

Доклады Блэкберн: Развитие тектонического бассейна Западной Сибири в мезозойский и третичный периоды:

палеография и стратиграфия

Blackbourn Reports: Development of the West Siberian Basin during the Mesozoic and Tertiary:

Palaeogeography and Stratigraphy

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

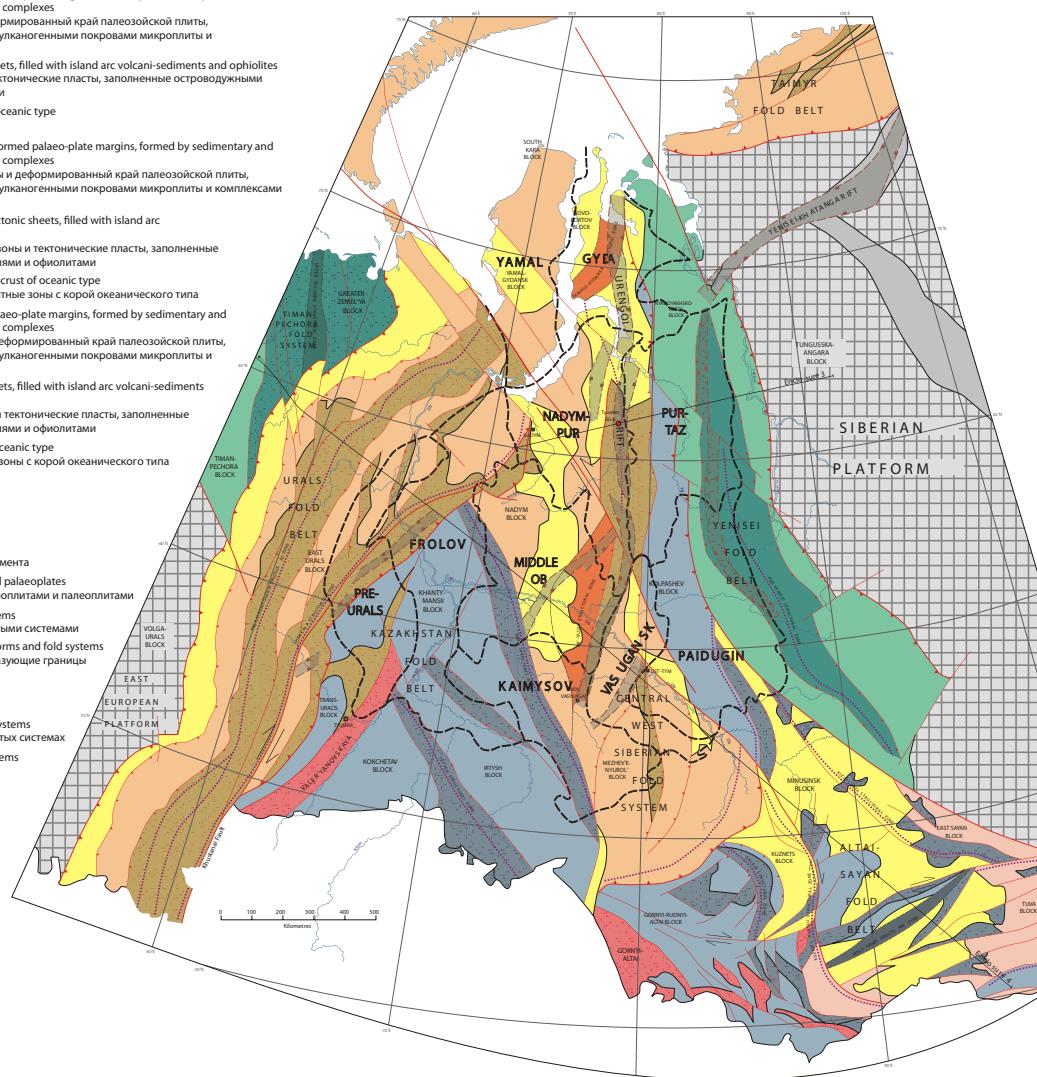
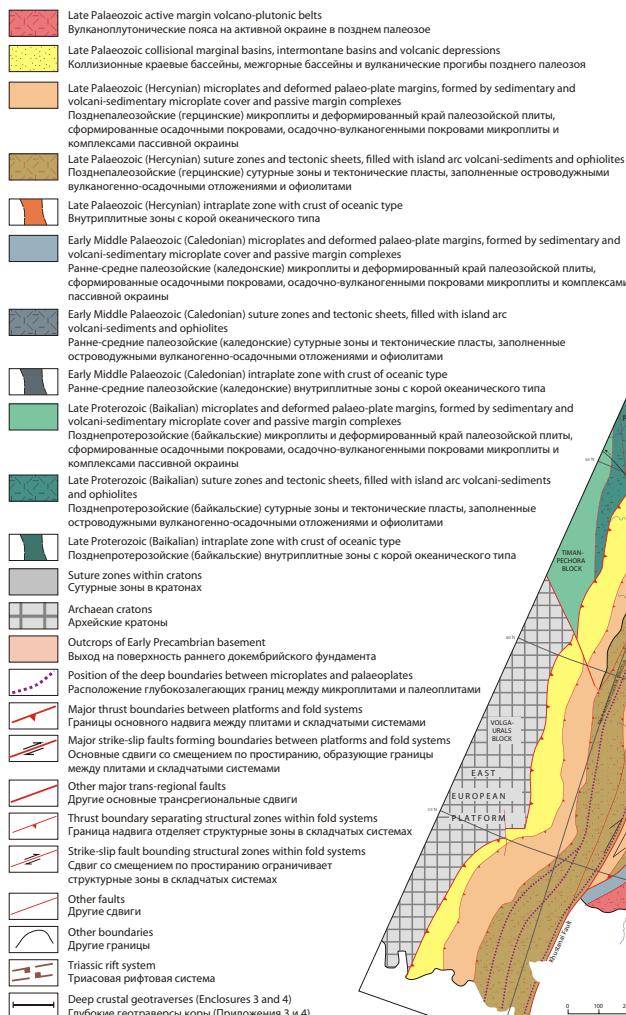
Graham Blackbourn: Blackbourn Geoconsulting

