

УДК 550.384:553.98(470.1)

Храмов А.Н., Окнова Н.С.

ПУТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ЗАПИСЕЙ С ЦЕЛЬЮ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ НЕФТЯНОЙ ГЕОЛОГИИ (НА ПРИМЕРЕ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ)

В статье обсуждаются некоторые новые или только эпизодически используемые пути исследования палеомагнитных записей в осадочных толщах с целью решения проблем нефтяной геологии связанных с изучением палеогеодинамических и палеогеографических обстановок развития осадочных бассейнов, процессов преобразования слагающих их пород. В качестве примера рассмотрен опыт оценки возможного влияния геодинамических факторов на формирование нефтегазоносности осадочных толщ и путей миграции углеводородов разных тектонических циклов в Тимано-Печорской провинции. Анализ геодинамического развития бассейна позволяет наметить очаги генерации, установить направление миграции углеводородов в коллекторские толщи, поскольку с областями наибольшего погружения связаны газовые месторождения, а с менее погруженными частями – нефтяные. В заключение кратко изложены принципы решения задач геодинамики на основе изучения явлений палеомагнетизма и упомянуто несколько примеров решения на этой основе проблем миграции и аккумуляции углеводородов в других регионах.

Ключевые слова: *палеомагнитные исследования, геомагнитное поле, геодинамические модели, палеомагнетизм, стратиграфия нефтегазоносных бассейнов.*

Палеомагнетизм, тектоника плит и миграция углеводородов – три группы явлений, которые кажутся независимыми, изучаются разными методами и до последнего времени разными людьми – в действительности оказываются соединенными причинно-следственными связями, которые зафиксированы в магнитных свойствах горных пород. Палеомагнитные следы этих связей, да и самих явлений, разнообразны и распространены достаточно широко, а их происхождение во многом обусловлено тектоно-магматическими процессами, описываемыми тектоникой плит.

Палеомагнитные исследования, имея результатом значения географической широты, азимут меридиана, полярность геомагнитного поля в данной точке в определенный момент геологического времени, создают жесткие количественные рамки для геодинамических, палеогеографических, палеотектонических и палеоклиматических реконструкций,

разработки моделей развития осадочных бассейнов и орогенных поясов.

Анализ геодинамических моделей развития земной коры показал:

- континентальная земная кора активных окраин литосферных плит не имеет слоисто-блокового строения, а состоит из наклонно скученных частей литосферных плит и пластин;
- скучивание пластин вызывает динамометаморфизм, отжим флюидов и их латеральную и вертикальную миграцию, что приводит к формированию нефтяных и некоторых типов рудных месторождений.

В орогенах столкновения типа островная дуга - континент, при закрытии окраинного моря на поддвигаемой окраине континента складчатые дислокации и региональный метаморфизм захватывают продуктивные угленосные и нефтегазоносные толщи. Под давлением со стороны надвигаемой островной дуги в них происходит латеральная миграция углеводородов на значительные расстояния, образуя месторождения нефти и газа. Наиболее крупные месторождения возникают, когда под островные дуги или активные окраины континентов поддвигаются пассивные окраины других континентов или островных дуг с мощной линзой терригенных осадочных пород перед их краем. Под тяжестью литосферного выступа напозающей плиты углеводороды из попавшего под выступ осадочного клина будут активно выжиматься в сторону окраин поддвигаемых континентальных платформ. Этот механизм объясняет формирование крупнейших месторождений (Персидский залив, средний запад США, восток Русской плиты).

Последующие изменения палеогеографического положения (палеошироты и ориентировки по странам света) литосферных плит в процессе дрейфа континентов приводят к трансформации полей напряжений в них, способствуя тем самым ремобилизации флюидов и изменению формы залежей и их распределения.

Вышеописанные процессы были развиты на востоке Русской плиты в конце герцинского цикла в позднекаменноугольное и пермское время. Островные дуги (Магнитогорская, Тагильская и другие) надвинулись на окраину Восточно-Европейской платформы, в результате чего углеводороды выжимались в сторону пассивной окраины, перекрытой осадочным чехлом. На востоке Русской плиты расположены три крупнейших нефтегазоносные провинции России: Тимано-Печорская, Волго-Уральская и Прикаспийская. Волго-Уральская провинция занимает второе место после Западно-Сибирской по основному объему добычи, но степень его разведанности достигает 70 - 80%. Немногим менее изучены Тимано-Печорская и Прикаспийская провинции. Для поддержания уровня разведанности минерально-сырьевой базы и подготовки ресурсов необходимо изучение новых

перспективных территорий, часть которых расположена на шельфах и в транзитных зонах примыкающих морей (Каспийского и Печорского) и в малоизученных передовых прогибах Уральского коллизионного сооружения [Белонин и др., 2004; Окнова, 1998].

