

О пространственной взаимосвязи геофизических параметров с залежами углеводородов в нижних этажах осадочного чехла западного склона Южно-Татарского свода

Е.Е. Андреева¹, А.С. Борисов¹, Н.А. Докучаева¹, М.Я. Боровский², А.В. Валеева³, С.Е. Валеева¹

¹ИПЭН АН РТ, ²ОАО «Геофизсервис», ³ОАО «Татнефть»

aee8277@rambler.ru

Аннотация

Основопологающим геофизическим методом поиска залежей нефти на территории Волго-Урала является сейсморазведка; однако, не стоит недооценивать достоверность и простых геофизических методов, таких как грави- и магниторазведка при прогнозировании залежей нефти и газа на изучаемой территории. В настоящей работе в ходе анализа выявлены определенные пространственные взаимосвязи геофизических параметров с наличием залежей углеводородов в нижних этажах (верхний девон, нижний карбон) осадочного чехла Волго-Уральской нефтегазоносной провинции: большинство ловушек находится в зонах положительных значений аномального магнитного поля и в зонах отрицательных значений локального магнитного поля

Ключевые слова

геофизические методы поиска, нефтяная залежь, магниторазведка, грави-разведка, сейсморазведка

Материалы и методы

Комплексная интерпретация данных, полученных методами: магниторазведки (поле ΔT_a), гравиразведки (поле Δg) совместно с данными сейсморазведки.

Для цитирования:

Е.Е. Андреева, А.С. Борисов, Н.А. Докучаева, М.Я. Боровский, А.В. Валеева, С.Е. Валеева. О пространственной взаимосвязи геофизических параметров с залежами углеводородов в нижних этажах осадочного чехла западного склона южно-татарского свода // Экспозиция Нефть Газ. 2020. №4. С. 37-40. DOI:10.24411/2076-6785-2020-10087

Поступила в редакцию: 29.06.2020

Spatial relationship of geophysical parameters with hydrocarbon deposits in lower floors of sedimentary cover of western slope of South Tatar vault

Evgeniya E. Andreeva¹, Anatolij S. Borisov¹, Nina A. Dokuchaeva¹, Mihail Ya. Borovsky², Anna V. Valeeva³, Svetlana E. Valeeva¹

¹ IPEN AN RT, ² OJSC Geophyservice, ³ OAO TATNEFT

aee8277@rambler.ru

Abstract

The fundamental geophysical method of searching for oil deposits on the territory of the Volga-Urals region is seismic exploration; however, one should not underestimate the reliability of simple geophysical methods, such as gravel and magnetic exploration, when predicting oil and gas deposits in the studied area. In the present work, the analysis revealed certain spatial relationships of geophysical parameters with the presence of hydrocarbon deposits in the lower floors (upper devon, lower carboniferous) of the sedimentary cover of the Volga-Ural oil and gas-bearing province: most of the traps are located in the zones of positive values of the anomalous magnetic field and in the zones of negative values of the local magnetic field

Keywords

geophysical search methods, oil deposit, magnetic exploration, engraving, seismic exploration

Materials and methods

Complex interpretation of data obtained by methods: magnetic exploration (field ΔT_a), engraving (field Δg) together with seismic exploration data.

For citation:

Evgeniya E. Andreeva, Anatolij S. Borisov, Nina A. Dokuchaeva, Mihail Ya. Borovsky, Anna V. Valeeva, Svetlana E. Valeeva. Spatial relationship of geophysical parameters with hydrocarbon deposits in lower floors of sedimentary cover of western slope of south tatar vault // Ekspozitsiya Net' Gaz = Exposition Oil Gas, 2020. issue 3, pp. 37-40. DOI:10.24411/2076-6785-2020-10087

Received: 29.06.2020

Введение

Повышение эффективности поисков залежей в терригенных отложениях девона — старая проблема нефтяной геологии Волго-Уральской нефтегазоносной провинции [5, 6, 10, 11]. Установленное [5] на многих участках несоответствие нижнекаменноугольных и верхнедевонских структурных планов, наличие неструктурных ловушек нефти снижает эффективность поисково-разведочного бурения. Основным геофизическим методом, обеспечивающим информационную базу разведочного бурения нефтеперспективных площадей, является сейсморазведка методом отраженных волн [6, 10, 12]. Материалы так называемых “легких” геофизических методов, а это в первую очередь магниторазведка и гравиметрия, остаются недооцененными в большинстве случаев на этапе освоения нефтегазовых месторождений.

