

# Доклады Блэкберн: Палеозойский период Западной Сибири

Тектоническое развитие Западной Сибири в палеозойский период неисследованной территории

## Blackbourn Reports: The Palaeozoic of Western Siberia

Tectonic Development of Western Siberia  
during the Palaeozoic

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Graham Blackbourn: Blackbourn Geoconsulting

**К**ристаллический фундамент и отложения палеозойского периода в пределах бассейна Западной Сибири пробурены множеством скважин, а за последние декады проведены всесторонние геофизические исследования. Тем не менее, хотя общая литология и распределение различных типов фундамента довольно хорошо известны, отсутствие обнажения пород в пределах самого бассейна препятствует проведению исследований месторождения, которые позволяют изучить непосредственно структурные отношения. Скважины в центральной части бассейна и Карского моря прошли только самые верхние участки толстых палеозойских интервалов, где они находятся. Поэтому эволюция бассейна в ЗСБ, от докембрийского до триасового периодов, в основном выводится на основании окружающих районов, где проведение подробных исследований обнаженных пород было возможным.

На запад и восток от ЗСБ располагаются кратонные блоки восточно-европейской платформы (западнее Урала) и, соответственно, Сибирская платформа. Несмотря на это, эволюция ЗСБ, похоже, также тесно взаимосвязана с эволюцией тектонических поясов на юге и юго-востоке Казахстана, других частей Центральной Азии и на восток в сторону Монголии и Китая. В действительности в настоящее время общепризнано, что большинство центральных и

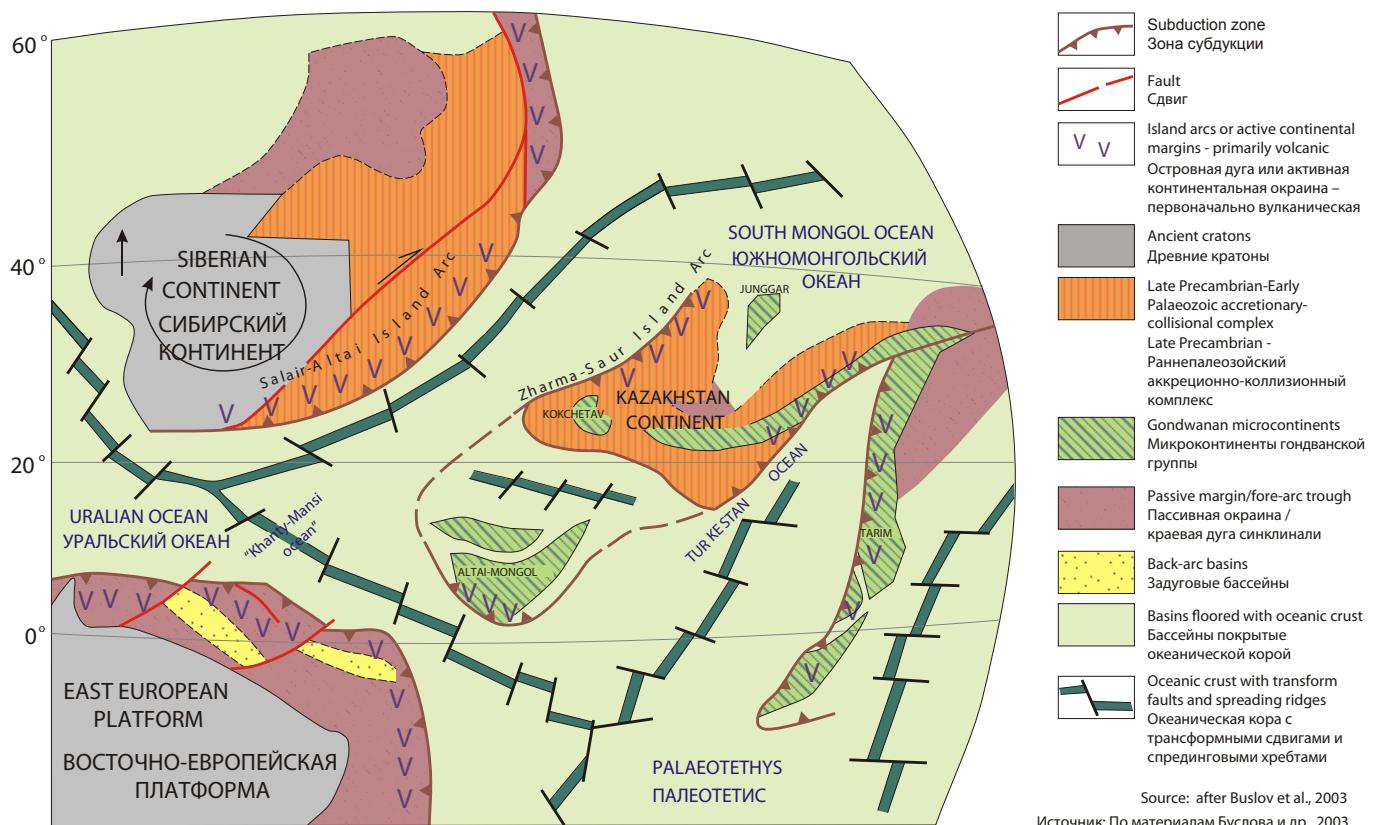
**T**he crystalline basement and Palaeozoic deposits within the West Siberian Basin have been penetrated by numerous wells, and detailed geophysical studies have been undertaken over recent decades. However, although the overall lithology and the distribution of different types of basement are quite well known, the absence of any outcrop within the basin itself precludes the type of field study which might enable structural relationships to be investigated directly. Wells in central parts of the basin, and the Kara Sea, have penetrated only the uppermost sections of the thick Palaeozoic intervals where they exist. The evolution of the basement to the WSB, from the Precambrian to the Triassic, is therefore largely inferred from that of surrounding regions where detailed outcrop studies have been possible.

To the west and east of the WSB are the cratonic blocks of the East European Platform (west of the Urals) and the Siberian Platform respectively. However, the evolution of the WSB appears also to be closely related to that of the tectonic belts to the south and southeast within Kazakhstan, other parts of Central Asia, and eastwards from there towards Mongolia and China. Indeed, it is now generally agreed that most of the central and southern parts of the WSB, including parts of the areas which accommodate the majority of the known hydrocarbons, are floored by crust with affinities to that of Kazakhstan.