Состояние проблемы прогнозирования и оценки перспектив нефтегазоносности регионов Восточно-Европейской платформы требует изучения новых возможностей решения этой проблемы. В этом отношении наиболее перспективным является привлечение новых методов, позволяющих реконструировать геодинамические обстановки, которые определяют поведение флюидных систем в осадочных бассейнах и позволяют установить их взаимосвязь со структурами земной коры и мантии.

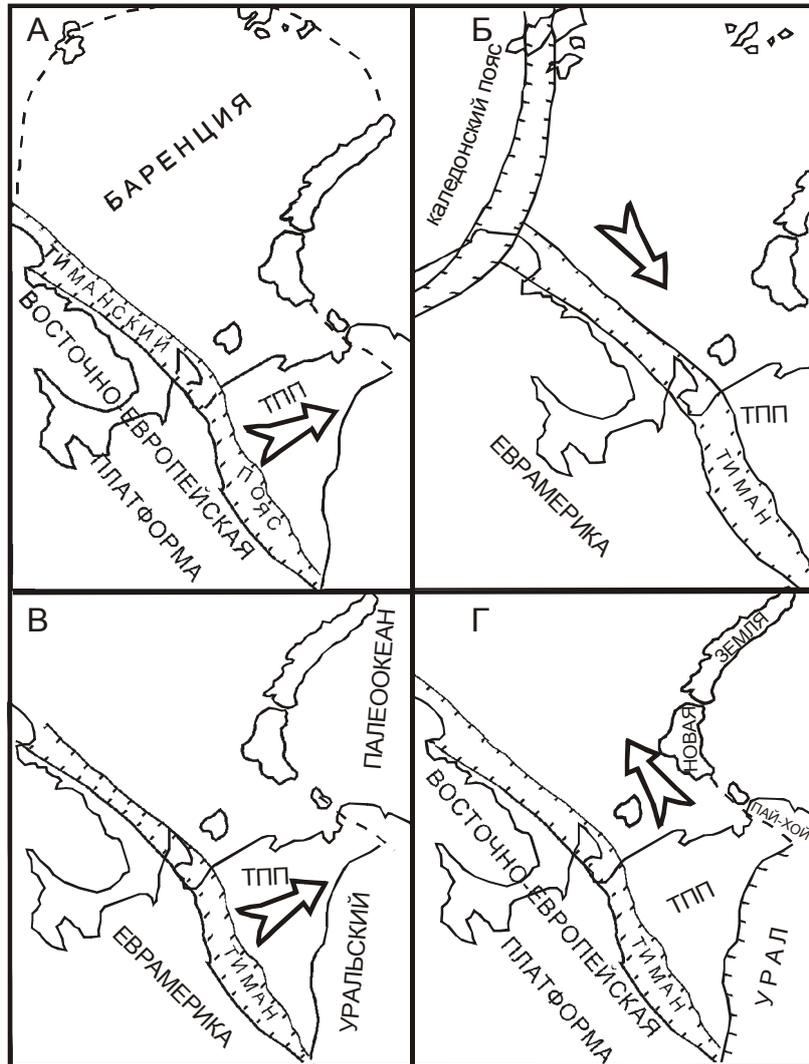
В качестве примера некоторых путей решения указанной проблемы можно привести опыт оценки возможного влияния геодинамических факторов на формирование нефтегазоносности осадочных толщ и путей миграции углеводородов разных тектонических циклов в Тимано-Печорской провинции. Для правильных литолого-палеогеографических реконструкций нефтегазоносных комплексов Тимано-Печорской провинции нужно учитывать особенности её геодинамического развития.

Тимано-Печорская провинция - это уникальный объект, на котором можно проследить четыре геодинамических цикла: байкальский, каледонский, герцинский и альпийский. Однако реконструированы они могут быть с разной степенью детальности. Построения проводились автором на основе собственных палеогеографических реконструкций [Окнова и др., 1993; Окнова, 1998] и опубликованных данных [Зоненшайн и др., 1980, Храмов и др. 1982].

О байкальском цикле сведений менее всего. В докембрии Восточно-Европейская платформа омывалась водами Азиатского палеоокеана. В конце докембрия океан замкнулся, и к Восточно-Европейской платформе причленился малый континент Баренция, в южной части которого расположен Тимано-Печорский бассейн (рис. 1, А). В результате коллизии возникло Тиманское складчатое сооружение.

