

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 550.838

*Посвящается учителю Андрею Яковлевичу Ярошу***Г.Г.Кассин, В.В.Суворов, В.В.Филатов**

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Создание Акционерного общества «Уралнефть», ставящего своей задачей поиски, разведку и эксплуатацию месторождений углеводородов на территории Свердловской области, напомнило авторам, что они продолжительное время проводили геофизические исследования в Волго-Уральской нефтегазоносной области, получили интересные теоретические, методические и геологические результаты, не утратившие своей ценности для тех, кто начнет осваивать новые нефтегазоносные районы. Обобщению этих результатов, соответствующих региональному и поисковому этапам исследований, и посвящена статья, которую мы предваряем небольшой исторической справкой.

Первые геофизические исследования на нефть в Урало-Поволжье стали выполняться в начале 30-х годов. Почти сразу же выяснилось, что их эффективность существенно возрастает, если при решении тех или иных геологических задач применяется несколько различных геофизических методов. Большие глубины залегания нефтяных месторождений и неплохие результаты, которые давала геофизика, быстро поколебали скептицизм и недоверие геологов к новым методам. И уже в 1932 г. идейный глава нефтяников И.М.Губкин писал: «Месторождения начали изучать не только геологически, но и геофизически и геохимически... Такой углубленный и комплексный подход к изучению месторождений полезных ископаемых, основанный на глубокой теоретической проработке геологии, геофизики, геохимии, возник в результате воззрений на изучение месторождений как на историческую форму, прошедшую в процессе своего развития через ряд последовательных стадий» [3].

С середины 30-х годов в работах на нефть стали принимать участие сотрудники кафедры геофизики Свердловского горного института: в 1935 г. В.Н.Головцын выполнил магнитную съемку в районе Оханска, в 1939 г. А.Я.Ярош провел такие же работы на северо-востоке провинции, в 1942-1943 гг. А.Я.Ярош с Г.П.Саковцевым занимались комплексными геофизическими исследованиями в Манчажском и Красноуфимском районах. В 1945 г. А.Я.Ярош с коллегами приступил к обобщению результатов геофизических исследований, проведенных в северной части Урало-Поволжья. К 1951 г. на эту территорию им была построена карта рельефа поверхности фундамента, которая использовалась при проектировании поисковых работ. Исследования, выполненные А.Я.Ярошем, высоко оценивались в нефтяных научных (ВНИГНИ, ВНИИ Геофизика) и производственных организациях. Поэтому в начале 50-х годов он по их заданию возглавил работу по изучению геологического строения всей Волго-Уральской провинции.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В послевоенные годы основной прирост запасов нефти и газа в Урало-Поволжье осуществлялся за счет глубокозалегающих месторождений в каменноугольных и девонских отложениях. Трудности выявления структур на больших глубинах естественным образом поставили вопрос о региональных исследованиях, которые позволили бы установить общие черты геологического и тектонического строения предполагаемых нефтяных областей и обосновать проведение в их пределах детальных геолого-геофизических и геохимических работ. Для решения этой проблемы необходимо было обобщить и проанализировать накопленную к тому времени геолого-геофизическую информацию.

Глубокое знание геологии и возможностей геофизических методов, хорошее владение математическим аппаратом, тонкий, неспешный анализ, большая работоспособность и увлеченность позволили А.Я.Ярошу

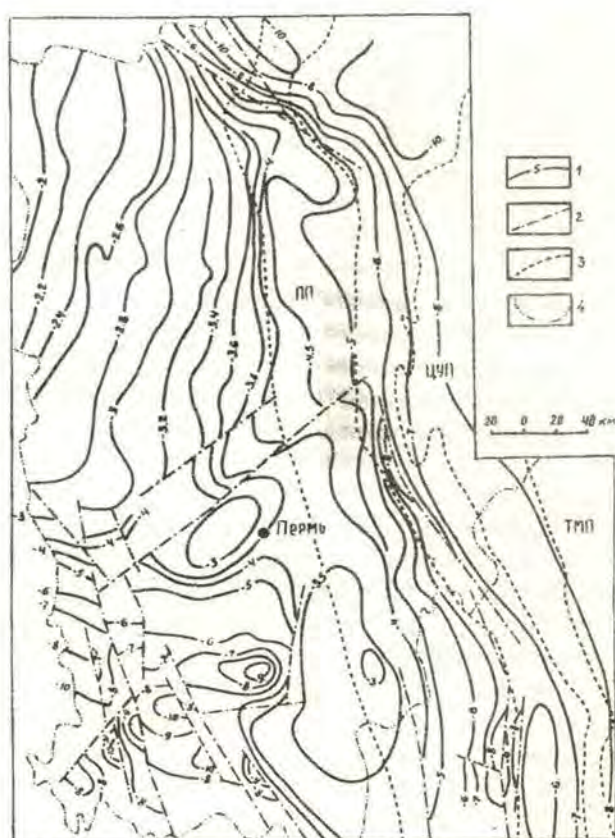
и его коллегам блестяще для своего времени справиться с поставленной задачей. Огромный фактический материал, подчинившись профессиональной воле исследователя, обернулся обоснованными геологическими выводами и построениями, не обесценившимися до сих пор. Воссоздав историю геологического развития региона, сформулировав основы историко-геологического анализа и разработав методику интерпретации физических полей, А.Я.Ярош выполнил тектоническое районирование территории, определил закономерности геологического строения, важные для прогноза нефтегазоносных структур.

