3. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И РАБОТЫ С ДАННЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ДЗЗ)

УДК 470.58: 553.98: 528.8: 528.06

DOI: 10.23885/2500-123X-2019-2-4-69-73

ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В СВЯЗИ С ПОИСКАМИ ЗАЛЕЖЕЙ УВ (на примере южного сегмента Урало-Казахского краевого прогиба)

А.Ю. Белоносов¹, М.С. Шалютин², А.Е. Кудрявцев¹, Д.В. Борисов

¹ Тюменский филиал ФБУ «ТФГИ по УрФО»

² Курганский филиал ФБУ «ТФГИ по УрФО»

³ Автономное учреждение Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Научно-Аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана»
belonosov-a@mail.ru, shalutin@mail.ru, kudryavtsevae85@mail.ru, dimbo2007@yandex.ru

Аннотация. Южный сегмент Урало-Казахского краевого прогиба (УККП) географически расположен в центральной части Курганской области. Он имеет сложное тектоническое строение. Скважинами вскрыты и изучены разрезы девона, карбона, перми, триаса, юры и мела. Наиболее перспективными для обнаружения залежей углеводородов (УВ) являются морские и лагунные отложения верхнего девона и нижнего карбона. Комплексная интерпретация гравитационного и магнитного полей выявила региональные глубинные разломы, разломы-сдвиги и др., а также интрузивные гранитоидные тела штокообразной формы. Для уточнения разломно-блокового строения южного сегмента УККП и признаков нефтегазонасыщения палеозойских толщ были привлечены материалы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Анализ расчетной карты конвективного теплового потока (КТП) выявил сопряженные системы глубинных флюидопроводящих разломов северо-западного и северо-восточного направлений, а также перспективные участки с нераздробленными покровными крышками. Для количественного прогноза нефтеперспективных площадей по космическим данным была предложена схема, в которой была использована эталонная классификация, где эталонами являлись близлежащие месторождения нефти, газоконденсата и газа. На перспективном блоке в пределах южного сегмента УККП методом максимального правдоподобия были зафиксированы признаки с 4-х месторождений Тюменской и Омской областей. Тюменские месторождения нефти и газа приурочены к палеовулканическим образованиям. По сейсмическим данным в пределах перспективного блока выявлено куполовидное поднятие, представляющее палеовулкан. Нефтеперспективные признаки по материалам ДЗЗ над куполовидным поднятием образуют, так называемый, «гало-эффект» (кольцевую аномалию). Полевые наземные исследования методом геохимии, методом активности углеводород-окисляющих бактерий (УОБ) и методом гамма-радиоактивной гамма-поисковой съемки подтвердили этот эффект. Сходимость результатов прогноза по материалам ДЗЗ, геохимии, метода УОБ и метода гамма-поисковой съемки составляет порядка 80 %. Количественный метод прогноза по материалам ДЗЗ может успешно применяться на малоизученных и труднодоступных территориях.

Ключевые слова: материалы ДЗЗ, конвективный тепловой поток, эталоны (месторождения), признаковое пространство, метод максимального правдоподобия, гравитационное и магнитное поле, геохимия, углеводород-окисляющие бактерии, южный сегмент Урало-Казахского краевого прогиба, перспективное куполовидное поднятие.

Урало-Казахский крайевой прогиб (УККП) расположен в восточной части Уральской горной системы. Суммарная ширина внутренней и внешней зон УККП составляет порядка 120 км., а протяженность с севера на юг более 1500 км. Продолжение УККП на Казахской территории носит название Тургайского прогиба.

Южный сегмент УККП на российской территории географически можно отнести к центрально-восточной части Курганской области, обозначив его населенными пунктами: Белозёрское, Курган, Глядянское, Половинное, Макушино, Мокроусово.

В тектоническом отношении южный сегмент УККП имеет достаточно сложное строение и харак-

теризуется сочетанием выступов-горстов древней складчатости, антиклинорий, межгорных прогибов и крупных впадин, осложненных гранитоидными и базитовыми интрузивными комплексами, региональными глубинными разломами, разломами-сдвигами, разломами, разграничивающими структурно-формационные зоны и прочими, имеющими северо-западную, северо-восточную и субмеридиональную ориентировку [1; 2].

В вещественном отношении, вскрыты скважинами и изучены разрезы нижнего, среднего и верхнего девона, нижнего карбона, перми и триаса, юры и мела [3].