Представляется целесообразным разработать определенные методические подходы для более эффективного использования материалов легких геофизических методов — магниторазведки (поле ΔT_a) и гравиразведки (аномальное и локальное поле Δg) — в качестве дополнительного (к сейсморазведке и ГИС) информационного канала для выявления сложнопостроенных ловушек углеводородов в терригенных отложениях девона и нижних горизонтах карбона Южно-Татарского свода.

Объект исследований

В качестве опытной модели была выбрана хорошо разбуренная площадь с выявленными залежами нефти на западном склоне Южно-Татарского свода (по согласованию с недропользователем название месторождения и залежей не разглашается). Интерпретационный пакет процедур включал в себя анализ морфологических особенностей поведения сейсмических параметров $\Delta t_{ву}$, $\Delta t_{уд}$, $V_{ву}$, $V_{уд}$ по отдельным профилям (рис. 1). Из потенциальных полей анализировались аэромагнитные

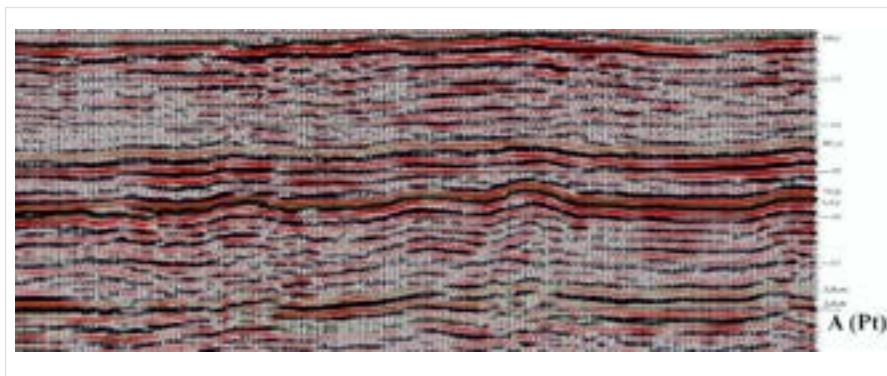


Рис. 1 — Характер сейсмического волнового поля при наличии дизъюнктивных нарушений в кристаллическом фундаменте (отражающая граница A_p)
Fig. 1 — Nature of seismic wave field in case of disjunctive disturbances in crystal foundation (reflecting boundary A_p)

данные (ΔT_a), а также результаты высокоточной гравиметрии $\Delta g_{лок}$.

Практика геофизических исследований показывает [1, 8], что высокоточная гравиметрия хорошо зарекомендовала себя при выявлении и трассировании деструктивных зон в фундаменте, при изучении антиклинальных ловушек, а также при непосредственном прогнозировании аномалий типа залежь. В свою очередь, в нефтегазоносных бассейнах магниторазведка находит применение при изучении вещественного состава фундамента, при выявлении и трассировании разрывных нарушений как в фундаменте, так и в перекрывающем осадочном чехле [2, 9, 13]. Многочисленны примеры непосредственного прогнозирования ареалов распространения ловушек углеводородов, генетически связанных с зонами тектонической трещиноватости. Дизъюнктивная тектоника приводит, как правило, к существенному изменению литологии, коллекторских свойств и мощности пластов терригенного девона, что, в свою очередь, способствует формированию залежей углеводородов [3, 4, 7].