Триасовый период

Начиная с поздней стадии пермского периода и до триасового периода, происходило формирование рифтогенных структур в районе Западно-Сибирского бассейна (ЗСБ), в основном с ориентацией на север - юг и северо-восток – юго-запад и, по всей видимости, отчасти воссоздавая палеозойские очертания ([Приложение 2](#)). После этого следовал период пермского вздымания вдоль основной территории ЗСБ, где в настоящее время редко встречаются пермские отложения ([Глава 2](#)). Наиболее совершенное направление рифта прослеживается с севера на юг, через северную часть ЗСБ, и проходит Уренгойские газовые месторождения, а другой параллельный рифт прослеживается на восток через Енисейский складчатый пояс, которые называются соответственно Уренгойский и Худосейский рифты. Худосейский рифт в своей северной части соединяется с рифтом северо-восточного – юго-западного направления, который проходит вдоль Енисей-Хатангского прогиба. На юг, в районе центрального ЗСБ, два основных рифта раскалываются на множество мелких рифтов во всевозможных направлениях. Уренгойский рифт фактически является лишь северной частью более обширной рифтовой системы, Уренгой-Колготорский

Triassic

Beginning at some point during the late Permian, and continuing through the Triassic, dominantly north-south and northeast-southwest-oriented rifting occurred within the area of the West Siberian Basin, apparently in part reactivating Palaeozoic lineaments ([Enclosure 2](#)). This followed a period of Permian uplift across much of the WSB, where Permian deposits are now scarce ([Chapter 2](#)). The main rift runs N-S through the northern WSB, passing below the Urengoi gas field, and another parallel rift runs to the east through the Yenisei Fold Belt. These are the Urengoi and Khudosei rifts respectively. The Khudosei rift joins at its northern end with a NE-SW-trending rift that runs along the Yenisei-Khatanga Trough. To the south, within the central WSB, the two major rifts split up into a number of smaller rifts with more variable orientations. The Urengoi rift is in fact just the northern portion of a more extensive rift system, the Koltogor-Urengoi graben, which extends for approximately 1800 km in an approximately north-south direction from Omsk in the south to the southern Kara Sea in the north. Indeed this graben aligns in turn with the Saint Ann Trough in the Arctic Ocean, which opens into the deepwater Nansen Trench, although it is uncertain whether there is any genetic relationship between the two. The width of this graben increases from several kilometres in the south to 80 km in the north.



