

Новая геодинамика: геосинклинальная тектоника плит

Д.Г. Кушнир

АО «Таймыргеофизика» (группа компаний АО «Башнефтегеофизика»), г. Дудинка, Россия

E-mail: d.kushnir@tmggeo.ru

Аннотация. По комплексу данных Таймырского геофизического полигона впервые уверенно зафиксированы процессы, обуславливающие вертикальные колебательные движения крупных блоков континентальной земной коры и во многом определяющие ее глубинное строение. В этой связи понятийный аппарат тектоники плит расширяется за счет изначально несвойственных для нее терминов, ранее использовавшихся в рамках геосинклинальной теории. Современная геодинамика объединяет противопоставляемые в прошлом представления, формируя тем самым концептуально новую геосинклинальную тектонику плит.

В новой парадигме перспективы нефтегазоносности того или иного района определяются не столько приуроченностью его к геоструктуре какого-либо возраста, сколько текущей стадией геосинклинального цикла, характеризующейся опусканием, активными процессами седиментации и формированием осадочного бассейна или, напротив, орогенезом и доминирующим размывом осадков. При этом тот или другой сценарий будет обуславливать разный приток углеводородов из области генерации, то есть региональные тектонические движения во многом предопределяют реализацию углеводородного потенциала, что делает их одним из важнейших критериев его оценки.

Ключевые слова: Таймырский геофизический полигон, геодинамика, тектоника плит, геосинклиналь, земная кора, коромантийная смесь.

Для цитирования: Кушнир Д.Г. Новая геодинамика: геосинклинальная тектоника плит // Актуальные проблемы нефти и газа. 2021. Вып. 3(34). С. 3–20. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2021-34.art1>

Введение

За последние десятилетия на основе сейсморазведки МОГТ (метод общей глубинной точки) и электроразведки методом МТЗ (магнитотеллурическое зондирование) в пределах Таймыра создан не имеющий аналогов геофизический полигон, осветивший строение глубоких горизонтов земной коры с небывалой подробностью и шириной охвата [1–3]. Он предоставляет уникальные ресурсы для изучения литосферы и закономерностей, определяющих ее формирование, на новом уровне детальности с использованием иного, впервые полученного фактического материала, и, следовательно, открывает

возможность для переосмысления континентальной геодинамики без опоры на существующие концепции.

Согласно полученным данным, глубинное геологическое строение, помимо горизонтальных стрессов, вызванных движением континентов, объясняется вертикальными напряжениями. На границе коры и мантии отмечаются контрастные аномалии, которые свидетельствуют об обширных изменениях плотности, электропроводности и температуры, совпадающих в плане с самыми значимыми тектоническими элементами севера Центральной и Западной Сибири [4–7].

Уплотненная кора под депрессиями и облегченная под горными районами демонстрируют ключевую роль изостатического выравнивания при становлении основных структурных элементов, а запечатленные в осадках неоднократные инверсии прогибания и воздымания доказывают цикличность изменений направления изостатических движений. Последнее предполагает соответствующий периодический характер физико-химических процессов, обуславливающих необходимые петроплотностные трансформации земной коры.

Выявленная на Таймырском полигоне повсеместная подчиненность наиболее значимых для региональной тектоники геодинамических движений периодическому уплотнению и разуплотнению крупных блоков литосферы, по-видимому, может быть распространена на всю Евразию и другие континенты. Тем самым, тектоника плит дополняется вертикальными движениями, которые в значительной степени контролируют глубинную геологию континентов, а ее понятийный аппарат расширяется за счет терминов, использовавшихся прежде только в рамках геосинклинальной теории. Соответственно, в фокусе геодинамики сегодня оказывается некий симбиоз противопоставляемых ранее представлений, который можно обозначить в качестве концептуально новой геосинклинальной тектоники плит.

Новые данные

Согласно полученным в последние годы геофизическим данным, на Таймыре почти повсеместно развит мощный (10–20 км) рифейско-палеозойский осадочный комплекс, практически не затронутый деструкцией, – дизъюнктивная тектоника по

своим амplitудам на порядки уступает пликативной [4–6, 8, 9]. Единый осадочный бассейн этого возраста охватывал всю современную Сибирь и многие прилегающие территории и акватории, которые объединяются общими седиментационными поверхностями, отвечающими картируемому сейсмическим горизонтам. Каждая такая, более молодая, поверхность меньше, чем любая более древняя, что свидетельствует о всестороннем сжатии региона в течение докембрийского периода его становления. Максимальное сокращение расстояний наблюдается в направлении северо-восток – юго-запад. На отрезке времени со среднего рифея до нижнего палеозоя оно достигает порядка 10%, а на сегодняшний день – уже более 20%. Так, вдоль одного из сейсмических маршрутов (рис. 1) по уровням среднего рифея расстояние от г. Дудинки до Карского моря составляет около 750 км, при современном – чуть более 600 км.

Существенное сокращение мощности или полное отсутствие рифейско-палеозойских осадков приурочено к палеовыступам кристаллического основания и связывается с размывом отложений этого возраста (рис. 2, 3). Помимо оставшихся на поверхности – Таймырского, Анабарского, Игарского, такие выступы выявлены и под юрско-меловым чехлом. Особенно широко они распространены в пределах Западной Сибири, а один из них совпадает с западной частью Карско-Хатангской мегагоры и протягивается в акваторию Карского моря, где до начала мезозоя также была суша, подвергавшаяся размыву (рис. 4) в течение всего палеозоя. Подобные выступы можно считать своего рода погребенными щитами, которые служили ядром Сибирского континента на доюрском этапе.

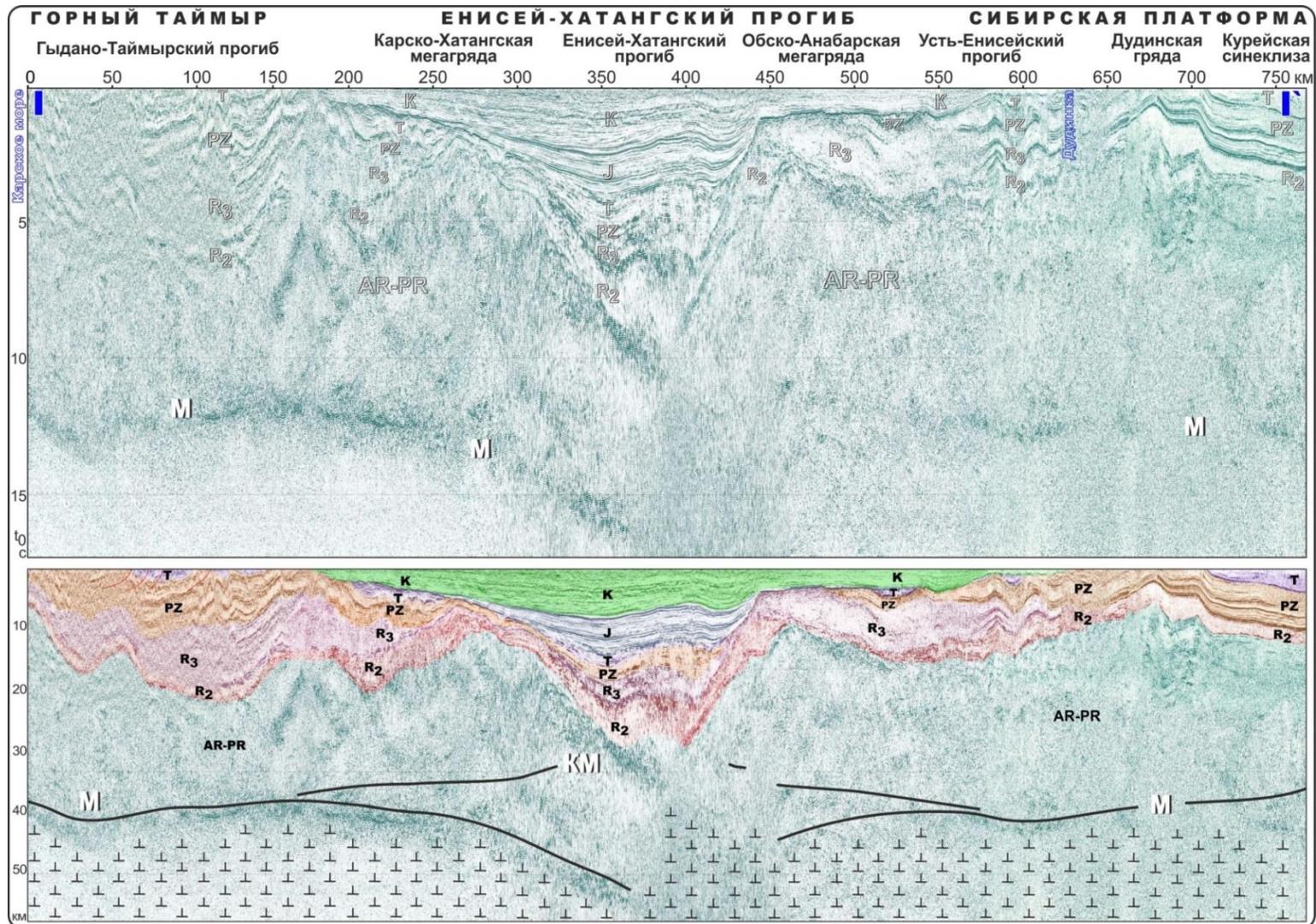


Рис. 1. Сейсмогеологическая модель Западного Таймыра (положение разреза см. на рис. 3)