Анализ кернового материала показал, что наиболее перспективными для обнаружения залежей нефти и газа являются морские и лагунные отложения верхнедевонского и нижнекаменноугольного возрастов [1; 2]. В целом, толщина палеозойских осадочных пород здесь оценивается в среднем порядка 5–6 км. Площадь земель, перспективных на углеводороды, оценивается порядка 30–35 тысяч квадратных километров, что соизмеримо с Припятским прогибом Днепровско-Донецкой впадины в Белоруссии. Он там составляет 34 тыс. км².

По мнению большого количества исследователей определенный интерес представляют эрозионно-тектонические поверхности, перекрытые глинистыми отложениями верхней юры и нижнего мела.

В 60–80х годах прошлого столетия вся территория южного сегмента УККП была покрыта аэрогравитационной и аэромагнитной съемками, соответственно масштаба 1: 100 000 и 1: 50 000. Качественный анализ гравитационного поля показал, что южный сегмент УККП характеризуется, в целом, зоной чередующихся узких линейных протяженных и единичных изометричных, либо группы изометричных, отрицательных аномалий.

При комплексной интерпретации гравитационного и магнитного полей, с учетом керновых данных бурения, узкие протяженные отрицательные аномалии были идентифицированы, как региональные глубинные разломы, а изометричные отрицательные аномалии, как интрузивные гранитоидные тела, по-видимому, штокообразной формы [3].

По характеру гравитационного поля было проведено его районирование и выделены разуплотненные зоны доюрского фундамента в пределах южного сегмента УККП. Таких зон оказалось три. Все они имеют одну, северо-восточную ориентировку, но различаются шириной. Самая крупная и широкая зона входит непосредственно в границы внешней зоны УККП. Вторая и третья зоны соответствуют сложному структурно-тектоническому сочленению Вагай-Ишимской впадины с древним выступом-горстом, осложненным базитовым интрузивным комплексом, и серией разломов северо-восточного и субмеридионального направлений.

В нефтепоисковом плане наибольший интерес представляет первая самая широкая разуплотненная зона. Во-первых, потому что над залежами нефти и газа, как правило, фиксируются отрицательные гравитационные аномалии. Во-вторых, в этой зоне ещё в 1937 г., в 100 км южнее г. Кургана были обнаружены естественные выходы затвердевшей нефти и масляные пятна на р. Алабуга, недалеко от п. Звериноголовское, которое расположено рядом с границей Республики Казахстан. Южнее границы,

к 1975 г. в северной части Тургайского прогиба был разбурен со сплошным отбором керна Кустанайский опорный профиль длиной 115 км, который прошел со структурно-картировочным бурением по Ново-нежинской, Щербаковской и Лесной площадям. В 46 скважинах были получены первые признаки нефти и нефтегазопроявления.

В первые годы XXI века, для уточнения разломно-блокового строения и признаков нефтегазонасыщения осадочных палеозойских толщ на территории южного сегмента УККП были привлечены материалы космической съемки со спутника Landsat7 [4; 5; 6]. Было отобрано порядка 400 сцен в видимом и инфракрасном диапазонах электромагнитных волн. Кроме этого, были задействованы данные и материалы ближайших метеостанций, цифровая модель рельефа, гравитационное поле и прочие. В итоге, была получена расчетная карта конвективного теплового потока, которая позволила закартировать современную сетку региональных разломов, и выявить наиболее явные места вертикального тепломассопереноса. При этом следует отметить, что залежи углеводородов (УВ) тяготеют к региональным флюидопроводящим разломам, с одной стороны, и к участкам менее «разбитым» и сохранившим неразрушенную покрывку, с другой стороны [6].

Качественный анализ карты конвективного теплового потока показал, что внутренняя и внешняя зоны УККП ограничены системой глубинных региональных флюидопроводящих разломов северо-восточной ориентировки. Кроме этого, выявлена сопряженная система глубинных разломов северо-западного направления. В дополнении, в центральной части южного сегмента УККП обнаружена тепловая аномалия средней интенсивности, прилегающая к региональному флюидодинамическому разлому северо-западной ориентировки.

На северо-восточной границе Курганской и Тюменской областей, в пределах Вагай-Ишимской впадины, на пересечении двух сопряженных глубинных разломов зафиксирована крупная интенсивная аномалия конвективного теплового потока. Она приурочена к наиболее раздробленному участку восточной части Курганской области. По всей видимости, данный участок является малоперспективным в нефтепоисковом отношении, из-за разбитости покрывки.