При всем многообразии задач, решаемых на региональном этапе исследований, наиболее важной является задача изучения рельефа поверхности и внутренней структуры фундамента. А.Я.Ярош составил карту рельефа поверхности дорифейского фундамента на всю территорию Волго-Уральской провинции и на западный склон Урала, вплоть до Главного Уральского разлома [22,23,25,26]. Практически впервые по результатам интерпретации гравитационных и магнитных аномалий были оценены глубины до фундамента во впадинах с мощностью осадочного покрова 8-10 и более километров [25]. Ранее эта задача решалась только по результатам глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), проводившегося на единичных профилях. В ряде случаев анализ гравимагнитных полей позволял даже осуществлять стратиграфическую привязку сейсмических границ.

Как всякая капитально выполненная работа, карта, составленная А.Я.Ярошем, не претерпела существенных изменений: все крупные элементы поверхности фундамента и глубины до нее остались теми же, как их определил автор карты. Последующие более детальные геологические и геофизические исследования дали нам возможность внести в нее ряд уточнений, которые, однако, не есть механическое

Рис.1. Схема рельефа поверхности дорифейского фундамента Пермского Приуралья:

1 - линии изоглубин поверхности дорифейского фундамента, оцифровка в километрах; 2 - осевые линии разломов; 3 - границы основных структурно-фациальных зон Урала: ПП - Предуральский прогиб, ЗУЗС - Западно-Уральская зона складчатости, ЦУП - Центрально-Уральское поднятие, ТМП - Тагил-Магнитогорский прогиб; 4 - границы Пермской области



добавление (рис.1). Анализ новых деталей строения с учетом палеодинамических реконструкций и результатов измерений современного поля напряжений Урала позволил объяснить некоторые особенности строения фундамента, связав их с геодинамикой геологических процессов, в частности, асимметричное строение прогибов [10].

Фундамент, оказывая влияние на вышележащую осадочную толщу, сам испытывает воздействие более глубоких частей земной коры. Поэтому А.Я.Ярош придавал большое значение изучению глубинного строения Волго-Уральской провинции [25], выявлению связей между глубинными структурами и верхними горизонтами [5], в том числе с осадочным чехлом. Последующие исследования показали, что, учитывая строение глубинных частей земной коры, можно повысить надежность палеотектонического и нефтегеологического районирования изучаемой территории [2].

В своих работах А.Я.Ярош развивал представление о блоковой структуре земной коры [25,26]. В фундаменте им были выделены разновозрастные блоки, отличающиеся гипсометрией, внутренним строением и различным влиянием на формирование осадочного чехла. Блоки, отражаясь в различных

физических полях [1,13,16], оказывают существенное влияние на мощность и литолого-фациальный состав платформенных осадков. В качестве яркого примера можно привести верхнедевонско-нижнекаменноугольные Камско-Кинельские системы прогибов, бортовые части которых контролируют размещение месторождений углеводородов. Как правило, эти прогибы совпадают в плане с блоками фундамента, сложенными породами пониженной основности. Поэтому границы блоков могут служить одним из поисковых признаков при картировании прогибов в осадочном чехле.

Планомерное изучение блокового строения Приуралья и Урала геофизическими методами выявило две закономерности [13,21]. Во-первых, глубинные разломы, пронизывающие земную кору на всю ее мощность, образуют единую систему для этих существенно различных геоструктур. Анализ размеров блоков, ограниченных разломами различных рангов, показывает, что они (размеры) образуют геометрическую прогрессию с показателем, равным двум: блоки, ограниченные разломами первого ранга, имеют размеры (в среднем) 300х590 км, второго - 150х300 км, третьего - 70х140 км. Эту последовательность можно продолжить и далее в сторону разломов более высоких рангов. Во-вторых, блоковая тектоника определяет плановое положение крупных структурно-фациальных зон Урала и сопредельных территорий.

