROMAGNETIC METHOD IN OIL-GAS CASPIAN LOWLAND**

**Abstract.** The article is based on the analysis of published and stock geological and geophysical data on the geological structure of the Caspian lowland. A specific range of geological problems for the study area is considered, taking into account the peculiarities of its structure, the solution of which makes it possible to reveal the spatial positions of the natural reservoir of hydrocarbon raw materials.

In the article, the advantages of aeromagnet reconnaissance in solving forecasting and searching problems in the well-known oil and gas district of Kazakhstan are argued. In the sections of oil and gas objects as a whole, four elements are distinguished, differentiated by magnetic properties, as well as the determining factors of the magnetic characteristics of each of the elements. Elements of the section include 1) deposits and their host headers, 2) reduction zones, 3) zones of subvertical inhomogeneities and 4) oxidation zones.

The physical-geological features of the study area are given in the article: the quantitative parameters of the magnetic properties of the sedimentary rock cover, which are affected by the example of the Kurmangazy oilfield information, the presence of marking magnetoactive horizons confined to the Lower Carboniferous, Upper Permian and Lower Cretaceous deposits. For foundation rocks (intrusive rocks of ultrabasic and basic composition, granite intrusions, weakly magnetic basic rocks and weakly magnetic granites, crystalline schists), the magnetic properties are used, analogous to the magnetic susceptibility of samples from natural outcrops of the Precambrian rocks of the Western Urals adjacent to the eastern edge of the Caspian Depression.

The justifications are given taking into account the modern hardware and technical level of conducting field observations and software-methodical provision of computer data processing, interpretation and visualization of geophysical data.

The final part of the article deals with the structural-tectonic factors revealed by the researchers of the Caspian depression as sources of positive and negative anomalies of gravitational and magnetic fields. They are given for the evaluation of field morphology and correct interpretation of magnetic data. The information is based on borehole information. For example, information on the composition of volcanics - on the materials of deep wells drilled in the southeastern part of the Caspian depression, on the South Emba Paleozoic uplift and Buzachi Peninsula.

**Key words:** aeromagnetic prospecting, Caspian lowland, magnetic properties of sedimentary cover rocks and foundations, method efficiency.

А. Шарапатов, М. Шаяхмет

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,  
Алматы, Казахстан

## ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОМАГНИТНОГО МЕТОДА В НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

**Аннотация.** Статья написана на основе анализа опубликованных и геофондовых геолого-геофизических материалов по геологическому строению Прикаспийской низменности. Рассмотрен конкретный круг геологических задач для территории исследования с учетом особенностей ее строения, решение которых с помощью аэромагниторазведки позволяет выявить пространственные положения природного резервуара углеводородного сырья.

В статье аргументированы преимущества и возможности аэромагниторазведки при решении прогнозно-поисковых задач в известном нефтегазовом районе Казахстана. В разрезах нефтегазовых объектов в целом выделены 4 элемента, дифференцируемые по магнитным свойствам, а также определяющие факторы магнитной характеристики каждого из элементов. К элементам разреза отнесены 1) залежи и вмещающие их коллекторы, 2) зоны восстановления, 3) зоны субвертикальных неоднородностей и 4) зоны окисления.

В статье приведены физико-геологические особенности района исследования: количественные параметры магнитных свойств горных пород осадочного чехла, подтвержденные на примере скважинной информации месторождения Курмангазы, наличие маркирующих магнитоактивных горизонтов, приуроченных к нижнекаменноугольным, верхнепермским и нижнемеловым отложениям. Для пород фундамента (интрузивные породы ультраосновного и основного состава, гранитные интрузии, слабомагнитные основные породы и слабомагнитные граниты, кристаллические сланцы) применены значения магнитных свойств, аналогичные магнитной восприимчивости образцов из естественных обнажений пород докембрия Западного Урала, примыкающего к восточному борту Прикаспийской впадины.

Обоснования приведены с учетом современного аппаратно-технического уровня проведения полевых наблюдений и программно-методической обеспеченности компьютерных вычислительных работ при обработке, интерпретации и визуализации геофизических данных.

В заключительной части статьи рассмотрены структурно-тектонические факторы, выявленные исследователями Прикаспийской впадины как источники положительных и отрицательных аномалий гравитационного и магнитного полей. Они приведены для оценки морфологии поля и корректной интерпретации магнитных данных. Сведения основаны на скважинной информации. Например, сведения о составе вулканитов – на материалах глубоких скважин, пробуренных в юго-восточной части Прикаспийской впадины, на Южно-Эмбинском палеозойском поднятии и полуострове Бузачи.

**Ключевые слова:** аэромагниторазведка, Прикаспийская низменность, магнитные свойства пород осадочного чехла и фундамента, эффективность метода.