А наиболее перспективным по карте конвективного теплового потока, следует считать тектонический блок, географически расположенный между населёнными пунктами Белозёрское, Мокроусово и Варгаши [5; 6].

Для обработки вышеуказанного перспективного тектонического блока была предложена схема коли-

чественного прогноза нефтеперспективных площадей, базирующаяся на признаках земной поверхности, взятых из материалов космических съемок.

Из ГИС «Природные ресурсы России» были выбраны контуры нефтяных, нефтегазоконденсатных и газоконденсатных месторождений, расположенных на ближайшем удалении от выявленного тектонического блока. Эти месторождения (Кальчинское, Полуньяхское, Тайлоковское, Яккун-Яхское, Урненское, Чистинное, Игольско-Таловское, Тевризское) были приняты за эталоны.

Далее, было составлено признаковое пространство на эталонах и на перспективном тектоническом блоке. После создания эталонной классификации, методом максимального правдоподобия, признаковые пространства эталонов и перспективного блока были приведены в соответствие и сопоставлены. В итоге, в пределах исследуемой территории (тектонического блока) были зафиксированы признаки с Полуньяхского, Яккун-Яхского, Кальчинского и Урненского месторождения.

Здесь необходимо заметить, что Кальчинское и Урненское месторождение приурочены к палеовулканическим образованиям. Данный факт освещён в фондовых и опубликованных работах. Кроме этого, следует напомнить, что в средней части УККП, который географически относится к Кондинскому району Ханты-Мансийского автономного округа, в 1959 г. в 30 км. от г. Урай и в 25 км. от деревни Шаим, было открыто первое в Западной Сибири нефтяное месторождение Шаимское. В последствии, здесь были открыты ещё целый ряд нефтяных, нефтегазоконденсатных и газовых месторождений. В настоящее время, все они объединены в Шаимский НГР (нефтегеологический район). Причем, в ядрах антиклинальных структур, в которых обнаружены залежи УВ, находятся штокообразные интрузивные тела. В зависимости от состава интрузии (ультраосновная, основная, кислая), в перекрывающих отложениях вскрыты соответствующие продуктивные пласты (нефтяные, нефтегазоконденсатные, газовые).

Не исключено, что и в южном сегменте УККП данная зависимость будет продолжена.

В 70–80х годах прошлого столетия на территории восточной части Курганской области были проведены единичные профильные сейсмические исследования и фрагментарные площадные поисковые сейсморазведочные работы [3]. По этим данным, включая материалы структурно-картировочных, поисковых, опорных и параметрических скважин на территорию южного сегмента УККП была построена структурная карта поверхности доюрского фундамента. В пределах первой (по значимости) разуплотненной зоны доюрского фундамента выявлено 18 крупных,

средних и мелких антиклинальных структур. Самая крупная куполовидная структура сложной формы и 4 средних брахиантиклинальных структуры средних размеров оказались в контуре самой крупной отрицательной аномалии гравитационного поля. Из совместного и сравнительного анализов сейсмических построений, гравитационного поля и результатов предыдущих интерпретаций, стало ясно, что крупное куполовидное поднятие, по всей видимости, является палеовулканическим образованием типа «Урненского вулкана». Остальные антиклинальные структуры являются зависимыми от крупного поднятия, т.к. имеют вытянутую, форму и расположены по отношению к нему по радиальным направлениям.

Первой заверкой (верификацией) выявленных антиклинальных структур стало исследование территории на наличие углеводород-окисляющих бактерий (УОБ) в подземных водах палеогенных, неогеновых отложений, а также в открытых источниках (в илах озер). В настоящее время существует 8–10 родов УОБ, которые способны в различных естественных условиях питаться УВ. Отсюда, если популяция того или иного рода бактерий развивается, следовательно для этого имеется питательная среда. Если питание отсутствует, то популяция вымирает. Таким образом, над всеми выделенными антиклинальными структурами перспективного тектонического блока были выделены несколько родов УОБ, включая и открытые источники. К последним доверие, естественно, меньше, т.к. в илах озер могут скапливаться УВ, связанные с поверхностным (почвенным) загрязнением. Но, если кроме УОБ в озерах, в этом месте были обнаружены УОБ в подземных водах, то данный факт принимался как наиболее достоверный.