А.Я.Ярош отмечал исключительно большую роль крупных блоков фундамента Восточно-Европейской платформы в формировании Уральского геосинклинального прогиба [26]. Им указывалось, что строение меридиональных зон в пределах мио- и эвгеосинклиналей Урала, субширотная его поясность целиком определяются формой и размерами блоков дорифейского фундамента, поперечных к простиранию Урала. Эти блоки оказывают влияние на мощность и формационный состав осадочных образований геосинклинальной системы. Уральская геосинклиналь заложилась на эпикарельской платформе. Эти выводы нашли подтверждение в результатах последующих исследований. Поскольку блоковая структура присуща фундаменту и осадочному покрову как платформенной части Приуралья, так и складчатому Уралу, то ее изучение представляет одну из важнейших задач регионального этапа исследований для поисков месторождений нефти и газа на платформе и на Урале.

Большое внимание А.Я.Ярош уделял изучению разломной тектоники. Важность решения этой задачи при прогнозировании нефтегазоперспективных зон давно уже не требует доказательств. А.Я.Ярош усовершенствовал методику выделения и трассирования разломов [24], классификацию их на древние (доплатформенного этапа развития) и молодые, возникшие в платформенный период развития региона. Им была показана роль разломов в формировании структур чехла и фундамента, составлена карта разломов масштаба 1:500000 на всю территорию Волго-Уральской провинции. Позднее геофизические исследования среднего и крупного масштаба подтвердили построения А.Я.Яроша и одновременно существенно расширили возможности исследователей при изучении разломной тектоники [8,9,12,16,24]. Нами, в частности, были построены уточненные схемы разломов Приуралья и Урала, для платформенной части региона обоснована методика классификации разломов по времени их заложения и времени активизации, по глубине проникновения, кинематике и динамике. На примере Дуринской структуры в Соликамской впадине по геофизическим данным впервые надежно выделен сдвиговый тип глубинных разломов [11]. Выявлена пространственно-временная закономерность разломообразования. Оказалось, что разломы образуют системы, при этом каждому этапу тектогенеза свойственны разломы строго определенной пространственной ориентировки [12,21].

В качестве примера можно привести системы девонских микрограбенов северо-восточного простирания в Башкирском Приуралье и подобные же линейные структуры северо-западного направления в Пермском Приуралье. Нефтеконтролирующая роль этих элементов тектоники чрезвычайно велика: вдоль них тянется цепочка тектонически экранированных ловушек нефти.

Усложнение условий поисков месторождений нефти и газа побуждает к разработке новых методов прогнозирования. К таковым следует отнести схемы нефтегеологического районирования, основанные на выделении разломов и элементарных блоков фундамента вместе с сопряженными структурами осадочного чехла [2]. Приуроченность месторождений углеводородов в Пермском и Башкирском Приуралье к тектоническим зонам делает последние наиболее актуальными объектами при геолого-геофизических исследованиях.

Для оценки перспективности на нефть и газ земель западного склона складчатого Урала важным является вопрос об истории геологического развития этой территории. По геофизическим данным устанавливается, что дорифейский фундамент Восточно-Европейской платформы на Среднем Урале в слабо измененном виде прослеживается далеко на восток, до осевой линии Центрально-Уральского поднятия [25]. Предполагается, что эпикарельский фундамент восточнее этой линии подвергся более интенсивному преобразованию по сравнению с западной структурно-фациальной зоной байкалид Урала.

Таким образом, комплексный анализ геолого-геофизических данных уже на региональном этапе исследований позволил более целенаправленно вести поисковые работы на нефть и газ. Основой для повышения надежности прогнозирования нефтегазоперспективных зон явилось выявление пространственной связи между строением осадочного чехла и разломно-блоковой тектоникой фундамента. Выполненные

исследования однозначно доказывают, что успешность прогноза прямо зависит от того, насколько хорошо мы знаем строение фундамента.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОИСКОВОГО ЭТАПА

В начале 70-х годов при аэромагнитных исследованиях стали использоваться сначала квантовые, а чуть позже протонные магнитометры. Применение новой аппаратуры резко (иногда на порядок) повысило точность измерений и сразу открыло широкие возможности для непосредственного изучения осадочного чехла, сложенного слабомагнитными породами. В Урало-Поволжье эта проблема впервые была сформулирована авторами, теоретически и методически обоснована, а в производственные организации внедрена методика анализа магнитного поля для прогнозирования ловушек углеводородов [4 и др.]. К сожалению, из-за болезни А.Я.Ярош участия в этих работах уже не принимал.