Зона трещиноватости представляет собой объем пород, характеризующийся дефицитом плотности, соответственно в локальном поле силы тяжести будет наблюдаться отрицательная аномалия $\Delta g_{лок}$, а в магнитном поле — повышенные значения напряженности поля ΔT_a вдоль линии разрывного нарушения. На сейсмических временных разрезах в зонах разломов нарушается корреляция, наблюдается резкое изменение интервального времени прохождения между отражающими границами Д и А, а также присутствуют структурные локальные осложнения по горизонтам нижнего и среднего карбона (рис. 1).

Материалы и методы

Комплексная интерпретация данных магниторазведки (поле ΔT_a), гравиразведки (поле Δg) и сейсморазведки достаточно давно используется в разнообразных вариантах для прогнозирования залежей углеводородов [8, 13]. В нашей работе мы попытались сделать очередной шаг в этом направлении и выявить пространственные взаимосвязи



Рис. 2 — Распределение аномального магнитного поля ΔT_a модельной площади западного склона Южно-Татарского свода
Fig. 2 — Distribution of abnormal magnetic field ΔT_a on the model area of the western slope of the South Tatar arch



Рис. 3 — Распределение локального магнитного поля модельной площади западного склона Южно-Татарского свода
Fig. 3 — Distribution of local magnetic field on the model area of the western slope of the South Tatar arch

геофизических параметров с наличием залежей углеводородов в нижних этажах (верхний девон, нижний карбон) осадочного чехла Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Результаты и обсуждения

Были построены карты аномального магнитного поля ΔT_a (рис. 2), карта локального магнитного поля (рис. 3), карта аномального поля силы тяжести $\Delta g_{\text{лок}}$ (рис. 4), а также структурная карта (рис. 5) по поверхности саргаевского горизонта.

Для выявления корреляционной связи между размещением в плане известных залежей нефти и гравимагнитными полями, выполнен статистический анализ по всей площади модельного месторождения. Анализ проводился отдельно для трех стратиграфических уровней: верхнедевонского, нижнекаменноугольного и среднекаменноугольного. При выполнении статистического анализа и качественной оценки гравимагнитных полей принимался во внимание характер аномальных полей: положительный (+), отрицательный (-), переходный (+ · -). Кроме того, для аэромагнитного поля (ΔT_a) учитывались локальные осложнения положительного (+) и отрицательно (-) знака, а для локального гравитационного поля — фоновый (0) уровень.

Верхнедевонские залежи. Для определения корреляционных связей известных залежей с геофизическими полями использовались данные глубокого бурения и ГИС по 50 скважинам, в их числе присутствовало 23 промышленно нефтеносных пашийских и кыновских разрезов, 15 разрезов без промышленной нефтеносности в пласте D_0 и 12 разрезов скважин без пластов-коллекторов D_0+D_1 .

Промышленно нефтеносные разрезы тяготеют к приподнятым участкам залегания поверхности кристаллического фундамента (рис. 5) и характеризуются относительно

сокращенной мощностью толщи между поверхностью кристаллического фундамента и кровлей саргаевского горизонта. В гравимагнитных полях (рис. 2, 4) промышленно нефтеносным толщам соответствуют преимущественно градиентные (переходные) и положительные поля. При этом вероятность обнаружения промышленно нефтеносных разрезов резко возрастает при наличии в локальном магнитном поле (рис. 3) отрицательных значений и положительных значений аномального магнитного поля ΔT_a (рис. 2). Локальными отрицательными осложнениями ΔT_a характеризуется 43% (10 из 23) кыновских нефтеносных разрезов скважин. Столь низкий эффект «узаваемости» можно объяснить в основном тем, что на модельной площади не проводились целевые высокоточные магнитометрические исследования, без которых выделение залежей по магнитному полю является трудно разрешимой задачей.

Нижнекаменноугольные залежи. При анализе использовались разрезы 22 скважин, нефтеносные только в нижнекаменноугольных отложениях. Это же требование соблюдалось и при подборе 25 «пустых» (не нефтеносных) разрезов.