В 2006–2008 гг. были проведены целенаправленные сейсмические работы по изучению строения крупных и средних антиклинальных структур южного сегмента УККП [3]. Сейсмический профиль «Курган» с пятью поперечными рассечками был проложен субмеридионально от границы с Республикой Казахстан до границы с Тюменской областью, пересекая все основные тектонические структуры и элементы. Вдоль профиля «Курган» с рассечками были проведены наземные геохимические исследования и гамма-поисковая съемка. Данный комплекс стал вторым этапом верификации прогнозных материалов дистанционного зондирования земли (аэрогравитационная и аэромагнитная съемки, материалы космических съемок Landsat7).

Геохимические исследования базировались, в основном, на результатах хроматографических анализов грунтовых проб с глубины 1.5–2.0 метра. Определяющими параметрами являлись гомологи

бензола (бензол, толуол, ксилол), т.к., с одной стороны, они с большей вероятностью идентифицируют наличие нефтяных залежей, с другой стороны, они практически не утилизируются УОБ, в отличие от гомологов метана. Последних (метан, этан, пропан, бутан, пентан, гексан, гептан, октан, нонан, декан и т.д.) «поедают» 98 % всех УОБ. Таким образом, аномалии концентраций гомологов бензола можно смело принимать, как серьезный аргумент для постановки поискового бурения. Для примера, можно привести результаты подобных работ с южных районов Тюменской области. Так, из 14 поисково-разведочных скважин, пробуренных в Уватском районе, в пределах «уверенных» аномалий концентрации аренов (гомологи бензола) – в 13-ти скважинах был получен промышленный приток нефти, и только в одной скважине – не промышленный.

Гамма-поисковая съемка начала применяться для поисков залежей УВ еще раньше, чем появились в 1934 году газогеохимическая и микробиологическая съемки. В 1927 году профессор Архан-

гельский А.Д., исследуя нефтеносную провинцию Причерноморья, заметил, что над нефтяными и газовыми залежами фиксируется пониженный гамма-радиоактивный фон. Используя данный эффект в то время, на Мангышлаке были открыты несколько месторождений УВ.

Совместно с результатами сейсмических региональных исследований, сочетание положительных геохимических и отрицательных гамма-аномалий показало, что крупное куполовидное поднятие в центральной части южного сегмента УККП является перспективным на поиски нефти и газа. Особое внимание следует обратить на склоновые отложения, включая структурные носы. Комплексирование геохимических и гамма-поисковых исследований четко показывает о наличии «гало-эффекта» (кольцевой аномалии) на данной куполовидной структуре.

Сходимость результатов прогнозирования по материалам дистанционного зондирования земли, геохимии и гамма-поисковой съемки является достаточно тесной и составляет порядка 80 %.

Список литературы

1. Кирда Н.П. К проблеме нефтегазоносности доюрских комплексов в центральных районах Западной Сибири и Южном Зауралье // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2013. – № 3. – С. 39–49.
2. Кирда Н.П. Перспективы нефтегазоносности доюрских комплексов Зауралья // Горные ведомости. – 2013. – № 10 (113). – С. 20–39/
3. Воронов В.Н., Цимбалюк Ю.А., Кравченко Г.Г. Оптимизация комплексирования геолого-геофизических технологий при изучении доюрского мегакомплекса Западной Сибири // Горные ведомости. – 2016. № 1–2 (140–141). – С. 30–44.
4. Белоносов А.Ю., Кудрявцев А.Е., Борисов Д.В. Обработка космических снимков со спутника «Terra» для дешифрирования нефтеперспективных геоструктур юга Западной Сибири // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: сб. материалов III Междунар. науч. конф., 13–16 сент. 2016 г. – Красноярск: СФУ, 2016. – С. 125–128.
5. Белоносов А.Ю., Мартынов О.С., Шешуков С.А. Космические исследования конвективного теплового потока при прогнозировании залежей нефти и газа на юге Западной Сибири // Международная Академическая Конференция «Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири». Материалы конференции, Тюмень, 2008.
6. Белоносов А.Ю., Туренко С.К. Интерпретация спутниковых данных конвективного теплового потока при прогнозировании залежей углеводородов в Курганской области // Известия вузов. Нефть и Газ. – 2009, №6, с.4–9.