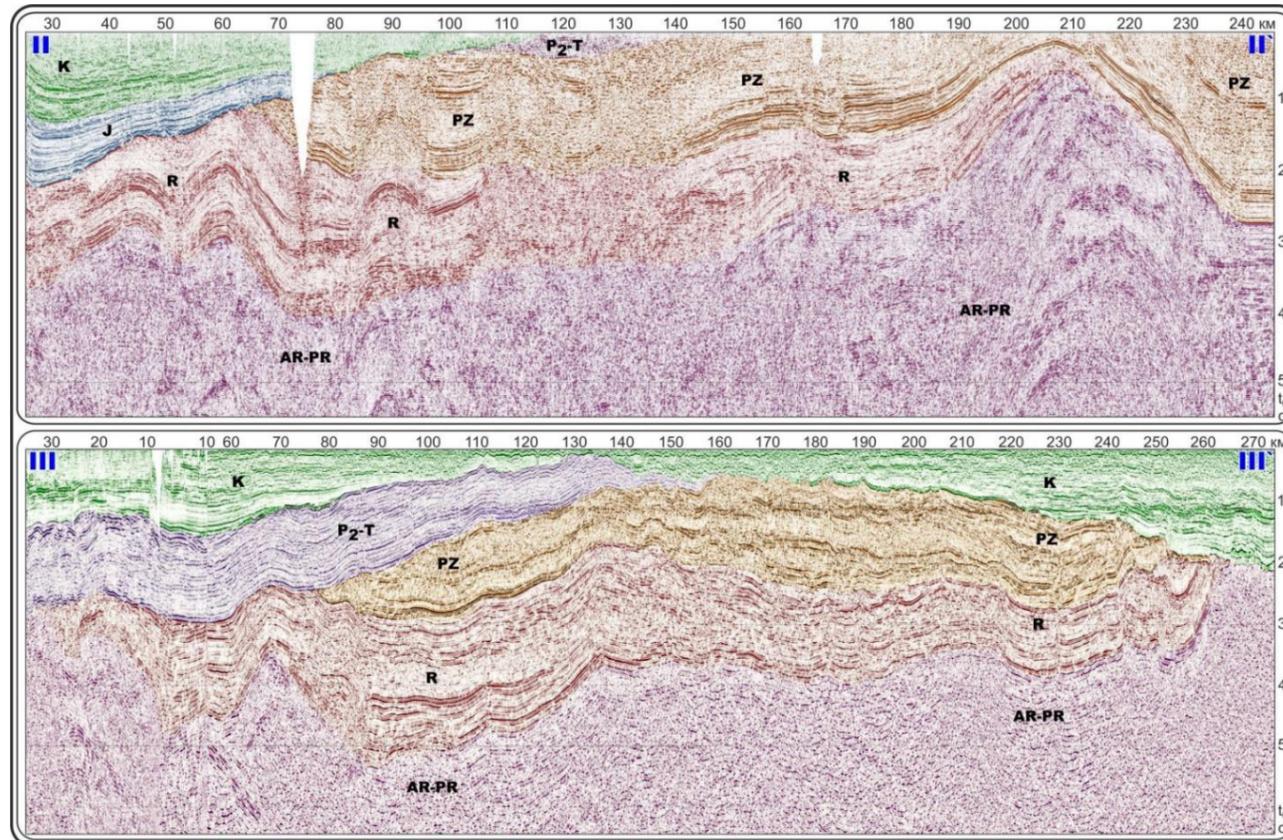


Рис. 2. Размыв рифейско-палеозойских отложений под юрско-меловым разрезом (положение разрезов см. на рис. 3)

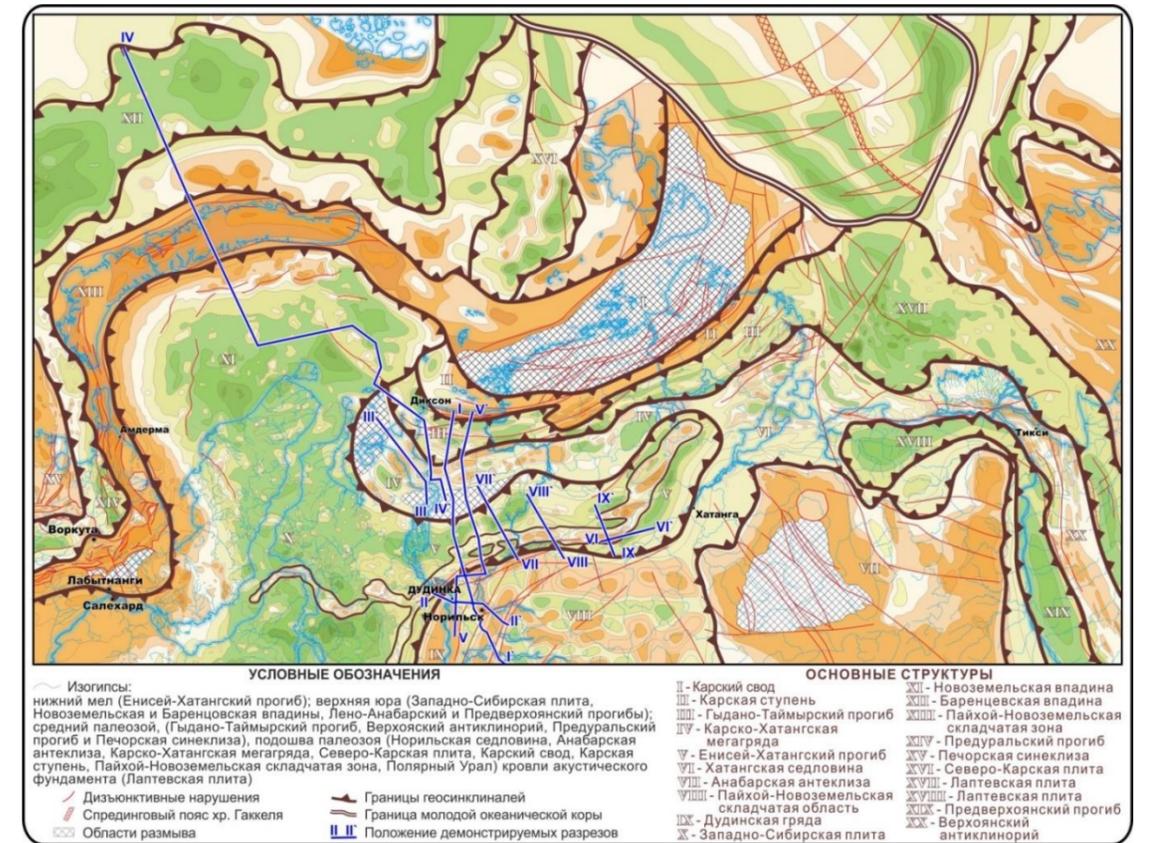


Рис. 3. Обзорная тектоническая схема центральной части российской Арктики

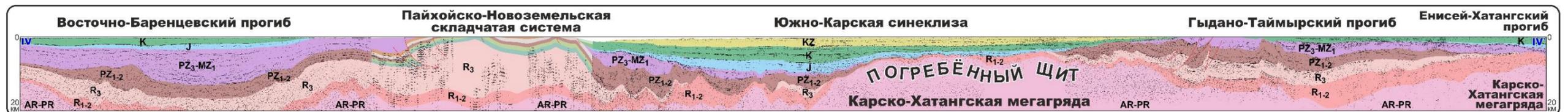


Рис. 4. Погребенный щит под юрско-меловыми отложениями Южно-Карской синеклизы (положение разреза см. на рис. 3)