The late Precambrian and early Palaeozoic history of the area remains largely conjectural, and interpretations

EARLY DEVONIAN (400-385 Ma)

РАННЕДЕВОНСКИЙ ПЕРИОД (400-385 миллионов лет назад)

**Рисунок I.2.1:** Предполагаемое расположение тектонической плиты; Раннедевонский период**Figure I.2.1:** Conjectural plate tectonic setting; Early Devonian

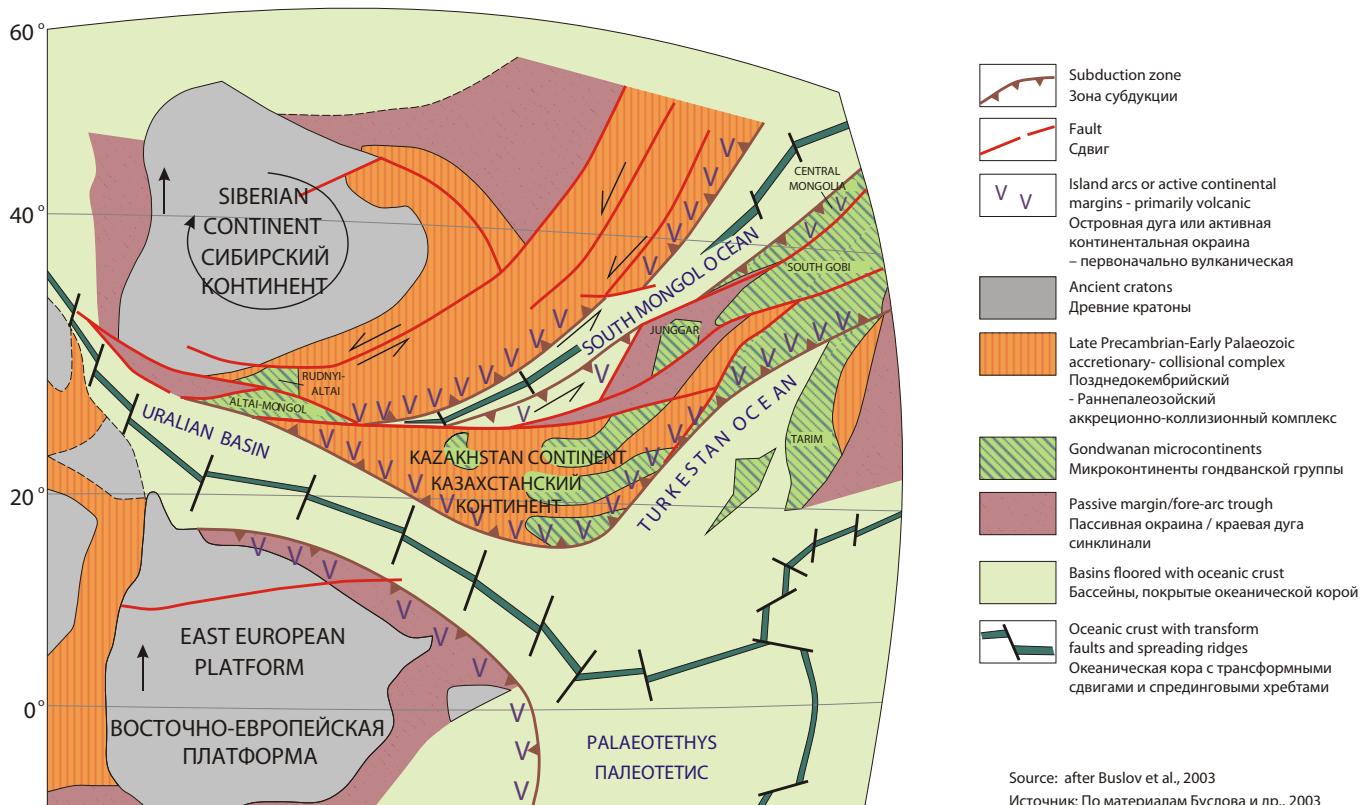
южных частей ЗСБ, включая участки с расположением большинства известных углеводородов, покрыты корой, схожей с корой Казахстана. Поздняя история докембрийского и ранняя история палеозойского периодов участка остается в основном гипотетической, а толкования различных авторов имеют значительные отличия в деталях, но на фоне единодушного согласия относительно общей структуры. Сенгор (Sengör) и другие (1994) предполагают, что раскалывание, начиная от вендского до камбрийского геологических периодов вдоль окраины объединенного Восточно-Европейского-Сибирского протоконтинента вызвало разделение этих двух континентальных блоков, вместе с образованием Кипчаковской дуги, которая удалилась от континентальных блоков, разделяя их от Туркестанского океана. Океанический бассейн, который открылся между континентами и Кипчаковской дугой (Ханты-Мансийский океан), начался снова закрываться к середине силурийского периода путем субдукции – поддвигания под Уральский край тектонической плиты Восточно-Европейского блока.

Кипчаковская дуга разломалась на серию сегментов, один из которых соответствовал блоку земной коры будущего «Казахстана». Тем временем Сибирь и

of various authors differ significantly in detail, although a general consensus is emerging regarding the overall pattern. Sengör et al. (1994) speculate that Vendian to Cambrian rifting along the margin of a combined East European–Siberian supercontinent initiated the separation of these two major continental blocks, together with the creation of the Kipchak arc, which drifted away from the continental blocks, separating them from the Turkestan ocean. The oceanic basin which opened up between the continents and the Kipchak arc (the “Khanty-Mansi ocean”) began to close again by the mid-Silurian by subduction beneath the Uralian margin of the Eastern European block. The Kipchak arc broke up into a series of segments, one corresponding to the future “Kazakhstan” crustal block. Meanwhile, Siberia and Eastern Europe began to rotate in relation to each other, clockwise and anti-clockwise respectively, drawing the various arc fragments into the space between them and stretching them out, rather in the manner of an old-fashioned laundry mangle pulling clothing to be dried into the space between the rollers. This resulted in large-scale strike-slip faulting. Buslov et al (2003) and other authors interpret a broadly similar tectonic setting at this time (Fig. I.2.1 & I.2.2), which continued during closure of the Uralian and South Mongolian (or Mongol- Okhotsk) oceans. The resulting triangular

EARLY CARBONIFEROUS (350-335 Ma)

РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ПЕРИОД (350-335 миллионов лет назад)

**Рисунок I.2.2:** Предполагаемое расположение тектонической плиты; Раннекаменноугольный период**Figure I.2.2:** Conjectural plate tectonic setting; Early Carboniferous

Восточная Европа начали вращаться относительно друг друга по часовой стрелке и против часовой стрелки соответственно, завлекая различные фрагменты дуги в пространство между ними и растягивая их способом, похожим на сушку белья в старомодных прачечных, где белье растягивалось и раскатывалось в пространстве между двумя валами. Это привело к крупномасштабным тектоническим нарушениям, вызванным горизонтальным смещением. Буслов и другие авторы (2003) толкуют чрезвычайно похожее тектоническое погружение в это время (Рис. I.2.1 и I.2.2), которое продолжалось во время закрытия Уральского и Южно-Монгольского (или Монголо-Охотского) океанов. Образовавшиеся треугольные клиновидные обломки коры между двумя кратоническими блоками в конце концов закупорили систему до завершения палеозойского (до позднепермского) периода. Мозаика блоков коры впоследствии образовала фундамент для ЗСБ (Приложение 2).