Нефтеносные разрезы контролируются участками с преимущественно увеличенной мощностью отложений между кровлей саргаевского горизонта и отражающей границей «У» (рис. 1) тульского горизонта, где она в среднем на 21 м больше, чем на участках без нефти. Нефтеносные нижнекаменноугольные разрезы, как правило, фиксируются отрицательными магнитным и гравитационным полями (рис. 2, 4), в которых вероятность их обнаружения возрастает соответственно в 3,0 и 1,4 раза.

Среднекаменноугольные залежи. Характерным является крайне неравномерная разбуренность башкирско-верейских отложений по площади. Всего анализировалось 43

нефтеносных и 25 «пустых» разрезов. Выявлено, что глубина залегания кровли верейского горизонта (отражающая граница В, рис. 1) на нефтеносных разрезах в среднем на 20 м меньше, чем в разрезах без нефти. Нефтеносным разрезам отвечают преимущественно отрицательные локальные аномалии гравитационного поля (рис. 4). На участках распространения таких аномалий вероятность обнаружения нефти в среднекаменноугольных отложениях примерно в 4,5 раза выше, чем в нефтеносных. Частота обнаружения нефтеносных залежей в положительном поле ΔT_a (рис. 2) примерно в 1,7 раза выше, чем в отрицательном. При наличии локальных отрицательных осложнений магнитного поля (рис. 3) вероятность обнаружения нефтеносных залежей на участках отрицательных аномалий $\Delta g_{\text{лок}}$ (рис. 4) и положительных аномалий ΔT_a магнитного поля (рис. 2) возрастает более чем в 3 раза.

Итоги

Выявлены определенные пространственные взаимосвязи геофизических параметров с наличием залежей углеводородов в нижних этажах (верхний девон, нижний карбон) осадочного чехла Волго-Уральской нефтегазоносной провинции: большинство ловушек находится в зонах положительных значений аномального магнитного поля и в зонах отрицательных значений локального магнитного поля (рис. 2, 3).

При анализе распределения поля силы тяжести на территории западного склона ЮТС обращает на себя внимание факт практически повсеместного отсутствия залежей нефти в пределах линейно-вытянутых интенсивных локальных (более 1 мГал) аномалий отрицательного знака. Большинство залежей приурочено к локальным аномалиям поля силы тяжести Δg , интенсивность которых изменяется от -0,25 мГал до +0,25 мГал, т.е. располагается в переходной зоне (рис. 4).



Рис. 4 — Распределение локального аномального поля силы тяжести $\Delta g_{\text{лок}}$ модельной площади западного склона Южно-Татарского свода

Fig. 4 — Distribution of local gravitational anomalies $\Delta g_{\text{лок}}$ on the model area of the western slope of the South Tatar arch

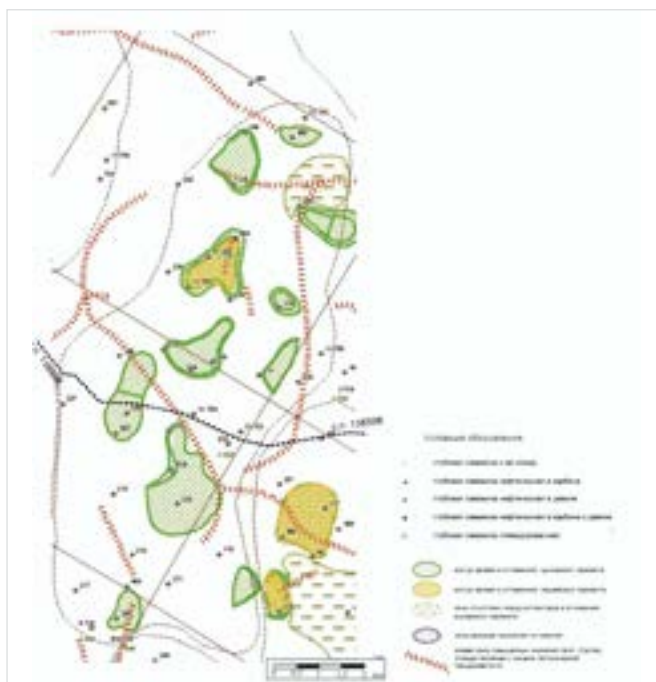


Рис. 5 — Структурная карта по кровле Саргаевского горизонта модельной площади западного склона Южно-Татарского свода