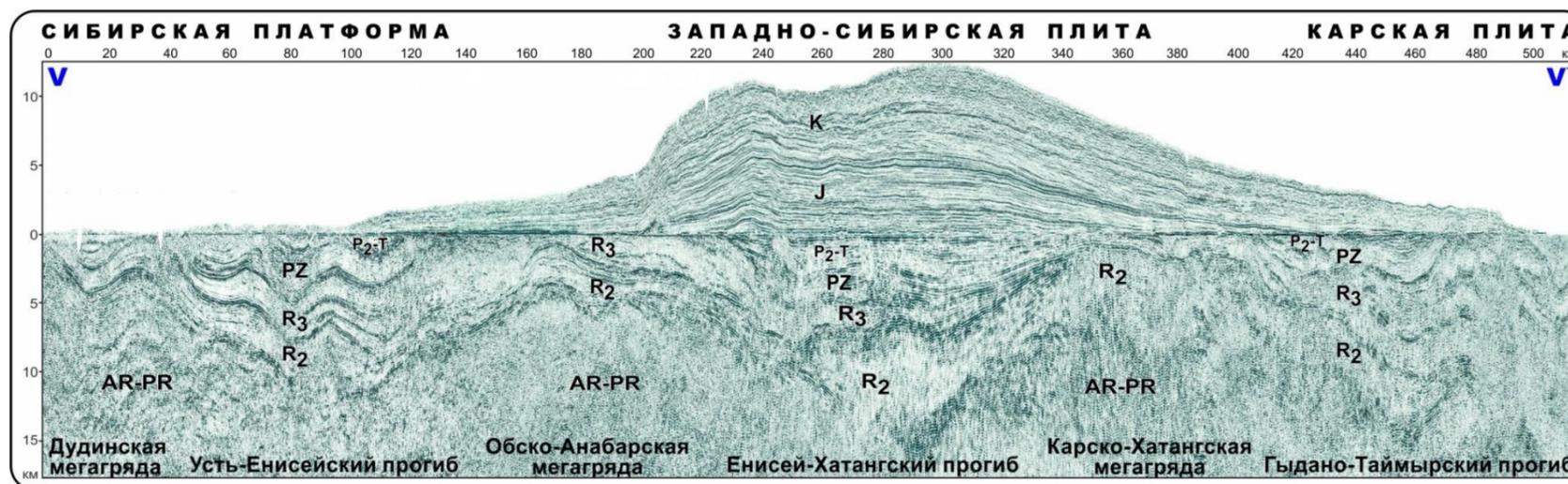


Рис. 5. Палеовыравнивание по подошве юры, разделяющее юрско-меловой и более древние прогибы (положение разреза см. на рис. 3) [10]

Наличие таких погребенных щитов в основании мезокайнозойского разреза Западной Сибири и ее седиментологическая общность с Восточной Сибирью указывают на то, что они входят в состав единого кратона и различаются лишь историей своих тектонических трансформаций. Так, палеозойское прогибание Восточной Сибири и контролируемые им седиментационные процессы сочетались с преимущественным воздыманием и размывом осадков в Западной Сибири. И наоборот, становление юрско-мелового осадочного бассейна на западе, на востоке кратона сопровождается преимущественным ростом и денудацией горных систем.

Вместе с тем, как показали новые геофизические материалы, во всех случаях глубинная геология континента предопределена прогибанием, и осадочный чехол формируется, как правило, в обширных депрессиях, где результирующая мощность осадков измеряется километрами и десятками километров (рис. 5). Последующие деформации часто приводят к их существенному размыву, что свидетельствует об изменении первоначального режима погружения на режим роста, то есть согласно полученным данным, эволюция депрессий всегда заканчивается воздыманием по всей площади седиментационного бассейна – вплоть до появления горной системы, после пенепленизации которой зачастую следует новое опускание.

Инверсионная стадия на завершающем этапе характерна для всех изученных впадин. Например, Гыдано-Таймырский прогиб, где мощность рифейско-палеозойских осадков достигает 20 км, сегодня представляет собой

воздымающийся Горный Таймыр (см. рис. 1). Обско-Анабарская мегагряда унаследовала положение Усть-Енисейского прогиба, что привело к существенному, а местами даже полному, размыву связанных с ним толщ, мощность которых изначально, судя по всему, также достигала двух десятков километров. Несмотря на возобновление опускания в триасовом периоде, в настоящий момент почти по всей своей площади мегагряда продолжает расти опережающими темпами, обеспечивая оформление плато Путорана [11]. Но в меловое время те же структуры – южная часть Таймырской складчатой области, западная часть Обско-Анабарской мегагряды – частично были охвачены новым прогибанием (см. рис. 1), что говорит об очередной инверсии вертикальной тектоники.

Механизмы опускания и смены нисходящих движений на восходящие открываются при изучении Енисей-Хатангского прогиба, поскольку в нем они задействованы во всей полноте своей номенклатуры по сегодняшний день. В его границах фиксируется три высокоамплитудных инверсионных цикла (рис. 6). Наиболее раннее прогибание, оставившее отчетливый региональный след в его осадочном чехле, имеет рифейский возраст, а мощность связанных с ним осадков достигала 10 км и более. По итогам первой наблюдаемой инверсии рифейские отложения оказались размывы, местами почти полностью. Вторая инверсия обусловила новое прогибание и привела к накоплению на выровненной поверхности рифея вендско-палеозойского, триасового и юрско-мелового осадочных комплексов. Третий инверсионный цикл, начавшийся в мезозое, по-видимому, еще не завершен.

Он породил пересекающую всю Западную Сибирь и Енисей-Хатангский прогиб систему мегавалов, возраст которых, триасовый на западе, постепенно

омолаживается в направлении Восточного Таймыра, где инверсия тектоники и вызванное ею воздымание происходили в позднем мелу.

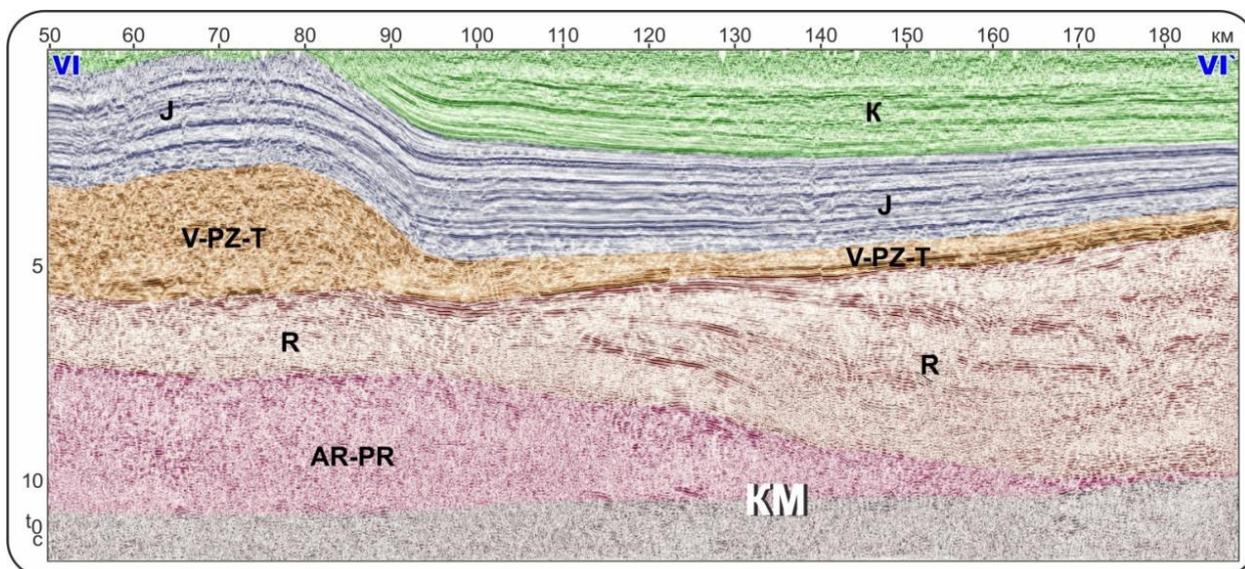


Рис. 6. Проявления тектонических инверсий в осадочном чехле Енисей-Хатангского прогиба (положение разреза см. на рис. 3) [12]

С мезо-кайнозойскими депрессиями Центральной и Западной Сибири связано распространение высокоплотного тела в основании земной коры, которое под депоцентрами смыкается с подошвой осадочного чехла и занимает все пространство между толщами осадков и верхней мантией (рис. 7). Повышенная плотность в основании прогибов известна с 1970–1980-х годов, когда проводились обобщения гравиметрических съемок и глубинных сейсмических зондирований, и она соотносилась с поднятием на уровне раздела кора–мантия или с появлением в разрезе зоны переходных от коры к мантии свойств [13–16].