Приложения 3 и 4, взятые из докладов Егорова и Чистякова (2003), толкуют глубокие геотраверсы коры ЗСБ. Следует отметить, что интервал возраста некоторых сedimentационных последовательностей, приводимый этими авторами, в частности заполнение

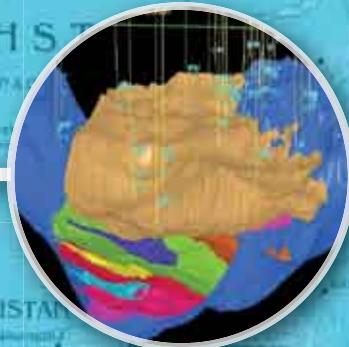
wedge of crustal fragments lying between the two cratonic blocks finally jammed the system before the end of the Palaeozoic (pre-Late Permian). This mosaic of crustal blocks was subsequently to form the basement to the WSB (Enclosure 2).

Enclosures 3 and 4 are interpreted deep crustal geotraverses across the WSB, taken from Egorov & Chistyakov (2003). Note that the age range of some sedimentary successions given by these authors – notably the Triassic rift-fills – differs from that given elsewhere in this study and by most authors, although the overall structural pattern appears sound. Enclosure 5 is a cross section from the central WSB (Surgut Arch) to the Yenisei Ridge on the eastern margin, depicting the Triassic and Palaeozoic beneath the Jurassic, from Kirda (2005). The stratigraphy and structure of the Palaeozoic section are shown in a very simplified form.

### Description of the Main Basement Blocks and Palaeozoic Deposition

The basement of the West Siberian Basin has been broadly divided into five main genetic blocks (Enclosures 2 & 4 (Egorov & Chistyakov, 2003; Surkov & Smirnov, 2003)). These are the Urals Fold Belt, the Central West Siberian Fold System, the Kazakhstan Fold Belt (including

# Передовые технологии обработки сейсмических данных в России



Знание сейсмогеологических условий

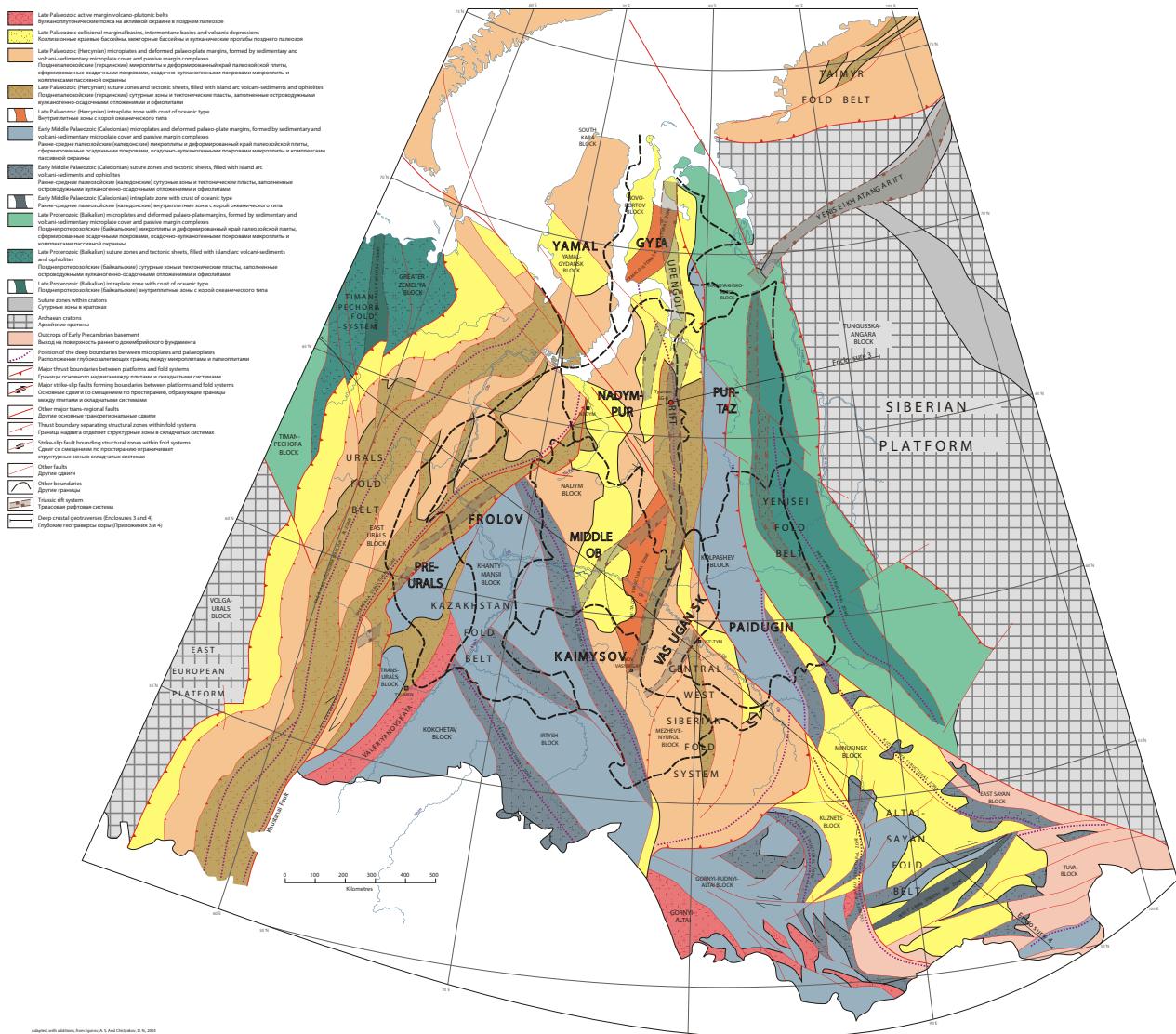
Международный опыт

Передовая технология

## Решение самых сложных сейсмических задач – наша специализация

Альянс LARGEO–ION объединяет технологическую мощь группы ION GXT Imaging Solutions со знанием российского рынка и большим опытом обработки геофизических данных компаний ЛАРГЕО и предоставляет нефтегазовым компаниям в России и СНГ уникальные возможности передовых технологий GXT, включая:

- расчет статических поправок и обработку данных – для регионов со сложными приповерхностными скоростными аномалиями
- обработку данных широкоазимутальных съемок – для морских и наземных сейсмических исследований 3D с полным набором удалений по каждому азимуту
- 3D SRME – для эффективного подавления кратных отражений от свободной поверхности
- построение скоростной модели – методом гибридной сеточной томографии 3D с высоким разрешением
- полный комплекс алгоритмов глубинной миграции до суммирования (PreSDM) – метод Кирхгофа, лучевой метод, миграция методом волнового уравнения (WEM) и миграция методом обращенных времен (RTM), включая анизотропную модель TTI
- RTM – для отображения вертикальных бортов соляных тел, а также структур, ранее скрытых солью
- обработка многоволновых данных – описание сложных коллекторов с подавлением помех и использованием всех преимуществ полного волнового поля, регистрируемого одноточечными датчиками типа VectorSeis



**Приложение 2:** Доюрский фундамент западно-сибирский бассейн и прилегающие территории  
**Enclosure 2:** Pre-jurassic basement west siberian basin and surrounding areas

трещин триасового периода, отличается от информации, приведенной в этом исследовании, и информации большинства авторов, хотя общее строение коры выглядит логичным.