Adapted, with additions, from Egorov, A. S. And Chistyakov, D. N., 2003

Приложение 2: Доюрский фундамент Западно-Сибирского бассейна и прилегающих территорий

Enclosure 2: Pre-Jurassic basement West Siberian Basin and surrounding areas

грабен, который простирается приблизительно на 1800 км с севера на юг от Омска в южном направлении к южной зоне Карского моря на севере.

На самом деле, этот грабен, выстраивается в одну линию со впадиной Святой Анны в Северном Ледовитом океане, которая открывается в глубоководную Нансенскую впадину, хотя нет уверенности в существовании какой-либо генетической связи между ними. Ширина этого грабена увеличивается от нескольких километров на юге до 80 км на севере.

Рифты были приурочены и заполнены минимум на 2 км базитовым материалом вулканического происхождения от позднего пермского до раннего триасового периодов. Дебаты ведутся

The rifts were associated with, and filled by, up to at least 2 km of latest Permian to Early Triassic basic volcanics. The origin of the rifting and volcanism is debated; many Russian authors have related them to a “superplume” beneath the WSB. This model has been strongly supported by Saunders et al. (2005), based on a study of a substantial amount of seismic data from the Northern WSB, together with well records. Saunders et al. have calculated that crustal extension (β -factors) associated with the rifting may have been as high as 1.6 across the Urengoi rift in the north, reducing to about 1.1 in the central WSB (Surgut area). They conclude therefore that the plume was located directly beneath the area of the Urengoi and Khudosei rifts in the northern WSB. These authors consider that the co-eval Siberian traps, which outcrop over a huge area of the Siberian Platform adjacent to the eastern margin of the WSB, were generated by the same episode of magma

относительно происхождения рифтогенных структур и вулканизма; многие российские авторы относят их к «суперплюму» (горячему полю) под ЗСБ. Эта модель нашла широкую поддержку Сандера и его соавторов в 2005 году на основании изучения значительного объема сейсмических данных северной части ЗСБ наряду с данными буровых журналов. Сандер и его группа рассчитали, что простижение земной коры (β -факторы), связанное с формированием рифтогенных структур, может быть до 1,6 по Уренгойскому рифу на севере, уменьшаясь до 1,1 в центральном ЗСБ (Сургутский район). Поэтому, они пришли к заключению, что «суперплюм» был расположен непосредственно под зоной Уренгойского и Худосейского рифов в северной части ЗСБ. Эти авторы считают, что одновозрастные Сибирские траппы, которые выходят на поверхность на большой территории Сибирской платформы, непосредственно примыкающей к восточному краю ЗСБ, были образованы одним эпизодом наложения магмы, а траппы базальтовых пород Сибирской платформы стеклись туда по поверхности через подпочвенные дайки или силевые потоки.

formation, and that the trap basalts on the Siberian Platform flowed there either across the surface, or along subsurface dykes or sills.

The Urengoi rift was penetrated to a depth of about 7500 m by the Tyumen superdeep well, SG-6, the stratigraphy of which is illustrated schematically in Fig. I.3.1. The deep crustal cross section illustrated in Enclosure 3 also passes through the location of the Tyumen SG-6 well. Igneous activity associated with the superplume is thought to have begun around 250-253 Ma in the form of alkali to ultrabasic activity in the Maimecha-Kotui region, but the greatest volume of traps formed around the Permo-Triassic boundary from 249-250 Ma. Medvedev et al. (2003) obtained Ar/Ar dates confirming this age for basalts obtained from wells in the the north of the WSB. It has been postulated that the huge outpouring of volcanic material and gases was responsible for the major extinction event which defines the Permo-Triassic stratigraphic boundary. Traps were forming at about the same time within rift basins in the WSB and surrounding areas, and also within the Kuznetsk coal basin during its final stages of formation. The igneous petrology of the Permo-Triassic volcanics of Western Siberia has been considered in detail by Medvedev et al. (2003).