Согласно новым материалам сейсморазведки МОГТ, и кровля, и подошва этого высокоплотного тела прослеживаются в виде системы

отражающих площадок, характерных для поверхности Мохоровичича, и оно объединяет в существенной степени уплотненный субстрат нижней и верхней коры (см. рис. 7). В результате вся консолидированная ее часть (вплоть до нижних горизонтов осадочного чехла под наиболее выраженными впадинами) спрессована в слой с заметным уменьшением мощности, что, очевидно, привело внутри него к росту давления, которое, согласно лабораторным экспериментам, превращает базальты всех видов сначала в гранатовые гранулиты, а затем – в эклогиты [17]. Исходя из этого, наблюдаемая на разрезах МОГТ картина уплотнения коры доказывает постепенную эклогитизацию ее нижней части, как это предполагалось рядом исследователей при формировании крупнейших прогибов [18–21].

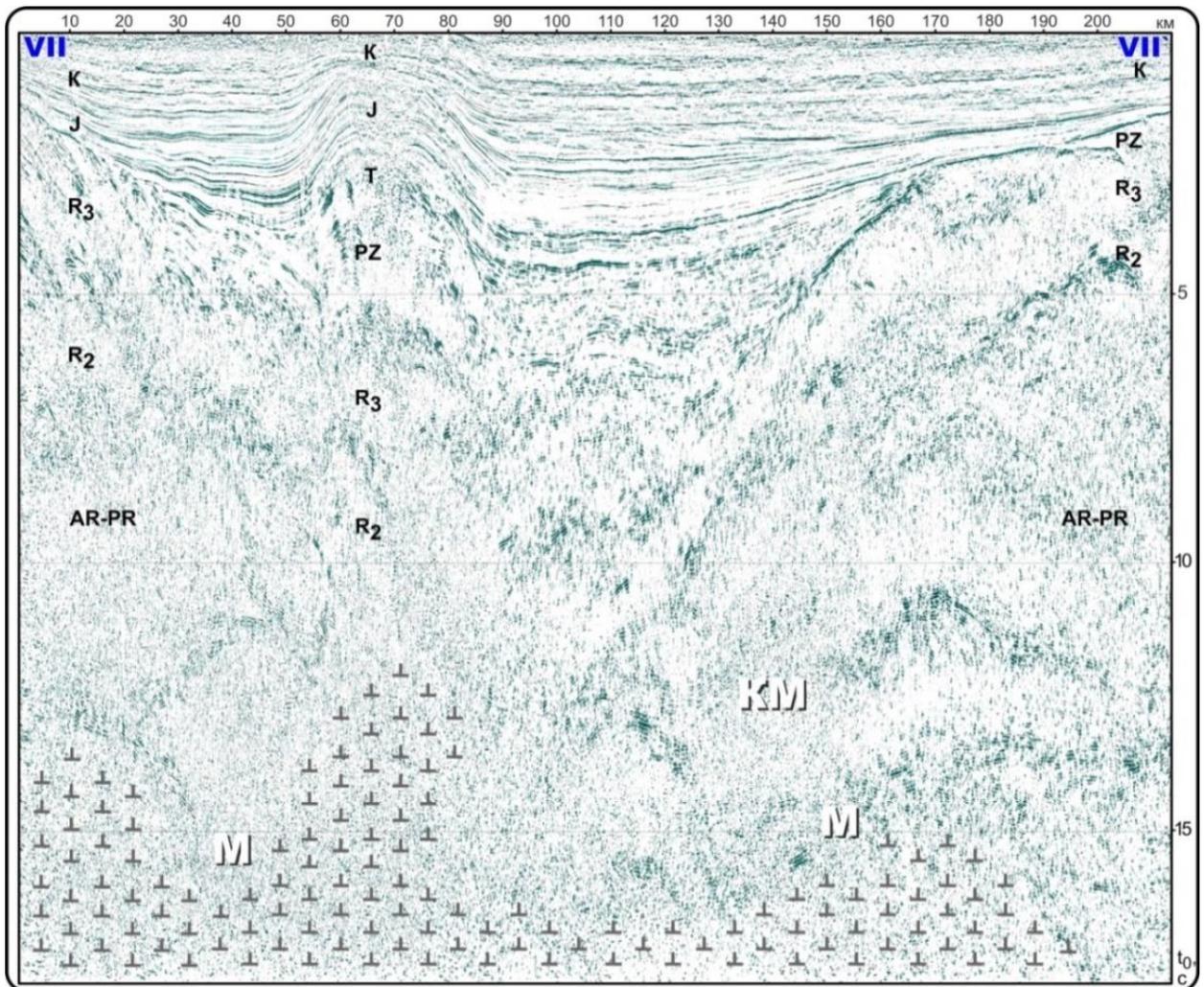


Рис. 7. Объединение коромантийной смеси с осадочным чехлом в основании Агапской впадины (положение разреза см. на рис. 3)

С эцлогитизированным высокоплотным слоем соотносится область повышенных значений геотермического градиента, а по данным электроразведки – понижение удельного сопротивления [5–7, 22], что свидетельствует о насыщенности этого тела мантийными флюидами [23] и его повышенной пластичности (коровое происхождение флюидонасыщения исключается ввиду совершенно «сухих», высокоомных блоков земной коры в вышележащем разрезе).

Слой пониженного сопротивления в низах коры местами нарушается геоэлектрическими максимумами, тянущимися сквозь него и пересекающими почти весь

вышележащий геологический разрез [4–7, 12, 24]. Учитывая, что, несмотря на распространение этих максимумов в осадочном чехле, сейсмические отражения там, в основном, сохраняются, можно предполагать их метасоматическую природу. Это подтверждается данными глубокого бурения, фиксирующими соответствующие изменения [25, 26]. В то же время, на уровне границы Мохоровичича, где на фоне рассматриваемого повышения удельного электрического сопротивления прекращается прослеживание отражающих сейсмических площадок, данные геофизические аномалии отвечают, скорее всего, интрузивам.

Магматические внедрения в основании крупных депрессий являются закономерным следствием эклогитизации, поскольку эклогиты превосходят по плотности не только все горные породы коры, но и перидотиты верхней мантии, и последние, вследствие недостатка плотности, всплывают в непосредственно перекрывающие их более плотные и пластичные образования [7, 10, 12, 24]. Подобные диапиры приводят к перемешиванию вещества коры и мантии, и результирующий высокоплотный эклогитизированный слой, насыщенный перидотитовыми интрузиями, квалифицируется уже в качестве коромантийной смеси (см. рис. 1, 7).

Обуславливающие метасоматоз интрузивные тела, маркируемые прекращением прослеживания отражающих площадок и повышением удельного электрического сопротивления, характеризуются также гравитационными максимумами и во всех случаях совпадают с крупными инверсионными поднятиями в осадочном чехле: с системой мегавалов, с Центрально-Таймырской седловиной, с Танамской структурной террасой и другими. Судя по всему, связанное с внедрениями нарушение высокоплотного слоя, а также обусловленные ими направленные вверх напряжения, и порождают прекращение опускания, инверсию тектоники и рост антиклинальных структур регионального масштаба.

Палеорекострукции сейсмоданных свидетельствуют, что наиболее значимый рост инверсионных мегавалов в мезокайнозойских депрессиях сопровождается

еще более интенсивным прогибанием на их крыльях, которое постепенно расширяется и формирует новые депоцентры взамен инверсировавшего [7, 10, 12, 24]. Тем самым фиксируется происходящее параллельно с инверсией увеличение плотности на границах охваченной ею области, и связанное с этим ускорение изостатического погружения. Исходя из этого, можно предположить, что всплывающие мантийные перидотиты вытесняют перекрывающие их и обладающие повышенной пластичностью эклогиты в направлении наименьшего сопротивления, то есть, прежде всего, вдоль пластичного слоя коромантийной смеси. Как следствие, на фронте интрузивных внедрений, в краевых частях древнего седиментационного бассейна, происходит форсированное уплотнение, за счет чего ускоряется опускание, направленное на восстановление изостатического равновесия, и появляются новые впадины.