Каледонский цикл связан с существованием и развитием Палео-Атлантического океана Япетус, на дальней периферии которого располагалась современная Тимано-Печорская провинция. Закрытие палеоокеана Япетус и формирование каледонид на Северо-Западе Скандинавии и арх. Шпицберген произошло к раннему девону. Восточно-Европейская платформа сомкнулась с Американской и возник единый материк Еврамерика (рис. 1, Б). Территория Восточно-Европейской платформы подверглась максимальному осушению, которое коснулось и Тимано-Печорской провинции: Большеземельский палеосвод полностью вышел на поверхность. В Печоро-Колвинском авлакогене происходило

терригенное осадконакопление. Морской бассейн с карбонатным осадконакоплением сохранился на северо-востоке провинции в Варандей-Адзвинской зоне и Коротайхинской впадине.



Условные обозначения:

А – конец байкальского цикла (Є), Б – конец каледонского цикла (D_1), В – герцинский цикл (D_2 - P_1), Г – альпийский цикл (P_2 - T). Стрелкой показано направление регионального палеосклона.

ТПП – Тимано-Печорская провинция

Рис. 1. Геодинамическое развитие Тимано-Печорского бассейна

Детально изучены нижнедевонские карбонатные отложения Медынского-Сарембойского вала, ограничивающего Варандей-Адзвинскую зону с северо-востока, в результате в лоховском ярусе нижнего девона были выделены 4 пачки: глинисто-известняковая, известняково-доломитовая, глинисто-доломитовая и ангидрит-доломитовая [Окнова и др., 1993]. Отчетливо наблюдается постепенный переход от известняков в нижней части разреза к доломитам и ангидритам в верхней. Это свидетельствует о регрессивном характере бассейна. По-видимому, сначала в бассейн поступали пресные воды с терригенным

материалом (глинисто-известняковая пачка), затем приток пресных вод прекратился, соленость вод повысилась (известняково-доломитовая пачка), затем бассейн полностью замкнулся и образовалась лагуна с водами повышенной солености, в которой отлагались доломит, ангидрит и гипс.

Карбонатная известняково-доломитовая пачка является основной продуктивной пачкой. Породы представлены доломитами и известняками, иногда с детритом трилобитов, гастропод, брахиопод, остракод, иглокожих. В ряде разрезов резко преобладают известняки. Иногда наблюдаются процессы стилолитизации и доломитизации. Стилолитовые швы заполнены органическим веществом. Коллекторы сложного трещинно-порового типа. В южной части Медынского-Сарембойского вала в этой пачке развиты строматолитовые известняки с высокими коллекторскими свойствами. По-видимому, строматолитовые постройки образовывали барьерные рифоподобные системы, отделявшие лагуну от морского, океанического бассейна.

Ангидрит-доломитовая пачка служила флюидоупором с низкими экранирующими свойствами. Региональной покрывкой была тиманско-саргаевская покрывка, и там, где она непосредственно залегает на карбонатной пачке, наблюдается максимальная продуктивность. Такие условия создаются в региональной зоне выклинивания нижнедевонских отложений на востоке Хорейверской впадины, к которой приурочены крупные месторождения в стратиграфически экранированных ловушках. Заполнение ловушек происходило, по-видимому с северо-востока, из района Коротайхинской впадины, где располагался район погружения и генерировались углеводороды в каледонском цикле.

Герцинский цикл изучен наиболее подробно, поскольку с его отложениями связаны основные нефтегазоносные комплексы: среднедевонско-нижнефранский терригенный, доманиково-турнейский карбонатный, ниже-средневизейский терригенный, верхневизейско-нижнепермский карбонатный. Это было время развития Уральского палеоокеана и существования континентальных окраин на территории Тимано-Печорского бассейна. Раскрытие Уральского палеоокеана (Красноморская стадия) относится к каледонскому времени и произошло в ордовике.

В среднедевонско-нижнефранское время на территории Тимано-Печорского бассейна сформировалась зрелая пассивная континентальная окраина (Атлантическая стадия). По данным геодинамических реконструкций [Зоненшайн и др., 1980]. Уральский палеоокеан имел в это время ширину около 2500 км. Региональной закономерностью изменения среднедевонских отложений является увеличение мощностей и содержания морских

карбонатных и глинистых отложений на восток, в сторону Уральского палеоокеана. В западном направлении мощности среднедевонских отложений уменьшаются, вплоть до полного выклинивания, с образованием неровной извилистой береговой линии. Краина континента была зрелой, на ней откладывался мономинеральный кварцевый материал, хорошо отсортированный, с высокими исходными коллекторскими свойствами. В южной части провинции была реконструирована палеодельта крупной реки, имеющая веерообразную форму. В районе палеодельты сформировались многочисленные литологически ограниченные и литологически экранированные ловушки.