**Введение.** Для нефтегазоносных территорий Западного Казахстана для решения прогнозно-поисковых задач актуальными являются [1, 2]:

- картирование разрывной тектоники;
- создание комплексной петрофизической модели осадочного чехла и фундамента по основным структурно-тектоническим элементам Прикаспийской впадины и прилегающей территории, уточнение положения ее южной границы;
- расшифровка блокового строения структур по геолого-геофизическим данным, в том числе на основе линеаментного анализа структуры магнитного поля;
- изучение внутреннего строения фундамента и прогнозирование нефтегазоперспективных зон, объектов и структур;
- оценка перспектив нефтегазоносности на основе комплексного анализа данных геолого-геофизических методов.

Для решения вышеуказанных задач с помощью аэромагниторазведки в комплексе с данными других геофизических методов существуют все основные технологические предпосылки –

аппаратурно-технические и программно-методические. По данным последних лет в России объем аэрогеофизических работ примерно в 5 раз меньше среднего уровня в мире [2]. По Казахстану известны только несколько примеров применения аэрогеофизических исследований для отдельных территорий. Очевидно, что использование результатов аэрометодов позволили бы существенно снизить затраты на дорогостоящие 3D-сейсморазведку и поисковые буровые работы за счет оптимального определения пространственного положения поисковых объектов.

**Решение задачи.** По литературным и фондовым источникам известны примеры применения аэромагниторазведки в изучении геологических структур нефтегазоносных районов. В прежние годы основная задача метода сводилась к изучению строения фундамента, выделению нефтегазоперспективных площадей путем изучения тектонического строения района. С появлением высокоточной магнитометрической аппаратуры, с использованием спутниковых навигационных систем для плановой и высотной привязок результатов измерений и современных вычислительных программных комплексов их круг расширился до выявления прямых признаков локализации залежей нефти и газа.

К благоприятным факторам, влияющих на эффективность проводимых магниторазведочных работ относятся особенности геологического строения и дифференциация петрофизических свойств горных пород (горизонтов, геоструктур) конкретного района исследования. В целом в разрезах нефтегазовых объектов по магнитным свойствам дифференцируются 4 элемента [3]:

- залежи и вмещающие их коллекторы – значения магнитной восприимчивости  $\chi$  определяется по скелету;

- зона восстановления – оксидные и гидрооксидные железа восстанавливаются до сульфидов, поэтому  $\chi$  уменьшается;

- зоны субвертикальных неоднородностей – значения  $\chi$  меняются в связи с повышением щелочности и понижением окислительно-восстановительного потенциала;

- зоны окисления – повышенные значения  $\chi$  по сравнению с зоной восстановления, дополнительно увеличить наблюдаемое поле может наличие над залежами эпигенетического магнетита, он находится обычно на глубинах до 300 метров [4].

Территория исследования, для которой приводятся физико-геологическое обоснование применения аэромагниторазведки, представлена обширной низменной, часто расчлененной, равниной к северо-западу, северу и северо-востоку от Каспийского моря и образует Прикаспийскую низменность. Масштаб и характер геологических заданий, рельеф района предопределяют выбор методики их выполнения – с помощью высокоточных аэросъемок.

Петрофизической основой изучения геологического строения территории с помощью магнитного метода является наличие в разрезе Прикаспийской впадины маркирующих магнитоактивных горизонтов, приуроченных к нижнекаменноугольным, верхнепермским и нижнемеловым отложениям. По магнитным свойствам осадочные породы региона характеризуются следующим образом (приведенные обобщенные характеристики магнитных свойств удовлетворительно согласуются с данными месторождения Курмангазы):

1. Верхнедевонские отложения,  $\chi = (70-500) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ;
2. Отложения каменноугольной системы слабомагнитные,  $\chi = (2-20) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ;
3. Карбонатные породы отличаются практически нулевой магнитной восприимчивостью;
4. Верхнепермские терригенные образования (аргиллиты, алевролиты, песчаники),  $\chi = (10-150) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ; в верхней перми, пермо-триаса встречаются довольно толстые (до 500 м) пачки песчано-глинистых пород с  $\chi = (80-190) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ;
5. Галогенные и сульфатные образования практически немагнитны,  $\chi = (0-2) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ;
6. Триасовые песчано-глинистые образования,  $\chi = (5-30) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ; пласты (до 500 м) песчаников,  $\chi = (7-120) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ;
7. Юрские песчано-глинистые образования с редкими прослоями мергелей и известняков,  $\chi = (6-30) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ; на структуре Бажир и Жаната среди нижне-среднеюрских песчаников отмечаются разности с повышенными значениями  $\chi = (110 \text{ и } 45) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ соответственно;
8. Терригенные разности мела характеризуются значениями  $\chi = (8-20) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ, иногда до  $(30-50) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ;

9. Верхняя, юрско-меловая часть вскрытого скважиной разреза, сложенная песчаниками и песками, алевролитами и глинами имеет  $\chi = (5-10) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ; нижняя часть разреза, литологически представленная карбонатно-глинистыми породами разной степени алевроитовыми, переходящими в низах интервала в аргиллиты известковые слабо метаморфизованные характеризуется повышенной магнитной восприимчивостью  $\chi = (25-30) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ.