VERIFICATION OF MATERIALS OF REMOTE SENSING OF THE EARTH IN CONNECTION WITH THE SEARCH OF HYDROCARBON DEPOSITS (on example of the Southern segment of the URAL-Kazakh foredeep)

A.Yu. Belonosov¹, M.S. Shalyutin², A.E. Kudryavtsev¹, D.V. Borisov³

¹ Tyumen branch FBI «TFGI in the Urals Federal Region»

² Kurgan branch FBI «TFGI in the Urals Federal Region»

³ Autonomous institution of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra

V.I. Shpilman research and analytical centre for the rational use of the subsoil

belonosov-a@mail.ru, shalutin@mail.ru, kudryavtsevae85@mail.ru, dimbo2007@yandex.ru

Abstract. The southern segment of the Ural-Kazakh regional deflection (UKPD) is geographically located in the Central part of the Kurgan region. It has a complex tectonic structure. The wells opened and studied the sections in the Devonian, Carboniferous, Permian, Triassic, Jurassic and Cretaceous. The most promising for the detection of hydrocarbon deposits (HC) are marine and lagoon deposits of upper Devonian and lower Carboniferous. Complex interpretation of gravitational and magnetic fields revealed regional deep faults, faults-shifts, etc., as well as Intrusive granitoid bodies of rod-shaped form. To clarify the fault-block structure of the southern segment of the UKPD and signs of oil and gas saturation of the Paleozoic strata, earth remote sensing (ERS) materials were used. Analysis of payment card convective heat flux (CHF) revealed paired fluid-conducting system of deep faults of the North-West and North-East directions, as well as promising areas with uncrushed tires. For the quantitative forecast of oil prospect areas from space data, a scheme was proposed, in which the reference classification was used, where the standards were the nearby oil, gas condensate and gas fields. At the prospective block within the southern segment of the UKPD by the method of maximum likelihood were recorded signs from 4 fields of the Tyumen and Omsk regions. Tyumen oil and gas fields are confined to the paleovolcanic formations. According to seismic data within the perspective block, a dome-shaped uplift representing the paleovolcano was revealed. Oil-promising signs on the materials of remote sensing over the dome-shaped uplift form the so-called "halo effect" (ring anomaly). Field ground research by Geochemistry, the method of activity of hydrocarbon-oxidizing bacteria (HOB) and gamma-radioactive gamma-search survey confirmed this effect. The convergence of the forecast results on the materials of remote sensing, Geochemistry, UOB and gamma-ray survey method is about 80 %. Quantitative method of forecast according to the materials of remote sensing can be successfully applied to poorly studied and remote areas.

Keywords: ERS materials, convective heat flow, standards (deposits), feature space, maximum likelihood method, gravitational and magnetic field, Geochemistry, hydrocarbon-oxidizing bacteria, southern segment of the Ural-Kazakh regional deflection, perspective dome-shaped uplift

References

1. Kirda N.P. K probleme neftegazonosnosti doyrskikh kompleksov v tsentral'nykh rayonakh Zapadnoy Sibiri i Yuzhnom Zaurale // *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri*. – 2013. – № 3. – P. 39–49. (In Russian)
2. Kirda N.P. Perspektivy neftegazonosnosti doyrskikh kompleksov Zauralya // *Gornye vedomosti*. – 2013. – № 10 (113). – P. 20–39. (In Russian)
3. Voronov V.N., Tsimbalyuk Yu.A., Kravchenko G.G. Optimizatsiya kompleksirovaniya geologo-geofizicheskikh tekhnologiy pri izuchenii doyrskogo megakompleksa Zapadnoy Sibiri // *Gornye vedomosti*. – 2016. № 1–2 (140–141). – P. 30–44. (In Russian)
4. Belonosov A. Yu., Kudryavtsev A. E., Borisov D. V. Obrabotka kosmicheskikh snimkov so sputnika «Terra» dlya deshifirovaniya nefteperspektivnykh geostruktur yuga Zapadnoy Sibiri // *Regional'nye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli: sb. materialov III Mezhdunar. nauch. konf.*, 13–16 sent. 2016 g. – Krasnoyarsk: SFU, 2016. – P. 125–128. (In Russian)
5. Belonosov A. Yu., Martynov O. S., Sheshukov S. A. Kosmicheskie issledovaniya konvektivnogo teplovogo potoka pri prognozirovani zalezhey nefti i gaza na yuge Zapadnoy Sibiri // *Mezhdunarodnaya Akademicheskaya Konferentsiya «Sostoyanie, tendentsii i problemy razvitiya neftegazovogo potentsiala Zapadnoy Sibiri»*. Materialy konferentsii, Tyumen', 2008. (In Russian)
6. Belonosov A. Yu., Turenko S. K. Interpretatsiya sputnikovoykh dannnykh konvektivnogo teplovogo potoka pri prognozirovani zalezhey uglevodorodov v Kurganskoj oblasti // *Izvestiya vuzov. Neft' i Gaz*. – 2009, – № 6, – P. 4–9. (In Russian)