Кроме литологического фактора большое влияние на формирование ловушек оказывал и стратиграфический. Еще в 1960-х годах ухтинскими геологами на юге провинции была установлена региональная зона стратиграфического выклинивания, с которой связывались перспективы поисков углеводородов. Такие же региональные зоны выклинивания прослеживаются и на севере провинции, однако, по нашему мнению, они носят не чисто стратиграфический, а литолого-стратиграфический характер, поскольку их формирование связано с литологическим выклиниванием прибрежных морских отложений вверх по восстанию. Особенно перспективной является зона выклинивания на западном склоне Большеземельского свода, а также на восточном склоне Лайского вала. На самом севере провинции ловушки в зонах выклинивания менее перспективны, поскольку породы погружаются на большие глубины, уплотняются и их коллекторские свойства ухудшаются. На восточном склоне Большеземельского свода тоже обнаруживается выклинивание среднедевонско-нижнефранских отложений.

Максимум трансгрессии палеоокеан достиг в доманиковое время позднего франа, когда формировались доманиковые отложения. Доманикиты откладывались на огромной площади (более 700 тыс. км.) в Волго-Уральской области, Прикаспийской впадине и Тимано-Печорской провинции. В доманиково-турнейское время происходит постепенное сокращение палеоокеана, на окраине которого формировались рифовые системы. В Тимано-Печорской провинции краевые рифовые системы протягиваются на многие километры, причем более молодые системы располагаются восточнее, чем более древние, что связано с регрессивным характером бассейна седиментации. Разные авторы выделяют неодинаковое число разновозрастных систем — от 3 до 10, причем на всех составленных ранее картах распространения доманиково-турнейских систем они выводятся на восток в Косью-Роговскую впадину.

Проведенные детальные исследования доманиково-турнейских отложений Медынского-Сарембойского вала показали, что здесь присутствуют водорослевые известняки и

строматолиты. Текстура пород сферово-комковато-сгустковая. Водоросли относятся к харовым (умбеллам) — округлые ооспоры с гладкой поверхностью, иногда несколько таких ооспор облекаются коллоидно-зернистым карбонатом, водорослевым микритом или корковыми водорослями, образуя комковатую текстуру. Пространство между водорослями заполнено мелко-среднезернистым кальцитом. Такие водорослевые известняки могли слагать рифовые постройки, то есть рифовые системы протягивались вдоль Медынского-Сарембойского вала на север в шельфовую часть бассейна.

По геофизическим данным также выделяются аномалии сейсмозаписи, трактуемые как рифоподобные тела. Залежи в ловушках Медынского вала обнаружены на Тобойской и Мядсейской площадях. Нефти в верхнедевонских отложениях отличаются большим содержанием ванадия, что повышает перспективность поисков.

В нижне-средневизейское время происходит постепенное сокращение бассейна седиментации (Средиземноморская стадия). В западной части бассейна осадки наиболее грубозернистые, к востоку песчанность уменьшается и разрез обогащается глинами. Основной снос терригенного материала происходит с запада, с Тимана, откуда поступал зрелый неоднократно переотложенный материал кварцевого состава, с комплексом устойчивых минералов в тяжелой фракции. Палеодельта визейского времени находится южнее, чем в девонское время, но палеорека, прослеженная вдоль Тиманского поднятия, унаследована, по-видимому, от девонской палеореки [Окнова, 1998]. В юго-восточной части бассейна, судя по данным замеров кривой слоистости, ориентированным на северо-запад с азимутом 285° , существовала островная суша, с которой поступал дополнительный обломочный материал полимиктового состава.

Позднепермское время является коллизионной стадией развития Тимано-Печорского бассейна, когда Восточно-Европейская плита столкнулась с Западно-Сибирской плитой и возникло Уральское складчатое сооружение, с которого сносилось огромное количество обломочного материала реками и временными потоками. В связи с активным воздыманием Урала море регрессировало на северо-запад. В уфимский век оно занимало северные районы Денисовской и Хорейверской впадин, в казанский — еще более отступило к северо-западу, а в татарский — полностью освободило северную территорию Тимано-Печорской провинции.

На востоке, вблизи Урала, располагалась предгорная равнина, в пределах которой формировалась молассовая формация, мощности которой в 4 - 5 раз превосходят мощности осадков в платформенной части. К западу от предгорной равнины простиралась низменная равнина, еще дальше — прибрежная равнина, временами заливавшаяся морем.