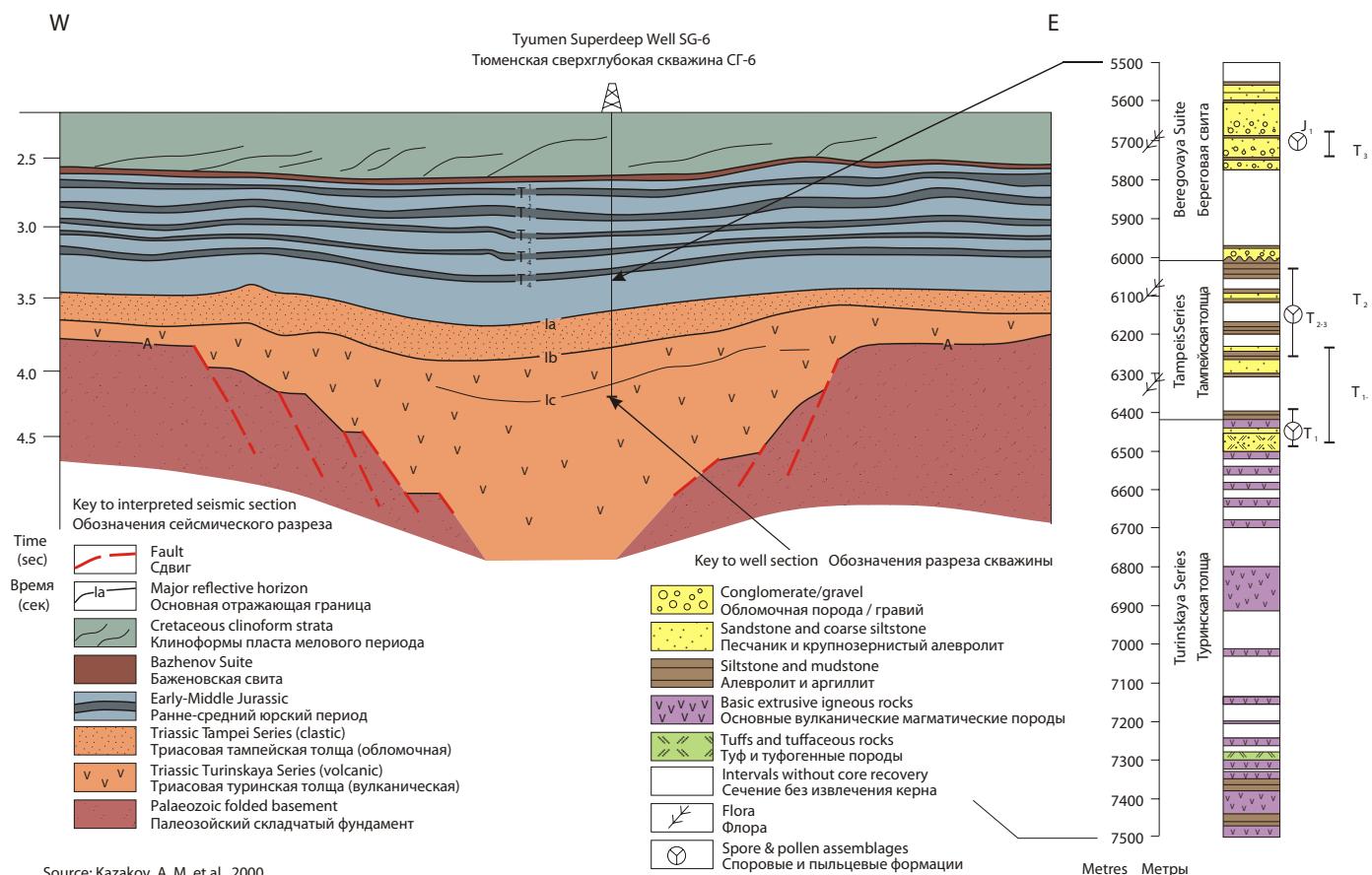


Рисунок I.3.1: Поперечный разрез Уренгойского рифта и стратиграфия Тюменской скважины СГ-6 от триасового до раннеюрского периода