Магнитные свойства пород фундамента принимаются аналогичными значениям  $\chi$  по образцам из естественных обнажений пород докембрия Западного Урала, примыкающего к восточному борту Прикаспийской впадины:

- интрузивные породы ультраосновного и основного состава – до  $(4700-5000) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ;
- гранитные интрузии –  $\chi = (20-40) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ;
- слабомагнитные основные породы и слабомагнитные граниты – до  $1200 \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ;
- кристаллические сланцы, в основном, десятки-первые сотни единиц, иногда встречаются разности  $(1000-2500) \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ.

Наиболее древними породами подсолевого комплекса впадины, вскрытыми скважинами, являются отложения живетского яруса среднего девона на структурах Рожковской (северный борт) и Жанасу (юго-восточный борт). Песчаники и известняки структуры Рожковской слабомагнитны –  $14 \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ. Конгломераты среднего девона Жанасу имеют повышенную магнитную восприимчивость – до  $500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ. Песчано-глинистые породы ассельского и сакмарского ярусов имеют значения магнитной восприимчивости от 4 до  $25 \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  СИ при средних значениях для песчаников  $9 \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  СИ, для аргиллитов  $19 \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  СИ.

Гидрохимические отложения соленосного комплекса кунгурского яруса характеризуются нулевой магнитной восприимчивостью. Терригенные прослои в толще соли слабомагнитны ( $\chi = (10-20)$ , редко  $40 \cdot 4\pi \cdot 10^{-5}$  ед. СИ).

Исследователями Прикаспийской впадины выявлены следующие аномалиеобразующие факторы, определяющие морфологию поля и способствующие корректной интерпретации магнитных данных:

- аномалии магнитного поля высокой интенсивности связаны с магмо-метаморфическими образованиями кристаллического фундамента. При интерпретации полос магнитных аномалий в бортовых частях Прикаспийской впадины необходимо учитывать, что их природа может быть связана с вулканами погребенных островных дуг, формировавшихся одновременно с преддуговыми бассейнами Южной Эмбы и кряжа Карпинского. Сведения о составе вулканитов базируются на материалах глубоких скважин, пробуренных в юго-восточной части Прикаспийской впадины, на Южно-Эмбинском палеозойском поднятии и полуострове Бузачи. Здесь выявлены пачки, пласты и слои вулканогенных и пирокластических пород, представленные андезитовыми порфиритами, туфопесчаниками, карбонатизированными туфами, туфогенными гравелитами и конгломератами, чередующимися с пепловыми туфами андезитового состава;

- по мнению В.М. Пилифосова, Э.С. Воцалевского, Н.А. Азербаетова и А.П. Пронина (1997) магнитные аномалии юго-востока Прикаспийской впадины связаны с активизацией сжатия древних вулканических очагов Южно-Эмбинской островодужной системы под воздействием тектонических процессов. Очаги предположительно расположены параллельно фронту надвиговых деформаций;

- закономерная приуроченность локальных отрицательных слабоинтенсивных аномалий магнитного поля к сводам соляных антиклиналей. В районе кряжа Карпинского по материалам аэромагнитной съемки применяя интерпретационную томографию, удалось расчленить толщи складчатого палеозоя на ряд вещественных комплексов, расшифровать их внутреннюю структуру;

- малоконтрастные эффекты в гравитационном и магнитном полях, связаны с вертикальными и латеральными неоднородностями строения осадочного чехла, выявление которых возможно только с применением современных технических средств и программных комплексов;

- результаты анализа тонкой структуры потенциальных полей позволят с высокой степенью надежности выделить элементы разрывной тектоники, включая контролирующие распределение флюида.