В Приложении 5 представлен поперечный профиль от центрального ЗСБ (Сургутная дуга) до Енисейской гряды на восточной границе, с иллюстрацией триасового и палеозойского профилей ниже Юрского, от Кирда (2005). Стратиграфия и структура палеозойского профиля показана в очень упрощенной форме.

## **Описание основных блоков фундамента и палеозойских отложений**

Фундамент Западно-Сибирского бассейна ориентировочно разделен на пять основных

the Salym and Irtysh zones), the Altai-Sayan Fold Belt and the Yenisei Fold Belt. These are considered briefly in turn below. It should be emphasised that, owing to the absence of outcrop, and the considerable depth of the Palaeozoic and older deposits in parts of the WSB, knowledge of these lower horizons is limited.

## **Urals Fold Belt**

Gravimetric and magnetic data, together with limited drilling data, suggest that this is essentially a continuation of the Urals fold system exposed to the south and west. The NS- trending Tagil-Magnitogorsk zone (Enclosures 2 & 4) can be traced beneath the Mezozoic and Cenozoic cover, where it includes early and middle Palaeozoic belts of spilite-keratophyre series rocks, porphyritic dolerites and carbonates. These are associated with numerous basic and ultrabasic intrusives. To its east lies the Sherkala



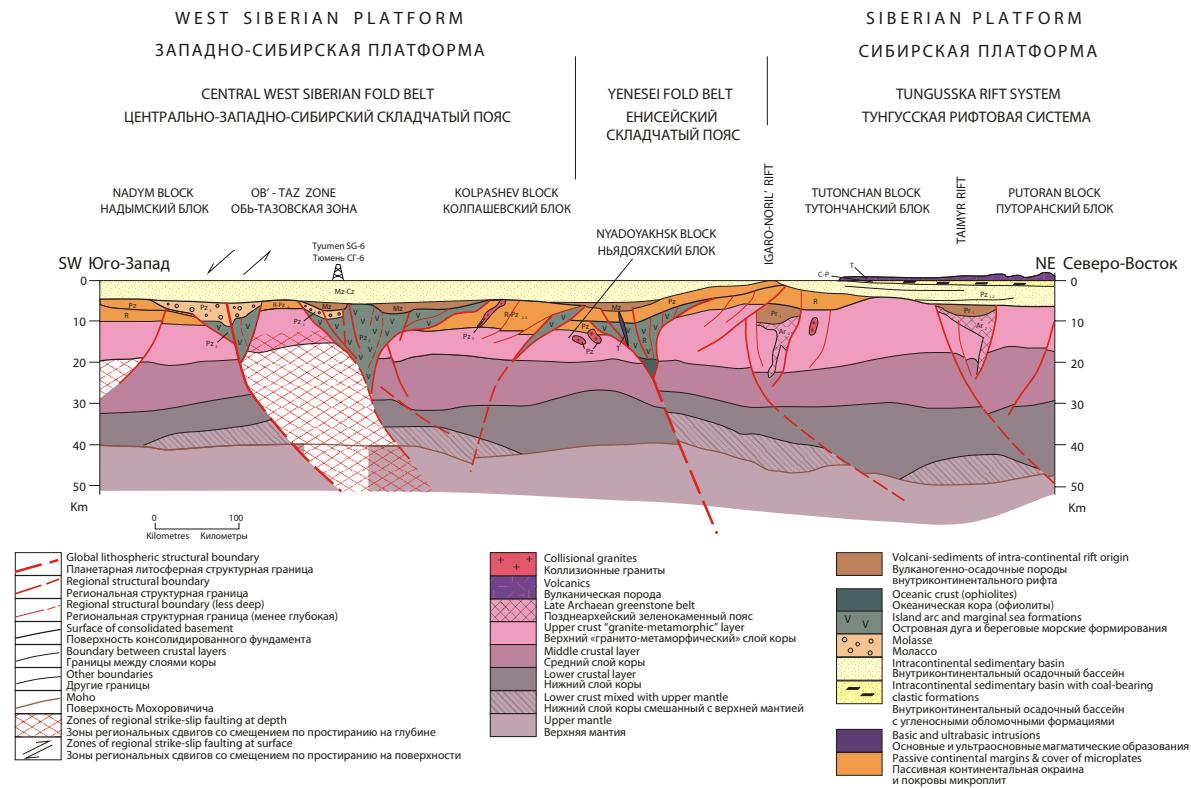
### Основные конструктивные особенности и преимущества

- Облегчает проведение работ и повышает безопасность за счет оптимизации работы с трубами и улучшения процесса свинчивания труб
- Исключает необходимость нанесения смазки при спускоподъемных работах.
- Не применение смазки снижает воздействия на окружающую среду

**Эффективное  
техническое решение –  
многофункциональное  
защитное покрытие**

**Dopeless® технология.  
Эффективность и экологичность,  
проверенные на практике.**

Эффективность технологии Dopeless® была подтверждена в самых различных условиях с самого начала ее применения на соединениях TenarisHydril Blue™ в 2003 г. в Северном море. Теперь эти преимущества также будут использованы для соединений Wedge Series 500™ и других высокопрочных соединений TenarisHydril. Эффективное техническое решение – многофункциональное защитное покрытие наносится в промышленных условиях, обеспечивая стабильное качество и эксплуатационную надежность, повышение коррозионной стойкости и отсутствие необходимости в применении смазки при спуске. Развитая комплексная служба технической поддержки, цеха по ремонту и обслуживанию делает технологию Dopeless® самым оптимальным техническим решением для сухих бессмазочных соединений, используемых в самых сложных условиях эксплуатации на шельфовых и наземных буровых установках.



Line of section shown on Enclosure 2 - Линия разреза из Приложения 2

Part of Berezov - Ust'-Maya geotrasverse (after Egorov, A. S. and Chistyakov, D. N., 2003)

Часть Березово-уст'-майского геотраверса (по материалам Егорова А. С. и Чистякова Д. Н., 2003)

### Приложение 3: Толкование геофизического траверса северо-восточной окраины западносибирского бассейна

### Enclosure 3: Interpreted geophysical traverse through the northeastern margin of the West Siberian Basin

генетических блоков (Приложение 2-4 (Егорова и Чистякова, 2003); (Сурков и Смирнов, 2003)). Здесь показаны Уральский пояс складок, система пояса складок Центральной Западной Сибири, Казахстанский пояс складок, включая зоны Салима и Иртыша, Саяно-Алтайский пояс складок и Енисейский пояс складок. Краткое описание этих поясов складок приведено ниже. Следует отметить, что, ввиду отсутствия обнаженных пород и значительной глубины палеозойских и более старых залежей в частях ЗСБ, сведения об этих глубинных горизонтах ограничены.