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



PGS

Наш рецепт эффективной разведки шельфа в России



Ramform: наиболее эффективный сейсморазведочный флот в мире

GeoStreamer®: непревзойденное качество сейсмического изображения



Совместное предприятие PGS Khazar: эффективность работы и расширение присутствия на Каспии и вне его

Услуги обработки данных и мониторинга коллекторов: офисы в Москве и Алматы



Уникальная глобальная корпоративная культура, способствующая развитию
Бескомпромиссное внимание вопросам здравоохранения, безопасности, окружающей среды и качества

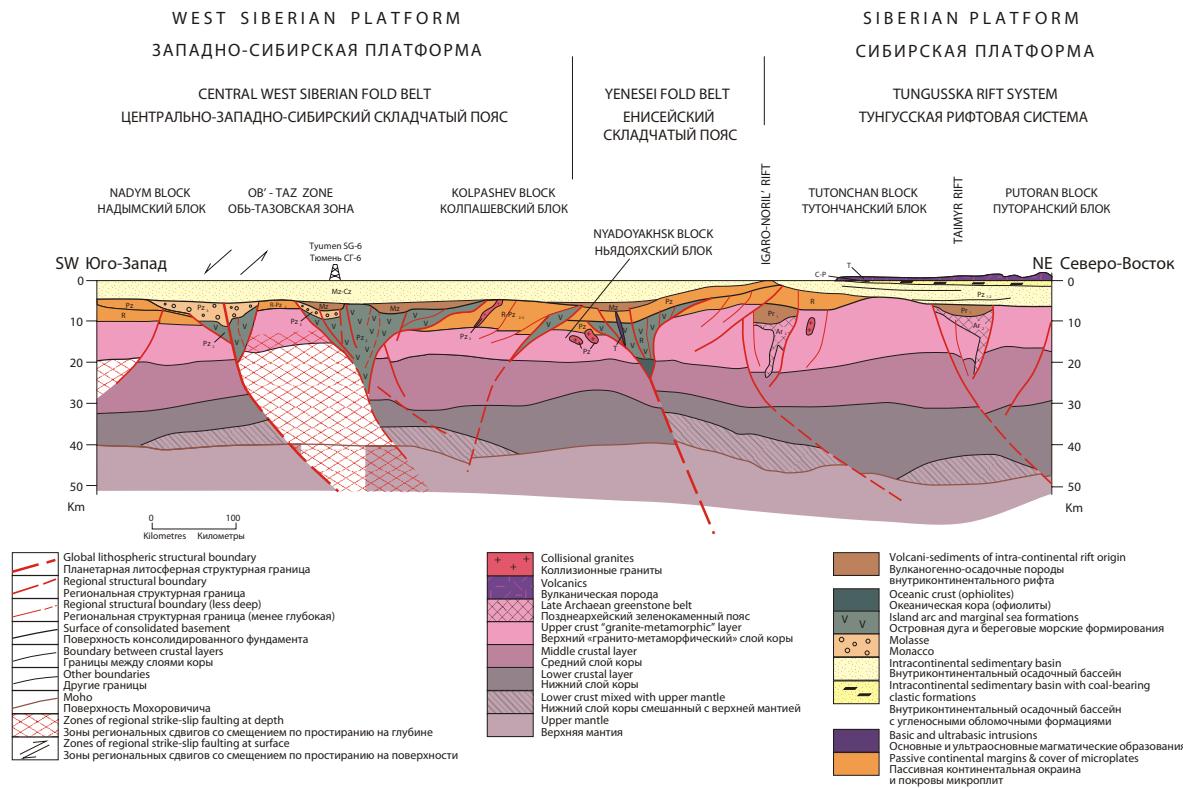
Москва
Tel: +7 495 937 3767
moscow@pgs.com