Комплексными литолого-геофизическими исследованиями в пределах этой равнины была реконструирована речная система с обширной дельтой [Окнова, 1998]. По данным картирования динамических индексов гранулометрического распределения, песчаности разрезов и палеогеоморфологических построений выделены два основных палеорула. В пределах палеоречных долин происходила активная гидро- и аэродинамическая переработка материала. Долины разделяются участками субмеридионального направления, вдоль которых действовали слабые стоковые течения и не отмечается эоловой переработки материала. Региональное перемещение терригенного материала происходило в северо-западном направлении.

Выявленное направление переноса осадочного материала подтверждается определением векторов палеотечений в ориентированном керне скважин. По данным минералогического анализа основной снос терригенного материала происходил с Урала, о чем свидетельствуют полимиктовый состав отложений с большим количеством обломков пород различного состава и комплекс акцессорных минералов, представленный такими типичными уральскими минералами, как ильменит, хромшпинелиды, минералы группы эпидота, образовавшимися, по-видимому, за счет разрушения офиолитовых пород. Дополнительное количество обломочного материала поступало с Печоро-Кожвинского мегавала.

На одном из участков меандрировавшей речной системы, на Харьягинской площади, проведена локальная литолого-палеогеографическая реконструкция, с применением палеогеоморфологического анализа, анализа литоотношений, минералогического анализа. Палеогеоморфологические построения от репера «сверху» показали чередование приподнятых и пониженных участков палеорельефа. Уменьшение мощностей и увеличение песчаности на повышенных участках указывают на конседиментационный характер этих поднятий, которые во времена трансгрессий моря являлись наиболее высокими гипсометрически участками, а при регрессиях — водоразделами между меандрирующими рукавами палеореки. В период трансгрессий моря происходила активная переработка материала на сводах конседиментационных поднятий с образованием песчано-алевритовых пород с хорошими емкостными свойствами. Терригенный материал поступал с юго-востока, со стороны Урала, а также дополнительно с востока, о чем свидетельствуют направления палеотечений по замерам кривой слоистости в керне скважин, повышение крупнозернистости материала на востоке. Выявленные бурением структурно-литологические ловушки приурочены к повышенным частям палеорельефа, к их вершинам, где наблюдаются

хорошая отсортированность осадков, их зрелость, соответственно повышаются и коллекторские свойства. На первом участке обнаружено повышение песчаности разреза, на втором — песчаность также повышена, кроме того, наблюдается возрастание зрелости материала, а также увеличение содержания пирита — все это свидетельствует о наличии ореола рассеяния над залежью углеводородов.

Характерной чертой коллизионной стадии является изменение регионального наклона бассейна седиментации (рис. 1, В и Г). Если в девоне и карбоне он имел юго-восточное направление, то в конце перми он направлен на северо-запад, в сторону Арктического океана. В альпийском цикле Тимано-Печорский бассейн входит в систему Арктических нефтегазоносных бассейнов и становится частью Печоро-Баренцевоморского нефтегазоносного бассейна. Неантиклинальные ловушки углеводородов связаны в основном с дельтовыми отложениями в верхнепермских и триасовых отложениях. На материковой части бассейна выявлены залежи в литологически ограниченных ловушках на Хыльчюнской, Ярейюской, Коровинской и других площадях. В триасовых отложениях дельтовые фации установлены на острове Колгуев. Здесь в чаркабожской свите нижнего триаса комплексными литолого-геофизическими исследованиями на Песчаноозерской площади реконструирована палеодельта в форме «птичьей лапы», рукава которой направлены на северо-запад и восток. Между рукавами палеодельты расположены участки с повышенной песчаностью разреза, которые представляли собой межрусловые косы или бары, в пределах которых отложения были более крупнозернистыми и хорошо отсортированными и обладали высокими емкостными свойствами. С такими телами и было связано формирование литологических ловушек углеводородов [Окнова, 1998].

Судя по составу нижнетриасовых отложений Песчаноозерской площади, содержащих большое количество вулканогенного материала и представленных туфопесчаниками, туфоалевритами, тефроидами, а также по наличию системы разломов, окраина континента в триасовое время была активной. В юрское время начинается трансгрессия морского бассейна с севера, которая достигла максимума в поздней юре, во время формирования «черных сланцев» — аналогов баженовской свиты Западной Сибири. Бажениды откладывались на огромной территории (более 1 млн. км²), в том числе и в пределах Тимано-Печорской провинции, где с этой свитой связаны месторождения горючих сланцев [Горючие сланцы..., 1989]. Бажениды служили основной нефтегазоматеринской толщей в альпийском цикле, хотя и более древние толщи, начиная с триасовых [Данюшевская, Петрова, 1989] могли также генерировать углеводороды.