Другими словами, материалы МОГТ последних лет подтверждают предполагавшееся ранее перераспределение вещества земной коры в форме горизонтального течения [27]. При этом самые интенсивные интрузивные процессы приводят к максимально быстрому вытеснению наибольшего объема эклогитизированного вещества и инициируют образование параллельных инверсионным мегавалам линейно вытянутых желобов, которые не успевают компенсироваться осадками и заполняются ими впоследствии за счет бокового сноса, создавая условия для появления клиноформных седиментационных тел [24].

Ускорение эклогитизации на периферии инверсионных систем после ее завершения приводит к соответствующему расширению магматических внедрений в низах коры и связанному с ними росту новых более молодых поднятий там, где совсем недавно происходило погружение с максимальной скоростью, маркируемой боковым сносом осадков (рис. 8). Как и клиноформные тела, эти поднятия постепенно омолаживаются в направлении от

области инверсии, о чем свидетельствуют более молодой возраст размыва осадков в их сводах и косослоистые толщи, отлагавшиеся на их месте в неокоме. Появление таких антиклинальных структур указывает, что в этом направлении развивается разрушение обуславливающего депрессионный режим высокоплотного тела в основании земной коры и происходит пошаговое расширение инверсионных трендов для всего мезозойско-кайнозойского бассейна.

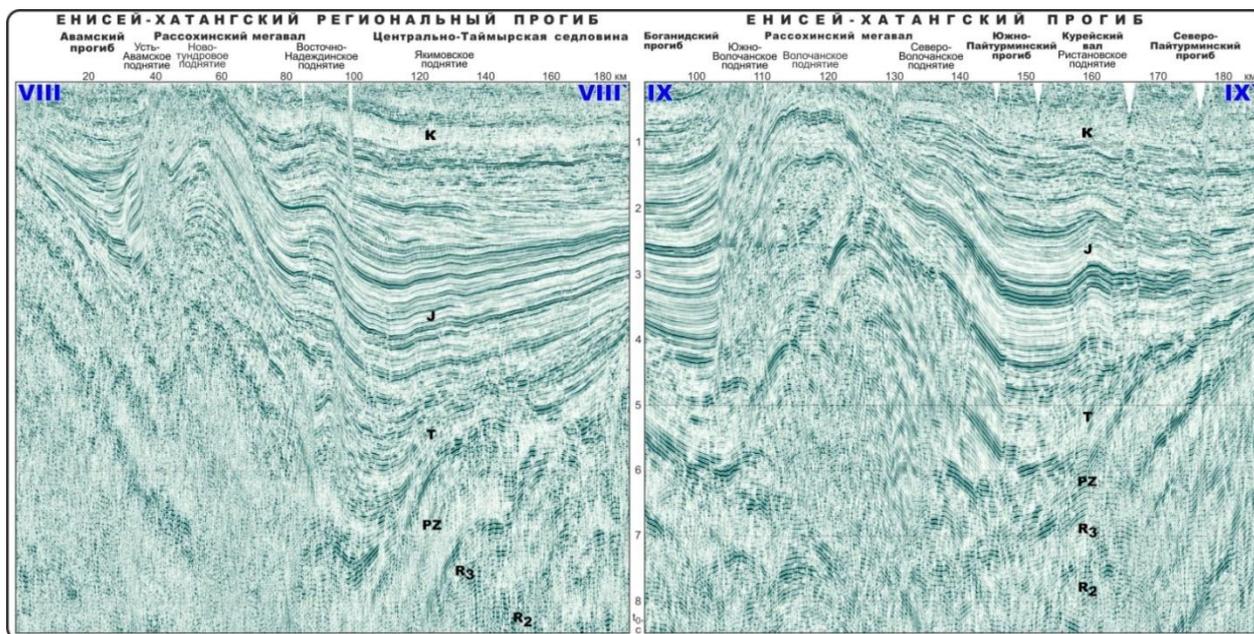


Рис. 8. Омоложение локальных поднятий при удалении от инверсионных мегавалов (положение разрезов см. на рис. 3)

Обсуждение

Таймырский геофизический полигон показал, что континентальный осадочный чехол формируется в условиях крупных прогибов, которые на завершающей стадии своего развития воздымаются, часто образуя горную страну по всей своей площади. В большинстве случаев инверсия вертикальной тектоники происходит неоднократно: опускания вновь сменяют рост, а тот, в свою очередь, опять уступает место нисходящим движениям. Традиционно структуры подобного типа называются геосинклиналями, а их становление –

геосинклинальным циклом, включающим ряд этапов и стадий, – от собственно геосинклинального до орогенного.

По результатам исследований на Таймыре импульсом для появления таких геосинклиналей служит уплотнение в низах коры под действием мантийных флюидов, которое связано с эклогитизацией коромантийной смеси и создает условия для изостатического прогибания. Основной причиной смены погружения на воздымание является, напротив, деструкция слоя эклогитизированной коромантийной смеси.

Она разрушается вследствие своей повышенной плотности по отношению не только к коре, но и к верхней мантии, путем перемешивания ее с менее плотными мантийными перидотитами, которые не только вытесняют из разреза высокоплотное пластичное вещество, обеспечивающее изостатическое опускание, но и создают вертикальные напряжения, непосредственно приводящие к росту поднятий.

Вследствие этого эклогитизация постепенно все больше смещается на края геосинклинали, расширяя депрессию. Одновременно происходит наращивание лишнего высокоплотного основания пространства в осевой ее части, под древним депоцентром, где основу земной коры составляет осадочный разрез, обладающий значительным недостатком плотности, что предопределяет все более обширное изостатическое воздымание в дальнейшем.

Соответственно, когда эклогитизированная коромантийная смесь в какой-то момент целиком вытесняется из первоначальной геосинклинали, это приводит, с одной стороны, к повсеместному орогенезу в ней, с другой – к зарождению новых геосинклинальных прогибов за ее пределами. Возникающие при этом колебательные процессы воздымания и погружения, протекая в противофазе на смежных участках континента, создают своего рода волну, распространяющуюся на относительно однородных платформах и плитах.

Естественными границами для продвижения таких волн становятся, с одной стороны, неширокие линейно вытянутые геосинклинальные пояса, где изначально, вследствие меньших размеров вкрест простирания, скорость и интенсивность аналогичных циклов была гораздо выше. Поскольку каждый новый геосинклинальный цикл приводит к увеличению мощности и снижению плотности земной коры – за счет

роста осадочной составляющей в ее разрезе, опережающая серия таких циклов приводит к созданию препятствия для перетекания высокоплотного пластичного вещества со стороны смежных геоблоков, так как переводит раздел Мохоровичича на более глубокие уровни. Так происходит, например, на Урале, где повышенная мощность коры [28], препятствует свободному течению вещества в ее основании. С другой стороны, распространение подобных инверсий и обуславливающих их механизмов лимитируется, по-видимому, областью субдукции, которая также мешает внутрикоровому течению, как происходит, вероятно, на Таймырском побережье, где океаническая кора активно взаимодействует с континентальной [29].

Вместе с тем глубинное геологическое строение, убедительно иллюстрируемое геофизическими разрезами, никак не укладывается в классическую геосинклинальную полярность, когда по степени деформированности (в направлении ее убывания) на разных этапах развития должны выделяться эвгеосинклинальное и миогеосинклинальное пространства, сменяемые платформой [30]. По факту во всех трех указанных зонах картируются разновозрастные авлакогенные прогибы близкой дислоцированности, каждый из которых в разное время в той или иной степени испытал на себе инверсионные движения. А бассейны самого молодого возраста иногда характеризуются максимально сложным строением, тогда как они, казалось бы, должны обладать наиболее простой конструкцией по логике традиционных геосинклинальных представлений.

Помимо этого, есть еще целый ряд факторов, которые можно объяснить только с привлечением тектоники плит. Так, большинство впадин имеют ассиметричное строение. Зачастую, один из бортов – более крутой, другой – более пологий.

Например, у Гыдано-Таймырского прогиба северный борт круче южного, а у мезозойской части Енисей-Хатангского – наоборот, южный борт более крутой, чем северный. Центральное (в терминологии В.В. Белоусова [20]) инверсионное поднятие, как правило, ближе к крутому борту. Распространение клиноформных толщ происходит преимущественно по одну сторону от центрального поднятия – в направлении пологого склона, то есть в сторону расширения седиментационного бассейна. Все это, судя по всему, в той или иной степени связано с горизонтальным перемещением континентальных масс и взаимодействием наиболее крупных геоблоков, определяющих направление преимущественного течения корового вещества.