Еще на региональном этапе исследований было обращено внимание на локальные положительные магнитные аномалии интенсивностью до первых десятков наноТесл, источники которых предположительно находились не в дорифейском фундаменте, а в осадочном чехле. Последующие более детальные работы подтвердили, что причиной этих аномалий являются внутречехольные интрузии, представленные породами повышенной основности, т.е. интрузивные тела, прорывающие толщу рифейско-вендских осадков. При этом выявилась связь этих интрузий с разломами фундамента.

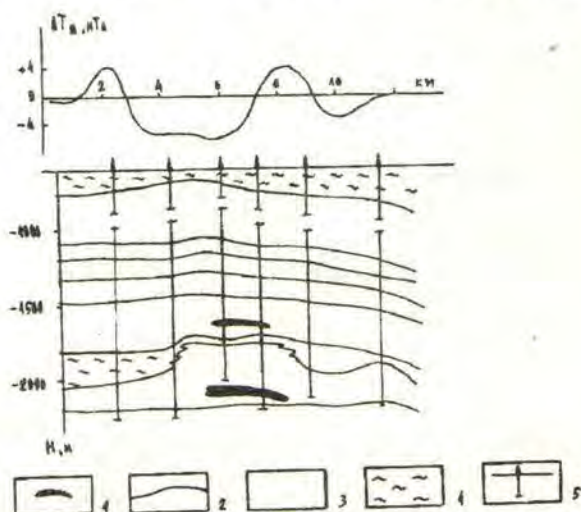
Практическая значимость установленных закономерностей геологического строения заключается в следующем. С одной стороны, проявления платформенного магматизма указывают на активность фундамента, что важно при прогнозе нефтегазоперспективных зон. С другой, сами магматические тела имеют прямое отношение к решению поисковых задач, поскольку внутречехольные магнепроявления могут служить причиной образования локальных структурных форм (поднятий, структурных «носов», эрозионных останцов и др.), к которым приурочиваются органогенные постройки.

Анализ геолого-геофизических материалов по Татарии, Удмуртии, Пермской области и другим нефтегазоносным землям дает основание говорить о наличии пространственной связи между магматическими телами и биогермными постройками, которые тяготеют к очагам локального платформенного магматизма и отмечаются отчетливыми магнитными и гравитационными аномалиями [6]. Последнее обстоятельство, позволяя включать в комплекс методов исследования магнитометрию и гравиметрию, способствует повышению эффективности работ при поисках рифогенных массивов.

Важным моментом в использовании магнитометрии явилась оценка аномальных эффектов, обусловленных локальными структурно-литологическими неоднородностями в осадочном чехле - локальными поднятиями, рифогенными массивами и другими объектами, образующими ловушки углеводородов. Для этого были обобщены данные о магнитных свойствах осадочных пород [4,7,19] и установлено, что терригенные осадки обладают повышенной магнитной восприимчивостью (до нескольких сотен единиц $\cdot 10^{-5}$ СИ) по сравнению с карбонатными и сульфатными отложениями; выявлена латеральная изменчивость магнитных свойств пород одновозрастных горизонтов чехла как в региональном, так и локальном планах. На ряде площадей Пермского Прикамья локальным положительным структурам разного генезиса присуща единая закономерность - уменьшение магнитной восприимчивости пород (а

Рис. 2. Магнитная аномалия и геологический разрез Гежского месторождения нефти:

1 - промышленные залежи нефти; 2 - положение стратиграфических горизонтов; 3 - толща преимущественно карбонатных пород; 4 - терригенные осадки; 5 - скважины



также плотности и скоростей распространения упругих волн) в направлении от крыльев к своду структур, обусловленное изменением литолого-фациального состава осадков по латерали. В наблюдаемом магнитном поле это проявляется своеобразными по форме аномалиями, имеющими вид перевернутого

сомbrero (рис.2).

Анализ магнитных свойств пород и наблюдаемых магнитных полей позволил составить представление о геомагнитной модели локального поднятия тектонического происхождения или органогенной постройки. Согласно модели уменьшение напряженности магнитного поля над структурами объясняется: а) уменьшением мощности более магнитных терригенных пород в своде структур (рис.2) и б) изменением магнитных свойств пород по латерали. Теоретические расчеты подтвердили сходство характеристик наблюдаемых полей и полей, соответствующих моделям [20]. Существенной аргументацией в пользу принятых модельных представлений послужили результаты сопоставления карт магнитного поля и схем распределения известных локальных поднятий в Пермском Приуралье: около 70% структур совпадает в плане с характерными локальными минимумами напряженности магнитного поля.

Позднее магнитные аномалии такого типа стали изучаться и в других районах Волго-Уральской, а также Тимано-Печорской провинций [14].