Краткое рассмотрение геодинамического и палеогеографического развития Тимано-Печорской провинции позволяет сделать определенные выводы относительно процессов нефтегазогенерации и миграции углеводородов.

Как показывает геодинамическое моделирование, в пределах Тимано-Печорского бассейна были широко развиты континентальные окраины, являющиеся основными зонами нефтегазонакопления [Хаин, Соколов, 1984]. В палеозое это окраины Уральского палеоокеана, на которых формировались девонские и каменноугольные нефтегазоносные комплексы. В мезозое это была окраина Печоро-Баренцевоморского бассейна, на которой формировался верхнепермско-мезозойский нефтегазоносный комплекс.

Основываясь на результатах геодинамического моделирования, можно также говорить о нескольких очагах нефтегазогенерации и путях миграции углеводородов для разных этапов развития бассейна (рис. 2). На западном склоне Тимана также наблюдаются газовые месторождения и газопроявления: Седельское, Западно-Изкосьгоринское, Нижне- и Верхне-Чутинское и др. в «промежуточной толще» венда. Возможно, они связаны с еще одним очагом генерации, существовавшим на месте Азиатского палеоокеана в байкальском цикле. С окраинно-континентальными образованиями байкальского цикла могут быть связаны перспективы нефтегазоносности рифейских и вендских отложений юга Тимано-Печорской провинции, Ижма-Печорской впадины.

В каледонском цикле намечается еще один очаг нефтегазогенерации, расположенный в Коротаихинской впадине. Нефтегазопроизводившими были силурийские углесодержащие отложения. Состав нефтей этого очага резко отличается от более молодых нефтей [Данюшевская, Петрова, 1989].

В течение герцинского цикла очаг генерации располагался в районе Уральского палеоокеана, основной нефтегазоматеринской толщей была доманиковая. В Предуральском прогибе, где породы погружались на большие глубины, подвергаясь более сильному прогреву, достигая главной фазы газообразования, сосредоточены газовые месторождения Вуктыл, Козлаюское, Интинское, Курьинское и др. Закономерно ожидать газонакопления и в более северных частях Предуральского и Предновоземельского прогибов.

В альпийском цикле очаг генерации переместился на северо-запад, в область Баренцева моря. Основной нефтегазоматеринской толщей были бажениты. Более погруженные юрские отложения содержат газ (Штокмановское месторождение). Газовые месторождения наблюдаются также в верхнепермское и триасовых отложениях на материке (Коровинское, Кумжинское, Василковское, Шапкинское и др.). Газовые месторождения возможны и на продолжении Шапкино-Юрьяхинского вала на Баренцевоморском шельфе.

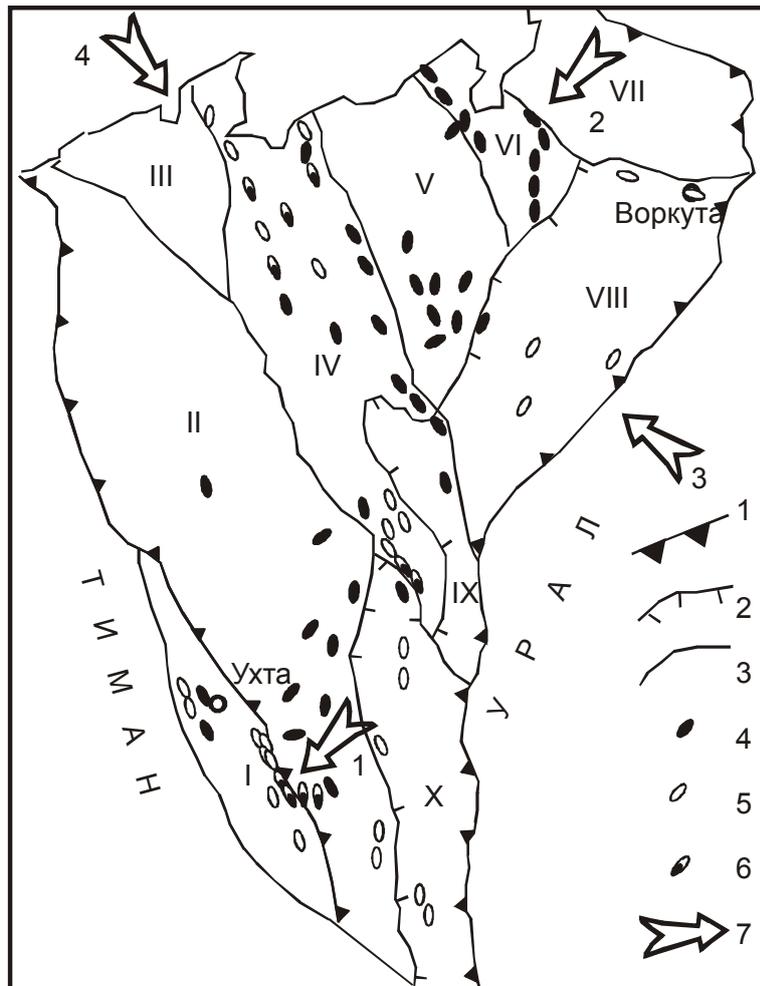


Рис. 2. Направление миграции углеводородов и размещение нефтяных и газовых месторождений в Тимано-Печорском бассейне