Геленджик
Tel: +7 86141 59453
gelendzhik@pgs.com

Алматы
Tel: +7 727 271 0201
almaty@pgs.com

Четкость изображения
www.pgs.com





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

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

2

Часть Березово-Усть-Майского геотрансверса (по материалам Егорова А. С. и Чистякова Д. Н., 2003)

Приложение 3: Толкование геофизического траверса северо-восточной окраины Западно-Сибирского бассейна

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

Уренгойские рифтовые структуры были пройдены на глубину приблизительно 7500 м при бурении сверхглубокой тюменской скважины СГ-6, стратиграфия которой показана на схеме на Рис I.3.1. Глубокий геологический разрез коры, показанный в Приложении 3, также проходит через тюменскую скважину СГ-6.

Предполагается, что магматическая активность, связанная с суперглюмом, началась приблизительно 250-253 миллиона лет назад в форме щелочной – ультрамафической активности в Маймече-Котуйской провинции, однако самые крупные объемы траппов были сформированы в пермо-триасовый период 249-250 миллионов лет назад. Медведев с соавторами в 2003 году получили подтверждение этому определению возраста базальтов со скважины на севере ЗСБ. Было теоретически допущено, что огромные объемы извержения вулканического материала и газов явились причиной крупнейшего вымирания, которое характеризует стратиграфическую границу пермо-триасового периода. Траппы формировались приблизительно в то же самое время в пределах рифтовых впадин ЗСБ и на окружающей территории, а также в районе Кузнецкого каменноугольного бассейна во время последних стадий формирования. Литология

The western limit of the Triassic volcanism occurs at Chelyabinsk and other coal-bearing grabens on the western slopes of the Urals; there are no traps here, but Early Triassic basite dykes. More common within the Urals are Late Permian to Early Triassic granitic rocks and bimodal volcanics, considered as late-collisional. They are not thought to be associated with the trap formation, although they are of a similar in age. The most well-defined link between the trap formation and sub-alkaline granitic intrusions has been established on the Taimyr Peninsula (Fig. I.1.1). The Taimyr traps are a continuation of those on the Siberian Platform, although probably slightly younger (220-230 Ma). Saunders et al. (2005) consider that following the main period of continental flood-basalt volcanism in the WSB, the locus of magmatism (i.e. the plume) migrated northwards relative to the overlying crust, to the Taimyr region, before migrating further onto the Barents shelf. Like the Kara Sea basalts, some of the trap intrusives here are highly differentiated, containing monzonites and sub-alkaline granitic rocks.

The depth as well as the width of the Triassic grabens increases to the north, where in addition to volcanics they may contain as much as 5 km of Triassic sedimentary rocks. Within the grabens, variegated conglomerates and sandstones are interbedded with volcanic rocks,



Figure I.1.1: Западная сибирь. Обзорная карта
Figure I.1.1: West Siberia - General Location Map

вулканогенных материалов пермо-триасового периода Западной Сибири была подробно изучена Медведевым и его соавторами в 2003 году.

Западный предел вулканических процессов триасового периода приходится на Челябинск и другие углесодержащие грабены западных склонов Уральских гор; траппов здесь нет, но есть базитовые дайки раннего триасового периода. На Урале чаще встречаются гранитные породы и бимодальные вулканиты позднего пермского и раннего триасового периодов. Предполагается, что они не связаны с формированием траппов, хотя они и имеют тот же самый возраст. Лучше всего

which predominate in the Lower and Middle Triassic deposits. The upper parts of the rift-fill mostly lack volcanics, and coals beds are common. North of approximately 64° N, the basin contains a sequence of mixed continental and marine sandstones, siltstones, and shales of Triassic age (Tampei Series; Fig. I.3.2), up to 3 km or more thick, possibly including basal Jurassic deposits. The sea is thought to have penetrated the basin from the north, over the West Siberian Sill or possibly along the Yenisei-Khatanga Trough, and spread at first along the rift basins, but extended in time over the intervening platformal area (Fig. I.3.1). The Tampei Series sediments are broadly similar to those of the overlying Jurassic