Локальные структуры чехла отмечаются на картах магнитного поля изометричными в плане аномалиями (рис.3). Помимо них при аэромагнитной съемке регистрируется большое число линейновытянутых аномалий, обусловленных дизъюнктивами также в покровных отложениях. Чаще всего их интенсивность невелика, сопоставима с погрешностью измерений (первые наноТеслы, реже 7-10 нТл). Например, линейные тектонические зоны в Пермской области, ограничивающие известные своей нефтегазоносностью девонские микрограбены, обнаруживаются только по результатам межпрофильной корреляции данных измерений магнитного поля или путем иных преобразований, в частности, статистических [18]. В благоприятных условиях аномальный эффект может быть выделен визуально. На рис.4 показана аномальная зона, связанная с установленной геологическими работами линией Красновишерско-Ныробского надвига. Плоскость надвига, падающая на восток, разделяет комплекс известняков в надвиговой (восточной) части с терригенными породами в Предуральском краевом прогибе. Непрерывно прослеживаемая по 26 профилям положительная аномалия интенсивностью 5-15 нТл, по нашим представлениям, связана со скупиванием более магнитных терригенных осадков во

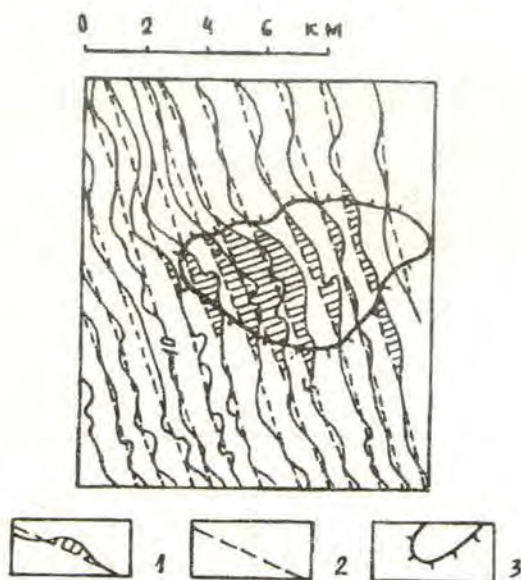


Рис.3. Магнитное поле Колвинской структуры:

1 - изодинамы наблюдаемого поля $\Delta T_{наб}$ (оцифровка в нТл); 2 - изодинамы регионального поля $\Delta T_{рег}$; 3 - контуры Колвинского поднятия по верхнепалеозойским горизонтам. Положительные локальные магнитные аномалии заштрихованы

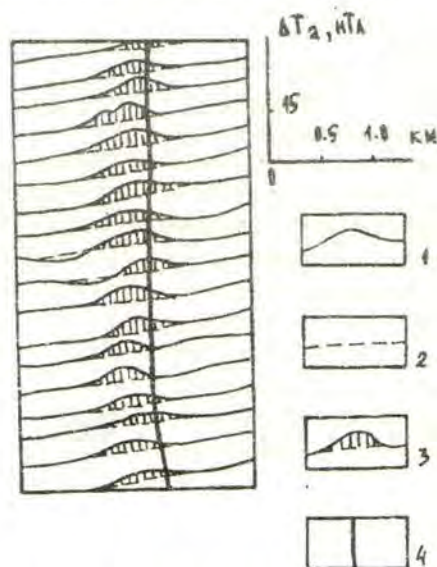


Рис.4. Картирование в магнитном поле Красновишерско-Ныробского надвига:

1 - графики наблюдаемого магнитного поля $\Delta T_{наб}$; 2 - графики регионального поля $\Delta T_{рег}$; 3 - локальные положительные аномалии; 4 - линия выхода на дневную поверхность плоскости надвига

фронтальной части надвига. Позднее, по мере повышения точности аэромагнитной съемки, положение девонских грабенообразных структур, контролирующих тектонически экранированные залежи нефти, стало определяться более уверенно [14].

Таким образом, если ранее данные магнитометрии использовались только для изучения фундамента и посредством его связи с чехлом выходили на прогноз перспективных структур, т.е. косвенным путем, то в настоящее время стало возможным непосредственное картирование строения платформенного чехла, в том числе структурных (локальные поднятия, рифы) и неструктурных ловушек углеводородов.