1 - 3 – границы: Печорской синеклизы (1), Предуральского прогиба (2), тектонических структур (3), 1 – Ухто-Ижемский вал, II – Ижма-Печорская впадина, III – Малоземельско-Колгуевская моноклираль, IV – Печоро-Колвинский авлакоген, V – Хорейверская впадина (до перми – Большеземельский палеосвод), VI – Варандей-Адзвинская зона, VII – Кортаихинская впадина, VIII – Косью-Роговская впадина, IX – Большесынинская впадина, X – Верхнепечорская впадина, 4-6 – месторождения: 4 – нефтяные, 5 – газовые, 6 – газонефтяные; 7 – направления миграции углеводородов; 1 – байкальский цикл, 2 – каледонский цикл, 3 – герцинский цикл, 4 – альпийский цикл.

Таким образом, каждому геодинамическому циклу отвечают своя нефтегазоматеринская толща и пути миграции углеводородов. Анализ геодинамического развития бассейна позволяет наметить очаги генерации, установить направление миграции углеводородов в коллекторские толщи и дать отдельный прогноз углеводородов, поскольку с областями наибольшего погружения связаны газовые месторождения, а с менее погруженными частями – нефтяные (см. рис. 2).

Вполне очевидно, что проведенное моделирование могло быть произведено лишь на основе геодинамических реконструкций, полученных благодаря использованию данных палеомагнитных исследований.

Принцип использования явлений палеомагнетизма для решения задач геодинамики в своей основе очевиден. Геомагнитное поле, конфигурация которого обусловлена положением оси вращения Земли (принцип центрального осевого диполя) фиксируется в горных породах (палеомагнитная запись) там и тогда, когда в породе образуются (или привносятся в нее) ферромагнитные минералы (при ее формировании, в процессе диагенеза, метаморфизма, эпигенеза). Возникающие при этом компоненты естественной остаточной намагниченности (NRM), имеют различные направления из-за континентального дрейфа и деформаций в орогенных поясах и могут быть выделены в процессе лабораторных исследований. Так решается одна из главных прямых задач палеомагнетизма - реконструкция последовательных положений литосферных плит в ходе геологической истории. Ее результаты обычно описывают в виде траекторий кажущейся миграции палеомагнитных полюсов (APW) для каждой из этих плит. Наличие таких траекторий, калиброванных в единицах геологического времени, является основой решения различных обратных задач палеомагнетизма. Например, сравнивая направления компонент NRM и соответствующие им положения палеомагнитных полюсов с референсной (стандартной) траекторией APW для данной плиты, можно определить возраст изучаемой горной породы и время, когда она была перемагничена (или подмагничена) в результате тех или иных геологических событий. Среди этих событий наибольшее влияние на окислы железа - основные носители палеомагнитной записи - оказывают температурные поля и различные флюиды, изменяющие как состав и концентрацию этих минералов, так и их магнитное состояние.

Таким образом, изучение палеомагнитных записей в горных породах имеет непосредственное отношение к проблемам миграции углеводородов и формированию их залежей, позволяя оценить, где, когда и как эти события происходили. Имеющиеся публикации демонстрируют несколько примеров успешного решения подобных задач. Так, палеомагнитное изучение процессов формирования Берегового пояса Кордильер, предпринятое Sidney Pacific Geoscience Centre (Канада) позволило понять детали распределения и качество залежей углеводородов в Западно-Канадском бассейне. Установлено, что широкомасштабное термическое (флюидное) событие произошло перед фронтом деформации около 70 млн. лет назад. Исследование «палеомагнитных следов» прохождения флюидов через осадочные толщи было предпринято несколькими авторами в Западно-Европейских варисцидах и соседних бассейнах и в Аппалачах, где под надвиговыми толщами установлены залежи углеводородов [Walker et al., 1981; McCabe et al., 1983; Meere,

Banks, 1997; Elmore et al, 2001].