Fig. 5 — Structural map of the roof of the Sargaevsky horizon on the model area of the western slope of the South Tatar arch

Выводы

Комплексная интерпретация данных магниторазведки (поле ΔT_{ρ}), гравиразведки (поле Δg локальное) и сейсморазведки, с учетом указанных выше пространственных взаимосвязей с нефтеносностью, дает основание оценивать вероятность наличия залежей нефти и обосновывать заложение рекомендуемых скважин. Следует отметить, что в случаях совпадения структурных планов каменноугольных и пермских отложений при заложении скважин на нижне- и среднекаменноугольные залежи возможно расхождение статистических гравитационных признаков нефтеносности с конкретными характеристиками точек потенциального разбуривания, обусловленное интегральным свойством поля силы тяжести.

Литература

1. Березкин В.М. Применение гравиразведки для поисков месторождений нефти и газа. М.: Недра, 1973. 263 с.
2. Боронин В.П., Степанов В.П., Гольштейн Б.Л.

Геофизическое изучение кристаллического фундамента Татарии. Казань: Изд-во Казанского унта, 1982. 200 с.

3. Вальяев Б.М. Роль разломов в нефтегазо-накоплении // Разломы земной коры. М.: Наука, 1977. С. 43–45.
4. Гаврилов В.П. Влияние разломов на формирование зон нефтегазоаккумуляции. М.: Наука, 1977. 257 с.
5. Геология нефтяных и газовых месторождений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции / С.П. Максимов, В.А. Киров и др. М.: Недра, 1970. 801 с.
6. Грунис Е.Б. Ускоренная разведка и освоение залежей нефти в сложнопостроенных ловушках (на примере востока Русской плиты). СПб: ВНИГРИ, 1995. 194 с.
7. Демидов В.А. Глубинные разломы и закономерности размещения месторождений нефти и газа в пределах древних платформ // Тектоника Восточно-Европейской платформы и ее обрамления. М.: Наука, 1975. С. 161–164.
8. Каратаев Г.И., Ватлин Б.П., Захарова Т.И.

Методика комплексной геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. Новосибирск: Изд. Наука СО АН СССР, 1973. 166 с.

9. Куликов Г.Н., Мавричев В.Г. Аэромагниторазведка на нефть и газ // Геофизика. 1995. №2. С. 37–42.
10. Ларочкина И.А. Концепция системного геологического анализа при поисках и разведке месторождений нефти на территории Татарстана. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2013. 232 с.
11. Муслимов Р.Х. Повышение эффективности освоения нефтяных месторождений Татарии. Казань: Тат. кн. изд-во, 1985. 176 с.
12. Пузырев Н.Н. Методы и объекты сейсмических исследований. Новосибирск: Издательство СОРАН, НИЦ ОИГГМ, 1997, 229с.
13. Степанов В.П., А.В. Степанов, И.В. Степанов. Методология изучения кристаллического фундамента и осадочного чехла Волжско-Камской антеклизы по комплексу геолого-геофизических данных. Казань: Плутон, 2005. 428 с.

ENGLISH

Conclusions

Complex interpretation of data of magnetic exploration (field ΔT_a), gravel exploration (field Δg local) and seismic exploration, taking into account the above mentioned spatial relationships with oil content, provides the basis to assess the probability of presence of oil deposits and to justify the

location of recommended wells. It should be noted that in cases of coincidence of structural plans of coal and Permian sediments when laying wells on lower and middle coal deposits, it is possible to diverge statistical gravitational features of oil content with specific characteristics of potential drilling points due to integral property of gravity field.