С помощью современной гравиметрической аппаратуры пока не достижима такая точность

измерения поля силы тяжести, которая позволяла бы гравиметрии решать столь же тонкие задачи по изучению чехла, как это делается магнитометрией. Тем не менее в общем комплексе геофизических исследований на нефть и газ этому методу принадлежит важная роль. В Урало-Поволжье локальные тектонические поднятия и рифогенные массивы отчетливо проявляются в гравитационном поле, поэтому при выделении перспективных участков для проведения сейсмических работ широко используются результаты анализа поля силы тяжести, в котором один из его исследователей - Г.Г.Кассин - обнаружил интересный эффект. При количественной интерпретации аномалий силы тяжести было установлено, что их поперечные размеры часто не соответствуют размерам структур в плане. Аномалия как будто бы «сжимается», и на ее периферии появляются дополнительные экстремумы, знак поля которых противоположен знаку аномалии. Этот эффект, названный по предложению В.М.Новоселицкого автолокализацией поля, объясняется многослойностью строения локальной структуры, когда в разрезе чередуются пласты пород, имеющие различную плотность [15]. Форма структуры при этом играет второстепенную роль: эффект наблюдается для антиклинальных складок, слоисто-блоковых структур, локализованных объектов, залегающих один над другим, и т.д. Игнорирование автолокализации при интерпретации поля силы тяжести приводит к занижению оценки глубины залегания структуры, восстановить истинное значение которой можно путем учета влияния различных слоев разреза.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В последние семь лет нами развивается новый подход в анализе физических полей, который условно можно назвать генетическим. Его суть заключается в следующем [11,21].

Современная теория интерпретации физических полей позволяет с требуемой для практики точностью определять физические свойства и условия залегания аномалиеобразующих геологических объектов. Но каждый объект является продуктом каких-то процессов, протекающих в земной коре. Поэтому правомерен вопрос о том, почему в данной части земной коры образовалась наблюдаемая, а не иная неоднородность.

Движителем многих геологических процессов являются действующие в земной коре напряжения. Им принадлежит ведущая роль в структурообразовании, они определяют тектоническую нарушенность и проницаемость среды, имеющих большое значение при перемещении магм, рудных растворов и углеводородов. Наконец, напряжения оказывают существенное влияние на физические свойства пород. Все эти обстоятельства определяют один из возможных путей решения проблемы.

Деформирование горных пород всегда приводит к относительному изменению их объема или дилатации. Это в свою очередь сопровождается уменьшением или увеличением плотности геологических тел и соответствующими изменениями поля силы тяжести. Изучение дилатационного процесса показало, что он наиболее интенсивно протекает в верхней части земной коры, локализован в пространстве и что морфология структуры и зоны дилатации закономерно связаны между собой, т.е. каждому типу структуры соответствует только ей присущее пространственное распределение дилатационных зон, отвечающее механизму формирования структуры.

Среди разнообразных тектонических нарушений широкое распространение имеют сдвиги, которые характеризуются большим набором элементов структурного парагенезиса. Отчетливее всего в зонах сдвигов проявляются трещины отрыва и скола. Особенность их пространственного положения заключается в том, что они образуют кулисообразные последовательности близких по форме и размерам локальных зон разуплотнения пород (зон дилатации). Эти проницаемые зоны пронизывают весь слой пород, вовлеченных в сдвигание. По таким проницаемым зонам-каналам происходит внедрение различных флюидов с больших глубин.

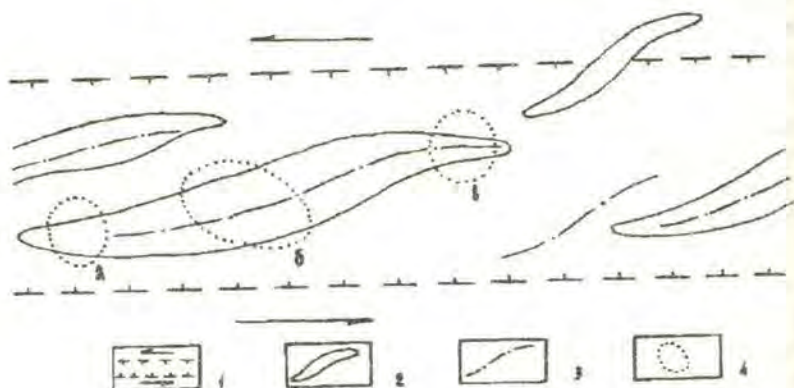
В поле силы тяжести сдвиговые тектонические нарушения отмечаются системами кулисообразных локальных положительных и отрицательных аномалий, близких по интенсивности и размерам. Форма аномалий в плане эллиптическая или S - образная; оси аномалий параллельны и образуют острый угол с направлением сдвигания. Наличие системы таких аномалий является устойчивым морфологическим признаком, позволяющим картировать сдвиги и определять их знак (левый, правый).