#### Уральский пояс складок

На основании гравиметрических и магниторазведочных данных, с учетом ограниченных данных бурения, можно предположить, что это является в принципе продолжением системы уральских складок, обращенных на юг и запад. СЮ-направление Тагил-Магнитогорской зоны (Приложения 2 и 4) может быть прослежено под Мезозойским-Кайнозойским покровом, где включены ранние и средние палеозойские пояса спилито-кератофировой свиты горных пород, порфировые долериты и карбонаты, что связано с многочисленной основной и ультраосновной интрузией. На восток простирается зона Шеркала,

zone (including the Talitsk zone) which curves around in the north to a NE-SW orientation, and marks the eastern limit of the Urals basement block (Enclosure 2). The Sherkala zone is similar according to gravimag data to the Magnitogorsk zone, and it appears to be a northward continuation of the East Urals synclinorium. Between the Tagil-Magnitogorsk and the Sherkala zones is the East Urals Block (or East Urals anticlinal zone), a northward continuation of the Mugodzhar anticlinorium, and this passes in turn into the Isetsk-Saldinsk anticlinal zone. It includes the Sartyn'insk and North Sos'va anticlinoria. These structures have Precambrian gneiss complexes at their core, intruded by late Palaeozoic granitic plutons, and with metamorphosed Ordovician to Silurian volcanics and sediments around their flanks (Enclosure 4).

#### Central West Siberian Fold System

This basement block underlies the central part of the West Siberian Basin (Enclosures 2 & 4). In the south of this block the late Palaeozoic Kalba-Narym and Tom'-Kolyvan fold belts outcrop. The central part of the block comprises a series of sub-parallel anticlinal zones (Novosibirsk, Pyl'-Karaminsk, Taz and others), separated by basins infilled by late Palaeozoic sediments (the Upper Tol'kinsk and Chekov troughs and the Yukan-Pokur and Nyurol' basins). The Nyurol' Basin hosts the only significant oil-producing Palaeozoic reservoirs known in the WSB (Section II.2.1.1).

включая зону Талицка, которая сворачивает на севере по направлению СВ – ЮЗ, и отмечает восточную границу блока Уральского фундамента ([Приложение 2](#)). Зона Шеркала, согласно данным гравиметрической и магнитной разведок, схожа с Магнитогорской зоной, и является продолжением на север Восточно-Уральского синклинария. Между Тагило-Магнитогорской зоной и зоной Шеркала находится Восточно-Уральский блок (или Восточно-Уральская антиклинальная зона), которая является продолжением на север Мугоджарской антиклинали, что в свою очередь переходит в антиклинальную зону Исетск-Салдинск, которая включает антиклинали Сартынинск и Северная Сосьва. Эти структуры имеют докембрийские комплексные соединения гнейса в своем ядре с интрузией изверженных горных пород позднего палеозойского периода и метаморфизованные вулканические породы и отложения ордовикского и силурийского периодов вокруг крыльев складок ([Приложение 4](#)).

### **Система складок Центральной Западной Сибири**

Этот фундаментный блок залегает под центральной частью Западно-Сибирского бассейна ([Приложения 2 и 4](#)). На юг от этого блока на поверхность выходят пласти пояса складок позднего палеозойского периода Калба-Нарим и Томь-Коливан. Центральная часть блока состоит из серии субпараллельных антиклинальных зон (Новосибирск, Пыль-Караминск, Таз и других), разделенных бассейнами, заполненными отложениями позднего палеозойского периода (Верхне-Толькинский и Чеховский ковши, Юган-Покурский и Ньюрольский бассейны). На территории Ньюрольского бассейна находится единственный значительный нефтеносный резервуар палеозойского периода, известный в ЗСБ ([Раздел II.2.1.1](#)).

Новосибирская и другие антиклинальные зоны, также как и Кальба-Нарим и Томь-Каливан, образовались вследствие изменения состояния осадочных бассейнов, заполненных породами раннего девонского периода. Отложения, относящиеся к девонскому периоду и раннему каменноугольному периоду, смешанные терригенные и карбонатные отложения, были интрудированы гранитами позднего палеозойского периода во время современных столкновений. Поэтому колонка породы Новосибирской зоны состоит из гранита с серией метаморфизованных песков и глинистых пород девонского и раннего каменноугольного периодов. Сравниваемые структуры фундаментов можно отследить в северном направлении через пояс складок Центральной Западной Сибири до «антиклинали Северного Ямала» на полуострове Ямал. Более подробная информация по каждому фундаментному блоку системы складок Центральной Западной Сибири приведена в работах Суркова и Смирнова (2003).

The Novosibirsk and other anticlinal zones, like those of Kalba-Narym and Tom'- Kolyvan, resulted from inversion of sedimentary basins infilled from the early Devonian. The Devonian to Early Carboniferous deposits, mixed clastics and carbonates, were intruded by late Palaeozoic granites during contemporary collisions. The Novosibirsk zone is therefore cored by granite, within a sequence of metamorphosed Devonian and Early Carboniferous sands and shales. Comparable basement structures can be traced northwards through the Central West Siberian Fold Belt as far as the “North Yamal inversionary anticlinorium” on the Yamal peninsula. Further specific detail on individual basement blocks within the Central West Siberian Fold System is provided by Surkov and Smirnov (2003).