References

1. Berezkin V.M. The use of engraving for the search for oil and gas fields. M.: Nedra, 1973, 263 p.
2. Boronin V.P., Stepanov V.P., Holstein B.L. Geophysical study of the crystalline foundation of Tataria. Kazan: Publishing House of the Kazan Unt, 1982, 200 p.
3. B.M. Valyaev. The role of faults in oil and gas accumulation // Earth trough faults. M.: Science, 1977, Pp 43–45.
4. Gavrilov V.P. The influence of faults on the formation of oil and gas accumulation zones. M.: Science, 1977. 257 p.
5. Geology of oil and gas fields of the Volga-Ural oil and gas province/S.P. Maksimov, V.A. Kirov and others. M.: Nedra, 1970, 801 p.

6. Grunis E.B. Accelerated exploration and development of oil deposits in complex traps (using the example of the east of the Russian plate). SPb: VNIIGRI, 1995, 194 p.
7. Demidov V.A. Deep faults and patterns of placement of oil and gas deposits within the ancient platforms // Tectonics of the East European platform and its framing. M.: Science, 1975, Pp. 161–164.
8. Karataev G.I., Vatlin B.P., Zakharova T.I. Method of complex geological interpretation of gravitational and magnetic anomalies. Novosibirsk.: Ed. Science of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1973, 166 p.
9. Kulikov G.N., Mavrichiev V.G. Aeromagnetic exploration for oil and gas // Geophysics, 1995, issue 2, pp. 37–42.

10. Larochkina I.A. Concept of system geological analysis during the search and exploration of oil fields in Tatarstan. - Kazan: Feng Publishing House of the RT Academy of Sciences, 2013, 232 p.
11. Muslimov R.Kh. Improving the efficiency of development of Tataria's oil fields. Kazan: Tat. kN. Publishing House, 1985, 176 p.
12. Puzirev N.N. Methods and objects of seismic research. Novosibirsk. Publishing House SORAN, Research Center OIGGM, 1997, 229 p.
13. Stepanov V.P., A.V. Stepanov, I.V. Stepanov. Methodology for the Study of the Crystalline Foundation and Sedimentary Cover of the Volga-Kama Antheclysy according to the Complex of Geological and Geophysical Data. Kazan: Pluto, 2005, 428 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Андреева Евгения Евгеньевна, с.н.с. лаб. геологического и экологического моделирования ИПЭН АН РТ, г. Казань
aee8277@rambler.ru

Evgeniya E. Andreeva, senior researcher, Lab. geological and ecological modeling IPEN AN RT, Kazan
aee8277@rambler.ru

Борисов Анатолий Сергеевич, профессор ИГиНГТ К(П)ФУ, с.н.с. лаб. геологического и экологического моделирования ИПЭН АН РТ, г. Казань
basgeo49@mail.ru

Anatolij S. Borisov, Professor IGINGT K(P)FU, senior researcher lab. geological and ecological modeling of IPEN AN RT, Kazan
basgeo49@mail.ru

Докучаева Нина Абрамовна, с.н.с. лаб. геологического и экологического моделирования ИПЭН АН РТ, г. Казань

Nina A. Dokuchaeva, senior researcher lab. geological and ecological modeling IPEN AN RT, Kazan

Боровский Михаил Яковлевич, генеральный директор ОАО «Геофизсервис», г. Казань

Mikhail Ya. Borovsky, General Director of OJSC Geophyservice, Kazan

Валева Анна Валентиновна, зав. отделом ТатНИПнефть ОАО «Татнефть», г. Бугульма

Anna V. Valeeva, Head of TatNIPneft Department of ОАО TATNEFT, Bugulma

Валева Светлана Евгеньевна, н.с. лаб. геологического и экологического моделирования ИПЭН АН РТ, г. Казань
ssalun@mail.ru

Svetlana E. Valeeva, researcher lab. geological and ecological modeling IPEN AN RT, Kazan
ssalun@mail.ru