Дрейф континентов существенно усложняет становление тектоники региона, поскольку каждый блок земной коры находится на своем этапе геосинклинального цикла и в этой связи обладает динамикой, отличной от окружающих структур аналогичного порядка. Различие скорости горизонтального перемещения смежных геосинклиналей, как правило, находящихся в противофазе вертикальных колебаний, формирует все многообразие дизъюнктивных нарушений в области их сочленения, где возможно как сжатие, так и растяжение. Тем не менее, в условиях фиксируемого перманентного регионального сжатия более отчетливый след оставляет надвигание, образующее обширные зоны и проникающее на десятки и сотни километров, как например, Таймырская надвиговая система, которая, обладая преимущественно мезозойским возрастом, согласно реконструкциям, маркирует сокращение

расстояний, измеряемое десятками километров [31]. Преимущественная приуроченность надвиговых дислокаций к границам геосинклиналей объясняется непосредственным смыканием и коллизией древних максимально уплотненных толщ с молодыми наименее плотными осадками.

Более того, горизонтальные напряжения смещают геосинклинали в сторону от обуславливающих их глубинных механизмов, поскольку сдвиг континентальных блоков происходит не только по подошве коромантийной смеси, но и по ее кровле, о чем свидетельствует картирование двойного горизонта М по данным сейсморазведки МОГТ. Согласно существующим представлениям [32], причиной появления таких отражений на уровне Мохоровичича является поверхность шероховатости, связанная с движением континентов, и, стало быть, следует предполагать не только трафик земной коры в целом, но и смещение вышележащих ее слоев относительно пластичной высокоплотной линзы в основании. Очевидно, такое смещение приводит к наблюдаемой асимметричности строения геосинклиналей, а также к неравномерному, одностороннему развитию седиментации в формате бокового сноса осадков с формированием клиноформ.

Подводя итог, можно констатировать, что, поскольку Таймырским геофизическим полигоном изучена существенная часть континента, а отдельные маршруты последних лет позволяют экстраполировать сделанные выводы далеко за ее границы – на всю центральную часть Российской Арктики, – можно предполагать распространение сходных геодинамических механизмов по всей Евразии и на других континентах.

По-видимому, крупнейшие геоструктуры, масштаба антеклиз и синеклиз, являются следствием, прежде всего, вертикальных тектонических движений, в той или иной степени осложненных горизонтальным дрейфом континентов, который приводит чаще всего к состоянию сжатия и надвиговым дислокациям, но, вероятно, где-то может обусловить и локальное растяжение.

В то же время, всеобъемлющее растяжение континентальной коры по типу африканского можно считать скорее исключением из правил. Даже субглобальный раскол срединно-океанических хребтов, проходящий через всю Атлантику и пересекающий Арктические моря, почти не проявляет себя на своем непосредственном продолжении в тектонике материка (см. рис. 3). Фиксируемое полное отсутствие взаимосвязи между региональными структурами океанических и континентальных плит показывает, что расколы талассократонов, их движение и субдукция практически никак не влияют на тектоногенез континентов, протекающий по своим законам. Следовательно, принимая во внимание доминирование на континентах вертикальных движений, plate tectonics для них превращается в геосинклинальную тектонику плит.

С точки зрения этой новой парадигмы, перспективы нефтегазоносности того или иного района определяются в большей мере не приуроченностью его к какой-либо геоструктуре, а текущим геодинамическим режимом. Исходя из своей динамики, он может быть соотнесен с одним из геосинклинальных этапов, характеризующихся погружением, активными процессами седиментации и формированием осадочного бассейна или, напротив, орогенезом и доминирующим размывом осадков.

В случае погружения, в зону образования нефти и газа будут постепенно попадать толщи, все более обогащенные органическим веществом и еще не реализовавшие или не в полной мере реализовавшие потенциал генерации, что обусловит миграцию и аккумуляцию нефти и газа. И наоборот, воздымание приведет к попаданию в эту зону все более обедненных органикой пород, что ограничит, а со временем и совсем прекратит поток углеводородных флюидов вверх по разрезу.

Примером подобных внеструктурных, геодинамически обусловленных бассейнов, можно считать рифейско-палеозойское обрамление Енисей-Хатангского прогиба. Как на севере, в пределах Горного Таймыра, так и на юге, на плато Путорана, в мезо-кайнозой все большие территории оказываются втянуты в погружение (см. рис. 5), и смена геодинамического режима, частичное вовлечение их в новый геосинклинальный цикл, приводит к возобновлению генерации углеводородов на погружающихся участках [33, 34], несмотря на то, что основная геоструктура и в том и в другом случае продолжает воздымание и, вероятно, не обременена продуцированием нефти и газа.

Заключение

Итак, континентальная земная кора во всем своем объеме испытывает непрерывные колебательные вертикальные движения, связанные с термобарическими изменениями в ее основании и осложняемые горизонтальным перемещением материков. На этапе опускания образуются обширные осадочные бассейны, заполненные толщами большой мощности. После инверсии направления движений, на этапе воздымания, эти осадки в той или иной степени размываются, после чего следует новое прогибание.

В пределах горных систем циклически сменяющие друг друга опускание и воздымание давно известны геологам. Но, как показали исследования последних лет на Таймыре, сходные процессы обуславливают и становление континентальной коры в целом, поскольку характерны и для платформ, и для крупнейших прогибов. Достаточно убедительно объяснить механизм повсеместной осцилляции геоблоков исключительно с точки зрения тектоники плит не представляется возможным. И в этой связи приходится возвращаться к терминологии геосинклинальной концепции, которая традиционно оперировала вертикальными движениями.

Однако и опираясь только на вертикальные напряжения, невозможно объяснить все многообразие наблюдаемых дислокаций, и в первую очередь, многочисленные надвиги, в том числе Таймырскую надвиговую систему, которая по охватываемой ею площади сопоставима с крупнейшими мировыми аналогами и в существенной степени определяет геологический облик региона. Ее формирование, как и появление целого ряда других, не связанных с нею, разломов, гораздо проще объясняется взаимодействием крупных континентальных геоблоков с различными реологическими свойствами в области сочленения, когда давление более древних и плотных образований с одной

стороны приводит к надвигам в более молодых рыхлых отложениях с меньшей плотностью.

Таким образом, чтобы объяснить зафиксированные на Таймырском геофизическом полигоне факты, приходится использовать симбиоз понятий двух господствовавших в последние сто лет теорий и переходить к новой парадигме, которую можно назвать геосинклинальной тектоникой плит.

С этих позиций перспективы нефтегазоносности того или иного района определяются не столько приуроченностью его к геоструктуре какого-либо возраста, сколько текущей стадией геосинклинального цикла. Погружение или воздымание, а также магматические процессы позволяют соотносить конкретную территорию с одним из геосинклинальных этапов, характеризующихся опусканием, активными процессами седиментации и формированием осадочного бассейна или, напротив, орогенезом, магматизмом, метаморфизмом и размывом осадков. При этом тот или другой сценарий будет обуславливать разный приток углеводородов из области генерации, то есть региональные тектонические движения во многом предопределяют углеводородный потенциал, что делает их одним из важнейших критериев его оценки.