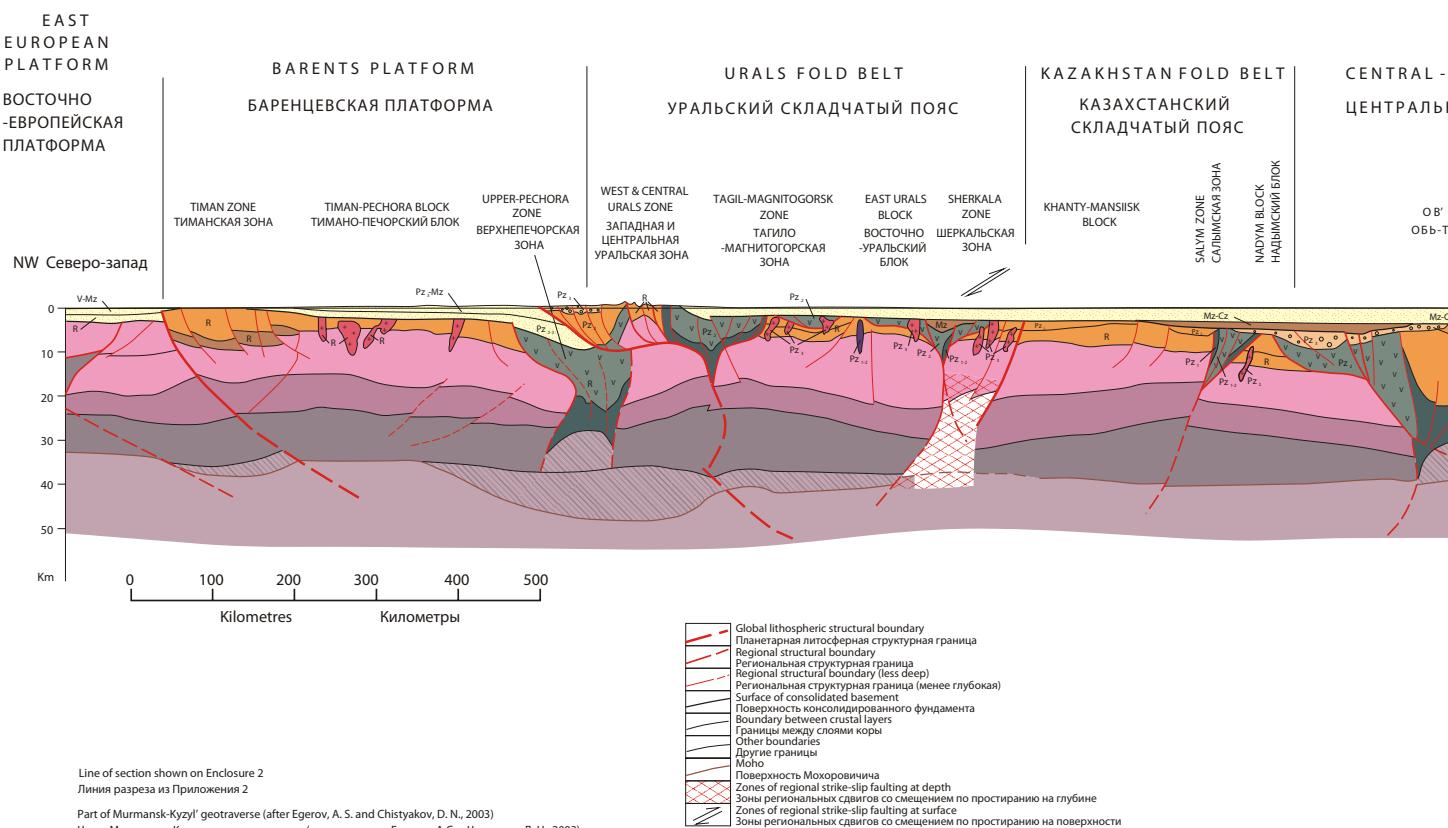
### **Kazakhstan Fold Belt (including the Salym and Irtysh zones)**

This basement block is approximately triangular in plan beneath the West Siberian Basin, with its apex in the north, and lies between the Pre-Urals block in the west and the Central West Siberian Block in the east ([Enclosure 2](#)). The Kazakhstan Fold Belt is composed, on the basis of drilling and geophysical data, of a series of anticlinoria and superimposed basins filled with Devonian to Carboniferous (and possibly Early Permian) deposits.

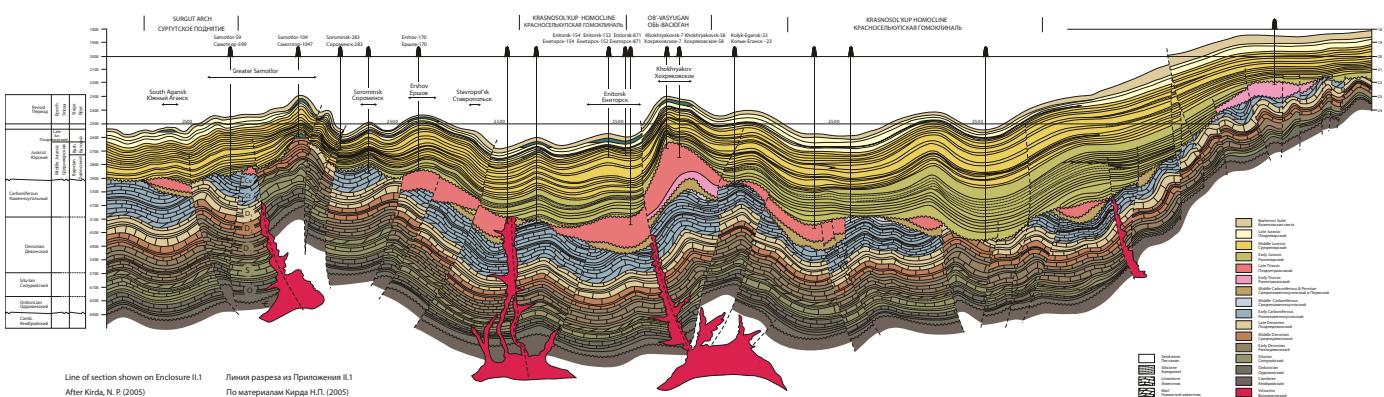
The Ural-Kazakh Trough runs along the boundary between the Kazakhstan Fold Belt and the Pre-Urals block to the west (not developed in the line of section depicted in Enclosure 4, which crosses the northern apex of the Kazakhstan block). The Urals-Kazakh Trough, which forms a positive gravity and magnetic zone, is filled with Devonian and Early Carboniferous volcanics and mixed clastic and carbonate deposits. It is divided into internal (to the west) and external zones, separated by the Kustanai deep fault (thought to be a major strike-slip suture; [Enclosure 2](#)) associated with hyperabyssal diorites. The internal zone, on the Uralian side, comprises mainly deformed and metamorphosed Carboniferous volcanics and sedimentary deposits; the external zone contains a less deformed sedimentary succession.

In the northern apex area of the Kazakhstan Fold Belt lies the Khanty-Mansi block ([Enclosures 2 & 4](#)). It is thought to be an ancient continental fragment, and in the south comprises mainly gneisses of possibly early Proterozoic age. Much of the block is composed of highly deformed schists (quartz-mica, quartz-graphite, and other greenschist facies lithologies) with numerous granitic intrusions. In plan the block appears to be composed of a complex mosaic of individual structural blocks, in which a number of basinal areas are filled with a variety of mid-Palaeozoic carbonate, clastic and volcanic deposits.