Отталкиваясь от этих признаков и используя данные повторных нивелировок (М.А.Блюмин, Р.В.Улитин, 1983), мы сделали вывод о том, что Дуринская структура (она упоминалась нами ранее) - Дуринский прогиб, развитый по кровле солей в пределах Верхнекамского калийного месторождения, и одноименный широтный глубинный разлом, образуют единую геодинамическую систему, развивающуюся как левосторонний сдвиг. Кулисообразная цепочка положительных аномалий силы тяжести в прогибе оказалась обусловленной также кулисообразными локальными погружениями в кровле солей, заполненными плотным терригенным материалом. Геологи считали причиной образования локальных погружений выщелачивание солей в основном подсолевыми водами; но не объясняли пространственную выборочность этого процесса. Исходя из сдвиговой природы прогиба, можно утверждать, что выщелачивание наиболее интенсивно шло там, где формировались проницаемые зоны-каналы. В верхней части разреза по ним

перемещались подсолевые воды, в нижней - углеводороды. На это указывает расположение в одной из кулис трех месторождений нефти: Чашкинского, Юрчукского и Бельского (рис.5). Такое совпадение

Рис.5. Отражение динамики Дуринского прогиба в гравитационном и магнитном полях:

1 - границы Дуринского глубинного разлома и направления сдвига; 2 - контуры положительных локальных аномалий силы тяжести; 3 - оси положительных линейных аномалий магнитного поля; 4 - контуры нефтяных месторождений: а - Юрчукское, б - Чашкинское, в - Бельское



является неслучайным. При накоплении соответствующего фактического материала можно говорить о новом типе залежей нефти и новом поисковом критерии.

В пределах нефтегазовой залежи происходят сложные и разнообразные минералогические и физико-химические процессы, являющиеся причинами магнитного поля структуры. До настоящего времени, как уже было отмечено, рассматривается только два его источника, поля которых поддаются количественной оценке, - это геометрия структуры и латеральная изменчивость магнитных свойств пород. Только этими факторами объясняют характерный для Приуралья вид аномального поля структур (см.рис.2). Остальные пока не проанализированы количественно, но их предварительный качественный анализ показывает [17]:

1. Залежи создают углеводородный, сероводородный и углекислый ореолы, приводящие к изменению пород в значительном объеме. В результате химических преобразований к центру залежи начинает возрастать степень доломитизации и сульфидизации пород, увеличивается содержание магнетита, ильменита, сидерита с распределенным в нем тонкодисперсным магнетитом. Это способствует изменению магнитных свойств среды.

2. Минералогические преобразования, воздействие углеводородов и аномально высокого пластового давления способствуют изменению электропроводности среды, возникновению электрических и окислительно-восстановительных потенциалов, вызывающих протекание электрических токов, которые в свою очередь порождают магнитное поле.

3. Остаточные напряжения (свидетельства истории формирования структуры) и аномально высокое пластовое давление приводят к прихотливому пространственному изменению магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности пород и, соответственно, наблюдаемого магнитного поля.

Рассмотренные факторы таят в себе потенциальные возможности для разработки новых методов не только косвенных, но и прямых поисков месторождений углеводородов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башорин В.Н., Кассин Г.Г. Результаты гелиевой съемки применительно к изучению тектонического строения юго-восточного склона Русской платформы //Тр.СГИ, вып. 128. - Свердловск, 1975.
2. Ваксман С.И., Рыбаков В.Н., Кассин Г.Г. и др. К вопросу о палеотектоническом и нефтегеологическом районировании Пермского Прикамья //Особенности геологии и разработки нефтяных месторождений Пермского Приуралья /Тр.ИГ и РГИ. - М., 1981.
3. Губкин И.М. Избранные сочинения, т.1.М.: Изд.АН СССР, 1950.
4. Кассин Г.Г., Гринкевич Г.И., Шершнева К.С. и др. Об эффективности аэромагнитных съемок при картировании структур в осадочном чехле Пермского Приуралья //Геофизические методы поисков и разведки, вып.3 /СГИ. - Свердловск, 1976.
5. Кассин Г.Г., Маловичко А.К., Новоселицкий В.М. и др. Гравитационная модель земной коры северо-восточной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции //Гравитационная модель земной коры и верхней мантии Земли. - Киев: Наукова думка, 1979.
6. Кассин Г.Г., Шихов С.А., Шершнева К.С. и др. О прогнозировании рифогенных структур Урало-Поволжья по магнитным аномалиям, связанным с платформенным магнетизмом //Геофизические методы поисков и разведки рудных и нерудных месторождений: Межвуз.научн.темат.сб., вып.5, СГИ.- Свердловск, 1979.