Литература

1. Казаис В.И., Мельник А.И., Кушнир Д.Г. Эффективность нового этапа региональной сейсморазведки на Таймыре // Перспективы развития нефтегазодобывающего комплекса Красноярского края: Материалы научно-практической конференции. Красноярск: КНИИГиМС, 2007. С. 70–75.
2. Казаис В.И., Кушнир Д.Г. Эффективность региональных нефтегазопроисковых работ на Таймыре // Санкт-Петербург 2018. Инновации в геонауках – время открытий: Материалы 8-ой международной геолого-геофизической конференции. СПб., 2018. 7 с. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201800276>

3. *Кушнир Д.Г.* Эффективность региональных сейсморазведочных работ на Таймыре // Природные ресурсы Красноярского края. 2013. № 18. С. 38–41.
4. *Кушнир Д.Г.* Глобальные геодинамические процессы в свете уникальных геофизических данных, полученных в последние годы на Таймыре // Геосочи-2017. Нефтегазовая геология и геофизика: Материалы международной научно-практической конференции. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2017. С. 59–62.
5. *Кушнир Д.Г.* Геодинамика полуострова Таймыр по геофизическим данным // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9, № 1. С. 81–92. <https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-1-0338>
6. *Кушнир Д.Г., Жужель А.С.* Глобальная геодинамика по данным Таймырского геофизического полигона // Результаты комплексного изучения сильнейшего Алтайского (Чуйского) землетрясения 2003 г., его место в ряду важнейших сейсмических событий XXI века на территории России: Материалы XXI Научно-практической Щукинской конференции с междунар. участием / Под ред. Е.А. Рогожина, Л.И. Надежка. М.: ИФЗ РАН, 2018. С. 209–213.
7. *Кушнир Д.Г.* Гипербазиты как фактор геодинамики по результатам исследований на Таймырском геофизическом полигоне // Актуальные проблемы нефти и газа. 2020. Вып. 2(29). С. 3–27. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2020-29.art1>
8. *Кушнир Д.Г.* Глубинное геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Приенисейской полосы Таймыра и Гыдана // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2016. Т. 11, № 1. С. 8. https://doi.org/10.17353/2070-5379/6_2016
9. *Кушнир Д.Г., Яковлев Д.В., Романов А.П.* Тектоника и нефтегазогеологическое районирование Таймыра по результатам региональных исследований // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2020. Т. 15, № 2. С. 4. https://doi.org/10.17353/2070-5379/22_2020
10. *Кушнир Д.Г.* Формирование норильских медно-никелевых руд в свете новых данных о механизмах магматических процессов на Таймыре // Геомодель-2021: Материалы 23-й научно-практической конференции по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа. Геленджик, 2021. 5 с. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202157103>
11. Карта новейшей тектоники северной Евразии. Масштаб 1:5000000 / Под ред. А.Ф. Грачева. М.: ВИЭМС МПР РФ, ОИФЗ РАН, 1997.
12. *Кушнир Д.Г.* Континентальная геодинамика по данным Таймырского полигона // Новые идеи в геологии нефти и газа-2021. Новая реальность: Материалы Международной научно-практической конференции. М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. 4 с. <https://oilgasideas.ru/wp-content/uploads/2021/05/KyshnirDG.pdf> (Дата обращения 14.09.2021).
13. *Казаис В.И., Яганцев Э.М.* Методика количественной интерпретации гравитационных и магнитных аномалий в Енисей-Хатангском прогибе // Геология и геофизика. 1971. № 2. С. 25–30.
14. *Костюченко С.Л.* Структура коры и глубинные механизмы формирования Приарктических континентальных осадочных бассейнов Сибири // Региональная геология и металлогения. 2000. № 10. С. 125–135.
15. *Сурков В.С., Смирнов Л.В., Жеро О.Г.* Раннемезозойский рифтогенез и его влияние на структуру литосферы Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика. 1987. № 9. С. 3–11.
16. *Яскевич В.И., Яковлев Ю.К., Четвергов А.П.* и др. Результаты и проблемы изучения тектоники западной части Сибирской платформы и Енисей-Хатангского прогиба по геолого-геофизическим данным // Тектоника Сибири. Т. IX. Тектоника и нефтегазоносность Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1980. С. 79–84.

17. *Жарков В.Н.* Внутреннее строение Земли и планет: элементарное введение в планетную и спутниковую геофизику. М.: Наука и образование, 2013. 414 с.
18. *Артюшков Е.В.* Геодинамика. М.: Наука, 1979. 328 с.
19. *Артюшков Е.В.* Механизм образования сверхглубоких осадочных бассейнов. Растяжение литосферы или эклогитизация? // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 12. С. 1675–1886.
20. *Белоусов В.В.* Основы геотектоники. 2-е изд. М.: Недра, 1989. 382 с.
21. *Песковский И.Д.* Эволюция литосферы Западной Сибири и формирование осадочного бассейна. М.: Недра. 1992. 334 с.
22. Карта теплового потока территории СССР и сопредельных районов. Масштаб 1:10000000 / Под ред. А.А. Смыслова. Л.: ВСЕГЕИ, Мингео СССР, 1978.
23. *Jones A.G.* Electrical properties of the lower continental crust // *Continental lower crust* / Ed. by D.M. Fountain, R.J. Arculus, R.W. Kay. Amsterdam: Elsevier, 1992. P. 81–143.
24. *Кушнир Д.Г.* Геодинамические предпосылки некомпенсированного осадконакопления // ГеоКалининград-2021. Нефтегазовая, рудная геология и геофизика: Сборник трудов X Международной научно-практической конференции. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021. С. 80–83.
25. *Афанасенков А.П., Яковлев Д.В.* Применение электроразведки при изучении нефтегазоносности северного обрамления Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2018. Т. 59, № 7. С. 1032–1052. <https://doi.org/10.15372/GiG20180708>
26. *Черданцева Д.А., Кравченко Г.Г., Краснощечкова Л.А.* Условия формирования песчаных пластов-коллекторов яковлевской свиты на территории Лодочного нефтегазоконденсатного месторождения // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 10. С. 115–127. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/10/2860>
27. *Павленкова Н.И., Кашубин С.Н., Павленкова Г.А.* Земная кора глубоких платформенных впадин северной Евразии и природа их формирования // Физика Земли. 2016. № 5. С. 150–164. <https://doi.org/10.7868/S0002333716050124>
28. Геотраверс «ГРАНИТ»: Восточно-Европейская платформа – Урал – Западная Сибирь (строение земной коры по результатам комплексных геолого-геофизических исследований) / Под ред. С.Н. Кашубина. Екатеринбург: Баженовская геофизическая экспедиция, 2002. 312 с.
29. *Верниковский В.А.* Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. 202 с.
30. *Обуэн Ж.* Геосинклинали: проблемы происхождения и развития / Пер. с англ. М.: Мир, 1967. 302 с.
31. *Балдин В.А., Мунасыпов Н.З.* Неопротерозойско-палеозойские и триасовые комплексы Гыдана и Таймыра // Геофизика. 2017. № 3. С. 76–88.
32. *Павленкова Н.И.* Развитие представлений о сейсмических моделях земной коры // Геофизика. 1996. № 4. С. 11–18.
33. *Афанасенков А.П., Битнер А.К., Романов А.П.* и др. О перспективах нефтегазоносности доюрских отложений Горного Таймыра на основе геолого-геохимических исследований // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2019. № 2(38). 2019. С. 51–64. <https://doi.org/10.20403/2078-0575-2019-2-51-64>
34. *Болдушевская Л.Н., Ладыгин С.В., Назимков Г.Д.* и др. Литология и органическая геохимия палеозойских отложений западного Таймыра // Литологические и геохимические основы прогноза нефтегазоносности: Сб. материалов Международной научно-практической конференции. СПб.: ВНИГРИ, 2008. С. 198–202.

New geodynamics: geosyncline plate tectonics

D.G. Kushnir

Taimyrgeofizika JSC (Bashneftegeofizika Group of Companies JSC), Dudinka, Russia

E-mail: d.kushnir@tmrgeo.ru

Abstract. For the first time, on the basis of the data set of the Taimyr geophysical site, the processes that cause vertical oscillatory movements of large blocks of the continental crust and largely determine its deep structure are confidently recorded. In this regard, the conceptual apparatus of plate tectonics is being expanded due to terms that were not originally used for it, previously used within the framework of geosyncline theory. Modern geodynamics combines concepts opposed in the past, thereby forming a conceptually new geosyncline plate tectonics.

Under the new paradigm, the oil and gas prospects of an area are determined not so much by its confinement to ageostructure of any age, as by the current stage of the geosyncline cycle, characterized by subsidence, active sedimentation processes and formation of a sedimentary basin or, conversely, orogenesis and dominant erosion of sediments. Thus, one or another scenario will cause a different inflow of hydrocarbons from the generation area, which means that regional tectonic movements largely predetermine the realization of the hydrocarbon potential, making them one of the most important criteria for its assessment.

Keywords: Taimyr geophysical site, geodynamics, plate tectonics, geosyncline, Earth's crust, crust–mantle mixture.

Citation: *Kushnir D.G.* New geodynamics: geosyncline plate tectonics // Actual Problems of Oil and Gas. 2021. Iss. 3(34). P. 3–20. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2021-34.art1> (In Russ.).