Установлено, что миграция углеводородов происходила в обеих провинциях в течении позднего карбона и ранней перми посредством двух механизмов — выжиманием "орогенных" флюидов из деформированных орогенных поясов и путем ремобилизации флюидов пор красноцветных пород, смешавшихся с «морскими» флюидами и метанами низкой ступени из сланцев на стадии позднего диагенеза [Turner, Rodgers, 2002]. Тот же возраст нарушения палеомагнитной записи - поздний карбон - ранняя пермь установлен на востоке Тимано-Печорской провинции и западном склоне Приполярного Урала, где выявлены также локальные повороты надвиговых пластин [Иосифиди, Храмов, 2000, 2002].

Более ранний, ордовикский этап миграции углеводородов, связанный с коллизией террейнов Авалонии с западным краем Восточно-Европейской платформы, установлен в осадочных бассейнах Балтики, где нефтематеринскими породами послужили верхнекембрийские-тремадокские сланцы, а прохождение флюидов через ниже- и среднеордовикские породы обусловило образование в них вторичного магнетита [Torsvik, Rehnstrom, 2003].

Таким образом, изучение палеомагнитных записей в горных породах необходимо для установления времени миграции углеводородов в резервуары осадочного чехла.

Другой, не менее важной областью приложения методов палео- и петромагнетизма, является изучение причин и последствий природных катастроф, следы которых также оставлены в магнитной памяти горных пород. Однако эта область заслуживает специального исследования.

Литература

Белонин М.Д., Димаков Л.И., Жарков А.М., Окнова Н.С. Тектоника и перспективы нефтегазоносности Северо-Каспийского региона. Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2002, № 12. С. 17 - 25.

Горючие сланцы Европейского севера СССР. Сыктывкар, 1989. - 52 с.

Данюшевская А.И., Петрова В.И. Катагенная эволюция ОВ в донной осадочной толще Евразийской континентальной окраины Мирового океана // Теоретические, природные и экспериментальные модели нефтегазообразования и их использование при прогнозе нефтегазоносности. Л., 1989. с. 21 - 24.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М., 1980. 327 с.

Иосифиди А.Г., Храмов А. Н. Средне- и позднепалеозойские этапы горизонтальных

движений в Баренцево-Печорском регионе и эволюция их взаимоотношений с Русской платформой и Уралом по палеомагнитным данным. В кн.: Международная геофизическая конференция. 300 лет горно-геологической службе России. Санкт-Петербург, 2000. С. 22 – 23.

Иосифиди А.Г., Храмов А.Н. Палеомагнетизм верхнекаменноугольных и нижнепермских отложений Восточно-Европейской платформы: ключевой палеомагнитный полюс и кинематика коллизии с Уралом, *Физика Земли*, 2002. №5, С. 42 - 56.

Окнова Н.С. Литолого-палеогеографические и геодинамические реконструкции при поисках неантиклинальных ловушек углеводородов (на примере Тимано-Печорской провинции). Изд. СПб университета, 1998. - 105 с.

Окнова Н.С., Верзилин Н. Н., Калмыкова Н.А., Гонтарев Е.А. Изменение минерального состава по разрезу палеозойских толщ Медынского-Сарембойского вала // *Вестник С.-Петерб. ун-та*, 1993. Сер. 7, Вып. 2., №14, С. 57 - 59.

Хаин В.Е., Соколов Б.А. Окраины континентов — главные нефтегазоносные зоны Земли // *Сов. Геология*, 1984. №7 С. 49 - 60.

Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.М. и др. Палеомагнитология. Л., Недра, 1982. 312 с.

Elmore R.D., Kelley J. Evans M., Lewchuk M.T. Remagnetisation and orogenic fluids: testing the hypothesis, *Applications. Geophys. J. Int.*, 2001, 144, 568 - 576.

McCabe C., Van der Voo R., Peacor D.R., Scotese C.R., Freeman R. Diagenetic magnetic carriers a remanence in some Palaeozoic sedimentary carbonates. *Geology*. 1983. 11, 221 - 223.

Meere P.A., Banks D.A. Upper crustal fluid migration; an example from the variscides of SW Ireland. *J. Geol. Soc. London*, 1997. 154, pt 6, 975.

Torsvik T.H., Rehnstrom E.F. Cambrian palaeomagnetic data for Baltica: implications for true polar wander and Cambrian palaeogeography. *J. Geolog. Soc. London*, 2001, 158, 321 - 329.

Turner P., Rodgers J. Chemical remagnetization events during the diagenesis of red beds – applications to magnetostratigraphy diagenesis and palaeofluid migration. *Earth Science Project*, 2002, 5 p.

Рецензент: Верба Марк Леонидович, доктор геолого-минералогических наук.