7. Кассин Г.Г., Филатов В.В., Халымбаджа И.Г. и др. О закономерностях распределения магнитных свойств осадочных пород на территории Приуралья // Геофизические методы поисков и разведки нефти и газа: Межвуз. научн. темат. сб. / ПГУ. - Пермь, 1981.
8. Кассин Г.Г., Шершнев К.С. Разломы Среднего Приуралья // Разломы земной коры Урала и методы их изучения. - Свердловск: Изд. УНЦ АН СССР, 1983.
9. Кассин Г.Г., Дружинин В.С., Рыбалка В.М. Субширотные глубинные разломы Среднего Приуралья и Урала // Геофизические методы поисков месторождений нефти и газа. - Пермь: Изд. ПГУ. - 1985.
10. Кассин Г.Г., Филатов В.В. Строение поверхности фундамента Приуралья по геофизическим данным // Изв. вузов. Геология и разведка. - 1987. - N5.
11. Кассин Г.Г., Филатов В.В. Геодинамический анализ Верхнекамского месторождения калийных солей по геофизическим данным // Геофизические аспекты изучения геологического строения месторождений калийных солей. - Л.: Изд. ВНИИГалургии, 1989.
12. Кассин Г.Г., Суворов В.В., Филатов В.В. Схема систем глубинных разломов Приуралья и принципы ее построения // Тектонофизические аспекты разломообразования в литосфере: Тез. докл. Всесоюз. совещания. - Иркутск: Изд. ИЗК СО АН СССР, 1990.
13. Кассин Г.Г., Филатов В.В. Закономерности блоковой делимости земной коры Урала // Геофизические методы поисков и разведки рудных и нерудных месторождений: Межвуз. научн. темат. сб. - Свердловск: Изд. СГИ, 1990.
14. Мавричев В.Г. Методика исследования осадочного чехла детальной аэромагнитной съемкой в Волго-Уральской и Тимано-Печерской нефтегазоносных провинциях: Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. - Уфа, 1989.
15. Новоселицкий В.М., Сусеков Ю.А., Кассин Г.Г. Соотношение размеров гравитационных структур и обусловленных ими аномальных полей // Геофизические методы поисков и разведки месторождений нефти и газа. - Пермь: Изд. ПГУ, 1972.
16. Семенов Б.Г., Кассин Г.Г., Ананьева Е.М. и др. О глубинной структуре земной коры Урала и прилегающей к нему территории // Геотектоника. - 1983. - N4.
17. Суворов В.В. О природе магнитных аномалий над нефтегазоносными структурами // Геофизические методы поисков и разведки месторождений нефти и газа. - Пермь: Изд. ПГУ, 1989.
18. Филатов В.В., Кассин Г.Г. О классификации слабых геомагнитных аномалий // Геофизические методы поисков и разведки: Межвуз. научн. темат. сб., вып. 3. - Свердловск: Изд. СГИ, 1976.
19. Филатов В.В., Кассин Г.Г., Суворов В.В. Возможности высокоточной аэромагнитной съемки для изучения локальных неоднородностей осадочной толщи в Пермском Приуралье // Латеральная изменчивость состава и физических свойств отложений и ее отражение в геофизических полях при поисках нефти и газа: Тез. докл. Всесоюз. семинара. - Пермь, 1978.
20. Филатов В.В., Кассин Г.Г. Поле ΔT над локальными структурами чехла с латеральной изменчивостью магнитных свойств // Геофизические методы поисков и разведки рудных и нерудных месторождений: Межвуз. научн. темат. сб., вып. 6. - Свердловск: Изд. СГИ, 1980.
21. Филатов В.В. Теория и практика геодинамического анализа гравитационного поля (на примере рудных районов Урала): Дис. ... докт. геол.- мин. наук. - Свердловск, 1990.
22. Ярош А.Я. Методика построения поверхности кристаллического фундамента Волго-Уральской нефтегазоносной области по данным геофизики // Вопросы разведочной геофизики, вып. 44. - Свердловск: Изд. СГИ, 1963.
23. Ярош А.Я. Структура кристаллического фундамента Западного Приуралья. МГК, XXII сессия // Доклады советских геологов. Геологические результаты прикладной геофизики. - М.: Недра, 1965.
24. Ярош А.Я. Разломы кристаллического фундамента восточных районов Русской платформы и Западного Приуралья // Советская геология. - 1966. - N10.
25. Ярош А.Я. Строение кристаллического фундамента Русской платформы и миогеосинклинальной области Урала: Дис. ... д-ра геол. мин. наук. - Свердловск, 1968.
26. Ярош А.Я. Структурные связи восточного края Русской платформы и Уральской геосинклинали // Вопросы тектоники докембрия континентов. - М.: Наука, 1970.