References

1. *Kazais V.I., Melnik A.I., Kushnir D.G.* Efficiency of a new stage of regional seismic exploration on Taimyr // Prospects of Development of the Oil and Gas Production Complex of the Krasnoyarsk Territory: Proceedings of the Scientific and Practical Conference. Krasnoyarsk: KNIIGiMS, 2007. P. 70–75. (In Russ.).
2. *Kazais V.I., Kushnir D.G.* The effectiveness of regional oil and gas exploration on the Taimyr Peninsula // Saint Petersburg 2018. Innovations in Geosciences – Time for Breakthrough: Proceedings of the 8th International Geological and Geophysical Conference. St. Petersburg, 2018. 7 p. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201800276> (In Russ.).
3. *Kushnir D.G.* Effectiveness of regional seismic surveys on Taimyr // Natural Resources of the Krasnoyarsk Territory. 2013. No. 18. P. 38–41. (In Russ.).
4. *Kushnir D.G.* Global geodynamic processes in the light of unique geophysical data obtained in recent years on Taimyr // Geosochi-2017. Oil and Gas Geology and Geophysics: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Tver: PolyPRESS LLC, 2017. P. 59–62. (In Russ.).
5. *Kushnir D.G.* Geodynamics of the Taimyr Peninsula from geophysical data // Geodynamics and Tectonophysics. 2018. Vol. 9, No. 1. P. 81–92. <https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-1-0338> (In Russ.).
6. *Kushnir D.G., Zhuzhel A.S.* Global geodynamics according to the data of the Taimyr geophysical site // Results of a comprehensive study of the strongest Altai (Chuya) earthquake in 2003, its place among the most important seismic events of the XXI century on the territory of Russia: Proceedings

of the XXI Scientific and Practical Shchukin Conference with International Participation / Ed. by E.A. Rogozhin, L.A. Nadezhka. Moscow: IFZ RAS, 2018. P. 209–213. (In Russ.).

7. *Kushnir D.G.* Hyperbasites as a factor of geodynamics: the results of the surveys at the Taimyr geophysical site // Actual Problems of Oil and Gas. 2020. Iss. 2(29). P. 3–27. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2020-29.art1> (In Russ.).

8. *Kushnir D.G.* Pre-Yenisei area of Taimyr and Gydan Peninsulas – deep seated geological structure and petroleum potential prospects // Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika. 2016. Vol. 11, No. 6. P. 8. https://doi.org/10.17353/2070-5379/6_2016 (In Russ.).

9. *Kushnir D.G., Yakovlev D.V., Romanov A.P.* Tectonics and petroleum geological zoning of the Taimyr Peninsula according to the results of regional studies // Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika. 2020. Vol. 15, No. 2. P. 4. https://doi.org/10.17353/2070-5379/22_2020 (In Russ.).

10. *Kushnir D.G.* Formation of Norilsk copper-nickel ores in the light of new data on the mechanisms of magmatic processes in the Taimyr // Geomodel-2021: Proceedings of the 23rd Scientific and Practical Conference on Oil and Gas Exploration and Development. Gelendzhik, 2021. 5 p. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202157103> (In Russ.).

11. Neotectonic map of northern Eurasia. Scale 1:5,000,000 / Ed. by A.F. Grachev Moscow: VIEMS MPR RF, OIFZ RAS, 1997. (In Russ.).

12. *Kushnir D.G.* Continental geodynamics by the data from Taimyr survey site // New Ideas in Oil and Gas Geology-2021. New Reality: Proceedings of International Scientific and Practical Conference. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2021. 4 p. <https://oilgasideas.ru/wp-content/uploads/2021/05/KyshnirDG.pdf> (Accessed on 14.09.2021). (In Russ.).

13. *Kazais V.I., Yagantsev E.M.* Methods of quantitative interpretation of gravitational and magnetic anomalies of Yenisei-Khatanga depression // Geologiya i Geofizika. 1971. No. 2. P. 25–30. (In Russ.).

14. *Kostyuchenko S.L.* Crustal structure and in-depth mechanisms of the formation of subarctic continental sedimentary basins in Siberia // Regional Geology and Metallogeny. 2000. No. 10. P. 125–135. (In Russ.).

15. *Surkov V.S., Smirnov L.V., Zhero O.G.* Early Mesozoic riftogenesis and its effect on the structure of the lithosphere of the Western-Siberian Platform // Geologiya i Geofizika. 1987. No. 9. P. 3–11. (In Russ.).

16. *Yaskevich V.I., Yakovlev Yu.K., Chetvergov A.P.* et al. Results and problems of studying the tectonics of the Western part of the Siberian platform and the Yenisei-Khatanga trough from geological and geophysical data // Tectonics of Siberia. Vol. IX. Tectonics and oil and gas potential of Siberia and the Far East. Novosibirsk: Nauka, 1980. P. 79–84. (In Russ.).

17. *Zharkov V.N.* Internal structure of the Earth and planets. Elementary introduction to planetary and satellite geophysics. Moscow: Nauka i Obrazovanie, 2013. 414 p. (In Russ.).

18. *Artyushkov E.V.* Geodynamics. Moscow: Nauka, 1979. 328 p. (In Russ.).

19. *Artyushkov E.V.* Mechanism of formation of superdeep sedimentary basins: Lithospheric stretching or eclogitization? // Russian Geology and Geophysics. 2010. Vol. 51, No. 12. P. 1304–1313. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2010.11.002>

20. *Belousov V.V.* Fundamentals of geotectonics. 2nd ed. Moscow: Nedra, 1989. 382 p. (In Russ.).

21. *Peskovsky I.D.* The evolution of the lithosphere in West Siberia and formation of the sedimentary basin. Moscow: Nedra, 1992. 334 p. (In Russ.).
22. Heat flow map of the USSR territory and adjacent areas. Scale 1:10,000,000 / Ed. by A.A. Smyslov. Leningrad: VSEGEI, Mingeo USSR, 1978. (In Russ.).
23. *Jones A.G.* Electrical properties of the lower continental crust // Continental lower crust / Ed. by D.M. Fountain, R.J. Arculus, R.W. Kay. Amsterdam: Elsevier, 1992. P. 81–143.
24. *Kushnir D.G.* Geodynamic preconditions of uncompensated sedimentation // GeoKaliningrad-2021. Oil, Gas, Ore Geology and Geophysics: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference. Tver: PolyPRESS LLC, 2021. P. 80–83. (In Russ.).
25. *Afanasenkov A.P., Yakovlev D.V.* Application of electrical prospecting methods to petroleum exploration on the northern margin of the Siberian Platform // Russian Geology and Geophysics. 2018. Vol. 59, No. 7. P. 827–845. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2018.07.008>
26. *Cherdanceva D.A., Kravchenko G.G., Krasnoshchekova L.A.* The Yakovlevskaya suite oil-bearing sandstone formation conditions in the Lodochnoe oil field // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2020. Vol. 331, No. 10. P. 115–127. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/10/2860> (In Russ.).
27. *Pavlenkova N.I., Kashubin S.N., Pavlenkova G.A.* The Earth's crust of the deep platform basins in the Northern Eurasia and their origin // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. 2016. Vol. 52, No. 5. P. 770–784. <https://doi.org/10.1134/S1069351316050128>
28. GRANIT geotraverse: East European Platform–Urals–West Siberia (the crustal structure from the combined geological-geophysical studies) / Ed. by S.N. Kashubin. Yekaterinburg: Bazhenov Geophysical Expedition, 2002. 312 p. (In Russ.).
29. *Vernikovskiy V.A.* Geodynamic evolution of the Taimyr folded region. Novosibirsk: Publishing House of the Sib. Br. of the RAS, SPC UIGGM, 1996. 202 p. (In Russ.).
30. *Aubouin J.* Geosynclines. Amsterdam: Elsevier, 1965. 335 p.
31. *Baldin V.A., Munasyrov N.Z.* Neoproterozoic–Paleozoic and Triassic sequences of the Gydan and Taimyr Peninsulas // Geofizika. 2017. No. 3. P. 76–88. (In Russ.).
32. *Pavlenkova N.I.* Development of ideas about seismic models of the Earth's crust // Geofizika. 1996. No. 4. P. 11–18. (In Russ.).
33. *Afanasenkov A.P., Bitner A.K., Romanov A.P.* et al. On the petroleum potential prospects of the Gorny Taymyr Pre-Jurassic deposits based on geological and geochemical studies // Geology and Mineral Resources of Siberia. 2019. No. 2(38). P. 51–64. <https://doi.org/10.20403/2078-0575-2019-2-51-64> (In Russ.).
34. *Boldushevskaya L.N., Ladygin S.V., Nazimkov G.D.* et al. Lithology and organic geochemistry of Paleozoic deposits of the Western Taimyr // Lithological and Geochemical Bases of the Forecast of Oil and Gas Potential: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. St. Petersburg: VNIGRI, 2008. P. 198–202. (In Russ.).