The approximately NW-SE-trending series of structures between and including the Irtysh and Salym structural zones ([Enclosure 2](#)) are thought to be a northwestern extension of the Chingiz-Tarbagatai fold system which outcrops in the Kazakh uplands to the south. By



**Приложение 4:** Толкование северо-западного – юго-восточного геофизического траверса западносибирского бассейна  
**Enclosure 4:** Interpreted NW-SE geophysical traverse through the West Siberian Basin



**Приложение 5:** Поперечный разрез юрского, триасового и палеозойского периода центральной части западносибирского бассейна (Сургутское поднятие до его восточной окраины). Упрощенная и предположительная глубокая стратиграфия и тектоника

**Enclosure 5:** Cross section of the Jurassic, Triassic and Palaeozoic from the Central West Siberian Basin (Surgut Arch to its eastern margins). Deeper stratigraphy and structure is simplified and conjectural

RM  
ОРМА

WEST SIBERIAN FOLD BELT  
НО-ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС

- TAZ ZONE  
АЗОВСКАЯ ЗОНАKOLPASHEV BLOCK  
КОЛПАШЕВСКИЙ БЛОКMEZHEVE-NYUROL' BLOCK  
БЛЮК  
МЕЖЕВЬ-НЬЮРОЛЬIPATOVSKA ZONE  
ИПАТОВСКАЯ ЗОНАKUZNETS BLOCK  
КУЗНЕЦКИЙ БЛОК

ALTAI-SAYAN FOLD BLOCK  
АЛТАЕ-СЯНСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ БЛОК

KUZNETS-ALATAU ZONE  
ЗОНА КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУMINUSINSK BLOCK  
МИНУСИНСКИЙ БЛОКWEST SAYAN ZONE  
ЗАПАДНО-СЯНСКАЯ ЗОНАTUVA BLOCK  
ТУВИНСКИЙ БЛОК

SE Юго-восток



### Казахстанский пояс складок (включая зоны Салима и Иртыша)

Этот фундаментный блок, приблизительно треугольной формы, залегает под Западно-Сибирским бассейном, с вершиной антиклинали на севере, и расположением между предуральским блоком на западе и Центральным Западно-Сибирским бассейном на востоке ([Приложение 2](#)).

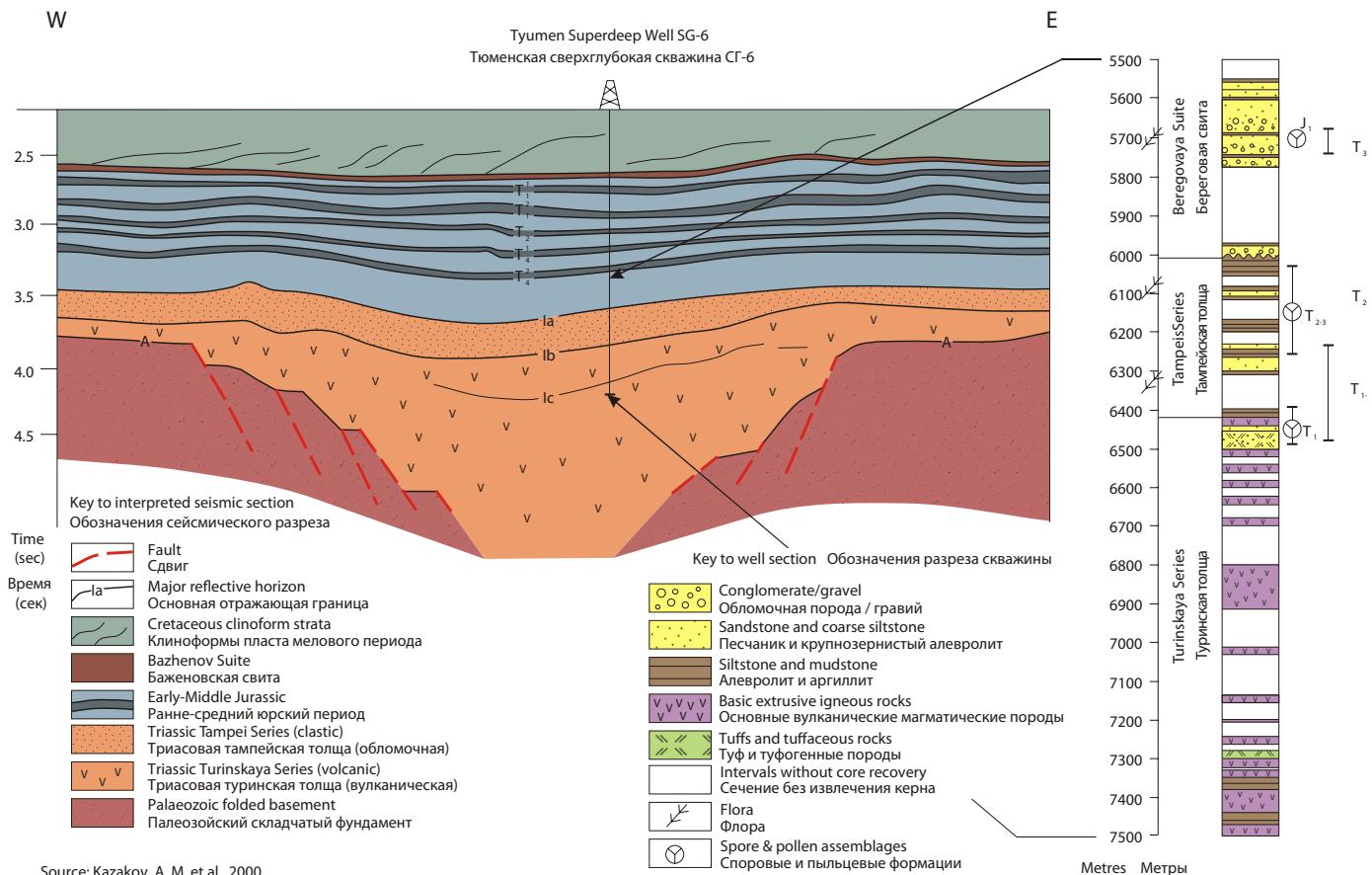
Казахстанский пояс складок составлен на основании данных бурения и геофизических исследований серий антиклинальных и совмещенных бассейнов, заполненных породами от девонского до каменноугольного периодов, и возможно, породами раннего Пермского периода.

Урало-Казахский ковш проходит по границе между Казахстанским поясом складок и предуральским блоком на запад (не разработан в линии разреза, как показано в [Приложении 4](#), которая пересекает северную вершину антиклинали Казахстанского блока). Урало-Казахстанский ковш, который образует положительную гравитацию и зону магнитной аномалии, заполнен отложениями вулканического

аналогии с которым он интерпретируется как состоящий из серии структур, сдвигнутых одна над другой в юго-западном направлении к Kokchetav блоку. Где более вытянутые блоки были пронизаны скважинами, они состоят из вулканических пород, метаморфизованных в зеленосланцевую фации, с гранитными интрузиями; эти структуры были обнаружены в подземных условиях как линейные гравитационные и магнитные аномалии. NW-SE тягущийся Тара-Муромцев трог, лежащий между двумя из этих линейных структур, заполнен мид- до позднепалеозойскими отложениями, и местами с сильно метаморфизованными раннепалеозойскими литологиями.

### Altai-Sayan Fold Belt

Этот блок, в юго-восточной части региона ([Enclosure 2](#)), является преимущественно выходящим на поверхность, хотя его северо-западный апекс наклоняется подо дном мезозойской коры. Он считается состоящим из серии палеозойских базисных хребтов, которые можно отследить как положительные линейные гравитационные и магнитные аномалии, с промежуточными бассейнами, заполненными до 2 км поздней палеозойскими отложениями. Скважины пробили раннедевонские и среднедевонские вулканы, и кластичные осадки карбонатных и, возможно, пермских эпох. Красные отложения среднедевонского возраста также были встречены.