Перечисленные факторы позволяют повысить уровень представлений о вероятных локальных объектах, в первую очередь, связанных с карбонатными отложениями палеозоя, уточнить площадь распространения и параметры соляноангидритовой покрывки (флюидоупора) над палеозойским

комплексом, выделить системы антиклинальных поднятий, как в палеозойской, так и мезозойской части чехла. Вполне вероятно выявление новых участков, перспективных на обнаружение локальных малоамплитудных (20-50 м), как унаследованных, так и бескорневых структур в юрской нефтегазовой толще.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Киинов Л., Исказиьев К., Каримов С., Коврижных П., Шагиоров Б. Високоточная инновационная аэромагнитная съемка Прикаспийской впадины // Казахстанский аналитический журнал о нефти и газе «Petroleum». – Апрель 2014 г. – № 2 № – Спец. выпуск, посвященный выставке АТYRAU OIL&GAS-2014. – <http://www.petroleumjournal.kz>
- [2] Конторович Р.С., Бабаянц П.С. Аэрогеофизика – эффективный инструмент решения геолого-поисковых задач // Ежемесячный научно-технический журнал «Разведка и охрана недр». – Июль 2011 г. – № 7. – С. 3-10.
- [3] Магниторазведка: Справочник геофизика / Под ред. В. Е. Никитского, Ю. С. Глебовского. – М.: Недра, 1990. – 470 с.
- [4] Donovan T.J., Forgey R.L., Roberts A.A. Aeromagnetic detection of diagenetic magnetite over oil fields. AAPG // Bull. – 1979. – Vol. 6, № 2.

#### REFERENCES

- [1] Kiinov L., Iskaziyyev K., Karimov S., Kovrizhnykh P., Shagirov B. Vysokotochnaya innovatsionnaya aeromagnitnaya s'yemka Prikaspiyskoy vpadiny // Kazakhstanskiy analiticheskiy zhurnal o nefiti i gaze Petroleum. Aprel' 2014. N 2. Spets. vypusk, posvyashchennyi vystavke ATYRAU OIL & GAS-2014. <http://www.petroleumjournal.kz>
- [2] Kontorovich R.S., Babayants P.S. Aerogeofizika – effektivnyy instrument resheniya geologo-poiskovykh zadach // Yezhemesyachnyy nauchno-tehnicheskyy zhurnal «Razvedka i okhrana nedr». Jyul' 2011. N 7. P. 3-10.
- [3] Magnitorazvedka: Spravochnik geofizika / Pod red. V. Ye. Nikitskogo, Yu. S. Glebovskogo. M.: Nedra, 1990. 470 p.
- [4] Donovan T.J., Forgey R.L., Roberts A.A. Aeromagnetic detection of diagenetic magnetite over oil fields. AAPG // Bull. 1979. Vol. 6, N 2.

#### Ә. Шарапатов, М. Шаяхмет

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

#### МҰНАЙ-ГАЗДЫ КАСПИЙ МАҢЫ ОЙПАТЫНДА АЭРОМАГНИТТІК ӘДІСТІ ТИІМДІ ҚОЛДАНУДЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ГЕОЛОГИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

**Аннотация.** Мақала Каспий маңы ойпаты бойынша жарияланған және геологиялық қордағы геологиялық-геофизикалық материалдарды талдау нәтижесінде жазылған. Зерттеу территориясында аэромагниттік әдістермен орындалатын нақты геологиялық міндеттер оның геологиялық ерекшеліктерін ескере отырып қарастырылған.

Қазақстанның белгілі мұнай-газды ауданында болжау-іздеу жұмыстарын орындауда аэромагниттік барлаудың артықшылықтары мен мүмкіндіктері негізделген. Мұнай-газды нысандардың жалпылама қималарында магниттік қасиеттері жағынан ерешеленетін 4 элемент жіктелген және әрқайсының магниттік сипатын анықтайтын факторлар келтірілген.

Мақалада зерттеу ауданының физикалық-геологиялық ерекшеліктері келтірілген: Құрманғазы кенорнының ұнғымалық мәліметтерімен дәлелденген шөгінді қабат таужыныстарының магниттік параметр мәндері, маркерленетін магнитактивті горизонттар. Іргетас үшін құрамы ұқсас көршілес (Каспий маңы ойпатының шығысы) Батыс Оралдың табиғи ашылымдарынан алынған кембрийге дейінгі таужыныстар үлгілерінің магнит қабылдағыштық мәндері қолданылды.

Әдістің қолданылуы далалық жұмыстарды жүргізудің қазіргі аппараттық-техникалық деңгейін, геофизикалық мәліметтерді өңдеу, интерпретациялау және бейнелеуде компьютер мүмкіндіктерін есепке алып негізделген.

Мақаланың қорытынды бөлігінде Каспий маңы ойпатын зерттеушілермен анықталған гравитациялық, магниттік өрістердің оң және теріс аномалияларының көздері болуы мүмкін құрылымдық-тектоникалық факторлар келтірілген.

**Түйін сөздер:** аэромагниттік барлау, Каспий маңы ойпаты, шөгінді қабат және іргетас таужыныстарының магниттік қасиеттері, әдіс тиімділігі.