Source: Kazakov, A. M. et al., 2000

**Рисунок I.3.1:** Поперечный разрез Уренгойского рифта и стратиграфия Тюменской скважины СГ-6 от триасового до раннеюрского периода

**Figure I.3.1:** Cross section through the Urengoirift, and the Triassicto Early Jurassic stratigraphy of the TyumenSG-6well

происхождения и смешанными кластическими и карбонатными отложениями девонского и раннего каменноугольного периодов. Он разделен на внутреннюю (на запад) и наружную зоны и отделен Кустанайским глубинным переломом, который считается крупнейшим горизонтальным смещением ([Приложение 2](#)), связанным с гипербиссальными диоритами. Внутренняя зона, с уральской стороны, состоит из большей части деформированных и метаморфизованных вулканических отложений каменноугольного периода и осадочных отложений; наружная зона содержит менее деформированную осадочную последовательность.

В зоне северной вершины антиклинали Казахстанского пояса складок находится блок Ханты-Манси ([Приложения 2 и 4](#)). Предполагается, что этот блок представляет собой древний отрезок континента и на юге состоит в основном из гнейса возможно, раннего протозеройского периода. Большинство блоков составлено из сильно деформированного кристаллического сланца кварцевой слюды, кварцевого графита) и прочих разновидностей литологических зеленокаменных пород со

### Yenisei Fold Belt

The Yenisei Fold Belt lies in the east, alongside the Siberian Platform, and is characterised by Baikalian (late Precambrian) crustal structures (Starosel'tsev et al., 2003). The pre-Mesozoic surface of the Fold Belt dips quite uniformly westwards from the Siberian Platform towards the basin ([Enclosure 3](#)).

Seismic coverage of the Yenisei Fold Belt is sparse, and its structure is known largely from gravity and magnetic surveys. Several ancient "massifs" have been recognised, including the Upper Keta massif in the southern part of the Fold Belt, and the Nadoyakh massif in the north. There are also several elongate thrust-bounded basins, filled with supposed Palaeozoic deposits; the deep Kassk survey well penetrated Devonian deposits similar to those which outcrop in the west of the Siberian Platform. The Lemok-1 stratigraphic well, drilled beside the River Syma, penetrated (oil-bearing) Cambrian deposits at depths between 1200-4200 m, comprising an upper red-bed section of siltstones and claystones, and a lower carbonate section similar to Early Cambrian deposits in the South Tungusska area (Surkov and Smirnov, 2003; Zadoenko et al., 2004). Note that Permian (and possibly

множеством гранитных внедрений. На плане видно, что блок состоит из комплексной мозаики отдельных структурных блоков, где множество бессточных участков заполнены различными карбонатными отложениями среднепалеозойского периода, кластическими и вулканогенными отложениями.

Свиты пластов между СЗ – ЮВ направлением и включая структурные зоны Иртыша и Салима (Приложение 2) предполагается, что являются северо-западным продолжением системы складок Чингиз-Тарбагатай, которая выходит на поверхность на Казахской возвышенности на юге. По аналогии с последним, предполагается, что она содержит серию пластов, находящих друг на друга в направлении Кокчетавского блока на юго-западе. Там, где больше поднятых блоков было пройдено бурением, образуется изверженная вулканическая порода, метаморфизованная в зеленосланцевую фацию с гранитными внедрениями; такие структуры зафиксированы в подземном пласте как магнитная аномалия. Тара-Муромцевский ковш, простирающийся между этими двумя линейными структурами и направленный ЮВ-ЮВ, заполнен отложениями пород от среднего до позднего палеозойского периода, с высоко метаморфизованными осадочными породами раннего палеозойского периода.

### **Саяно-Алтайский пояс складок**

Основная часть этого блока, на юго-востоке региона (Приложение 2), выходит на поверхность, хотя его северо-западная вершина антиклинали уходит вниз под мезозойское покрывало. Предполагается, что он в основном состоит из гряды хребтов фундамента палеозойского периода, который прослеживается как положительная линейная гравитационная и магнитная аномалия с бассейнами заполненными до 2 км отложениями пород палеозойского периода. Скважины прошли через отложения вулканического происхождения раннего и среднего девонского периодов, кластические отложения каменноугольного и, возможно, пермского периодов. Красноцветные отложения, возможно, среднего девонского периода, также были обнаружены.

### **Енисейский пояс складок**

Енисейский пояс складок располагается на востоке, вдоль Сибирской платформы, и характеризуется байкальским (позднего докембрийского периода) строением земной коры (Старосельцев и другие, 2003). Домезозойская поверхность пояса складок погружается довольно равномерно на запад от Сибирской платформы по направлению к бассейну (Приложение 3).

Объем сейсмических исследований Енисейского пояса складок довольно скучен, а его строение в основном известно на основании гравиметрической

Permian) deposits have rarely been encountered within the WSB. This was probably a result at least in part of orogenic uplift caused by collisions of various continental plates, not least that associated with the final closure of the Ural Ocean (Fig. I.2.2). However, regional uplift may also have been associated with the development beneath the northern WSB of a major mantle plume, which caused rifting and massive trap volcanism at around the Permian-Triassic boundary (Section I.3.1). Subsequent thermal subsidence during the Mesozoic and Tertiary was probably the main control on the development of the West Siberian Basin.

и магнитной разведок. Идентифицировано несколько древних массивов, включая массив Верхней Кеты в южной части пояса складок, и массив Надоях на севере. Кроме того, имеется несколько растянутых, наполненных, предположительно, палеозойскими месторождениями; глубокие хорошо исследованные Девонские месторождения, аналогичные тем, которые выходят на поверхность в западной части Сибирской платформы. Стратиграфическая опорная скважина Лемок-1, пробуренная рядом с рекой Сума, проникла в нефтеносные Кембрийские залежи на глубине 1200 – 4200 м, состоящие из верхних красноцветных отложений алеврита и аргиллита и низких карбонатных отложений, аналогичных залежам раннего кембрийского периода на юге Тунгусского района (Сурков и Смирнов, 2003; Задоенко и др., 2004).

Примечательно, что Пермские отложения редко встречаются на территории ЗСБ. Это, возможно, явилось результатом, по крайне мере частичным, горообразующего подъема, вызванного столкновением литосферных плит, и которое не в самую последнюю очередь связано с окончательным закрытием Уральского палеоокеана (Рис. I.2.2). Тем не менее, региональный горообразующий подъем мог также быть связан с развитием под северной частью ЗСБ крупного магматического выброса, что привело к раскалыванию и массивной ловушке вулканических процессов на пермско-триасовой границе (Раздел I.3.1). Последующее термальное осаждение во время мезозойского и третичного периодов было, возможно, основным объектом контроля при разработке Западно-Сибирского бассейна.