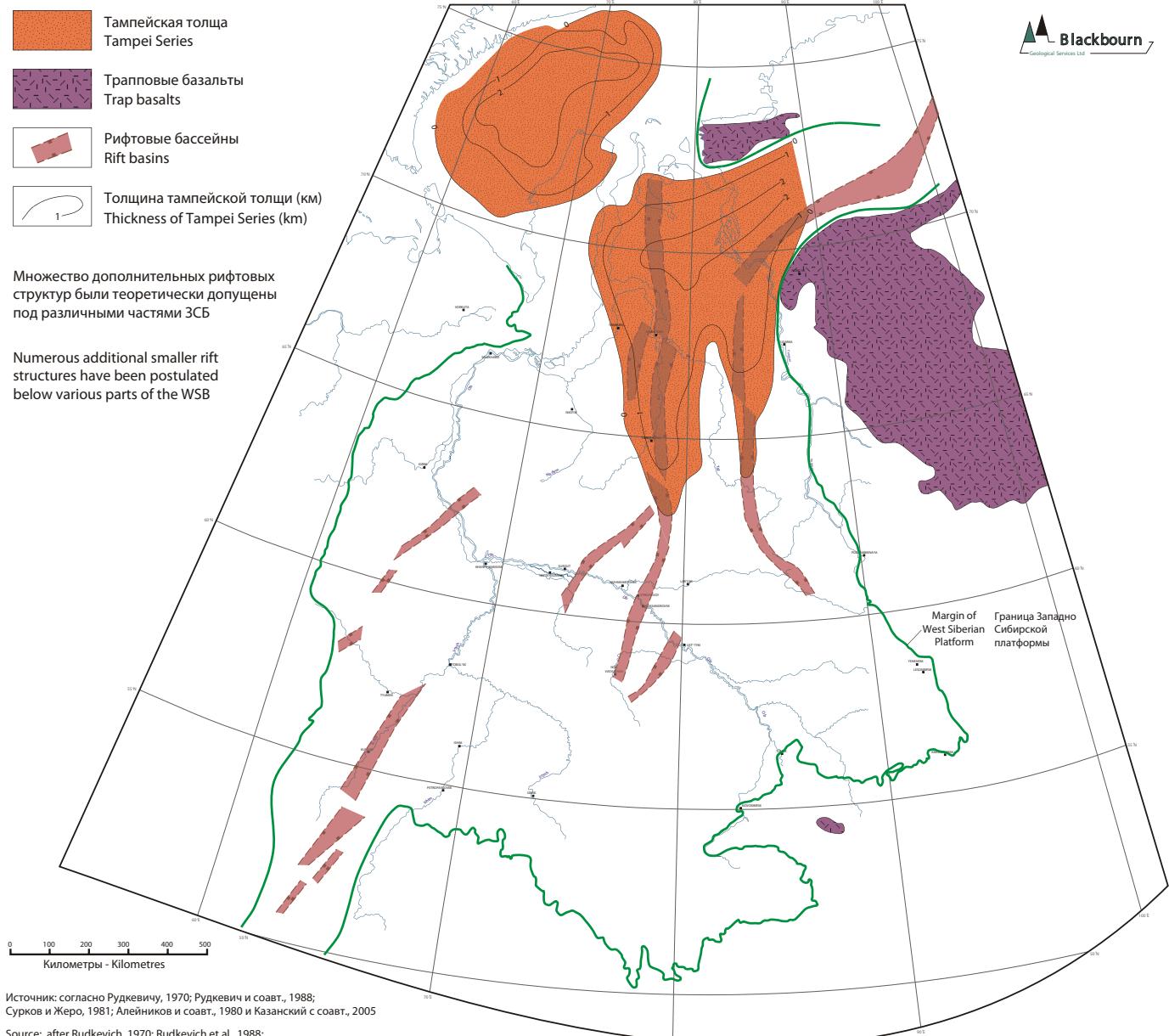


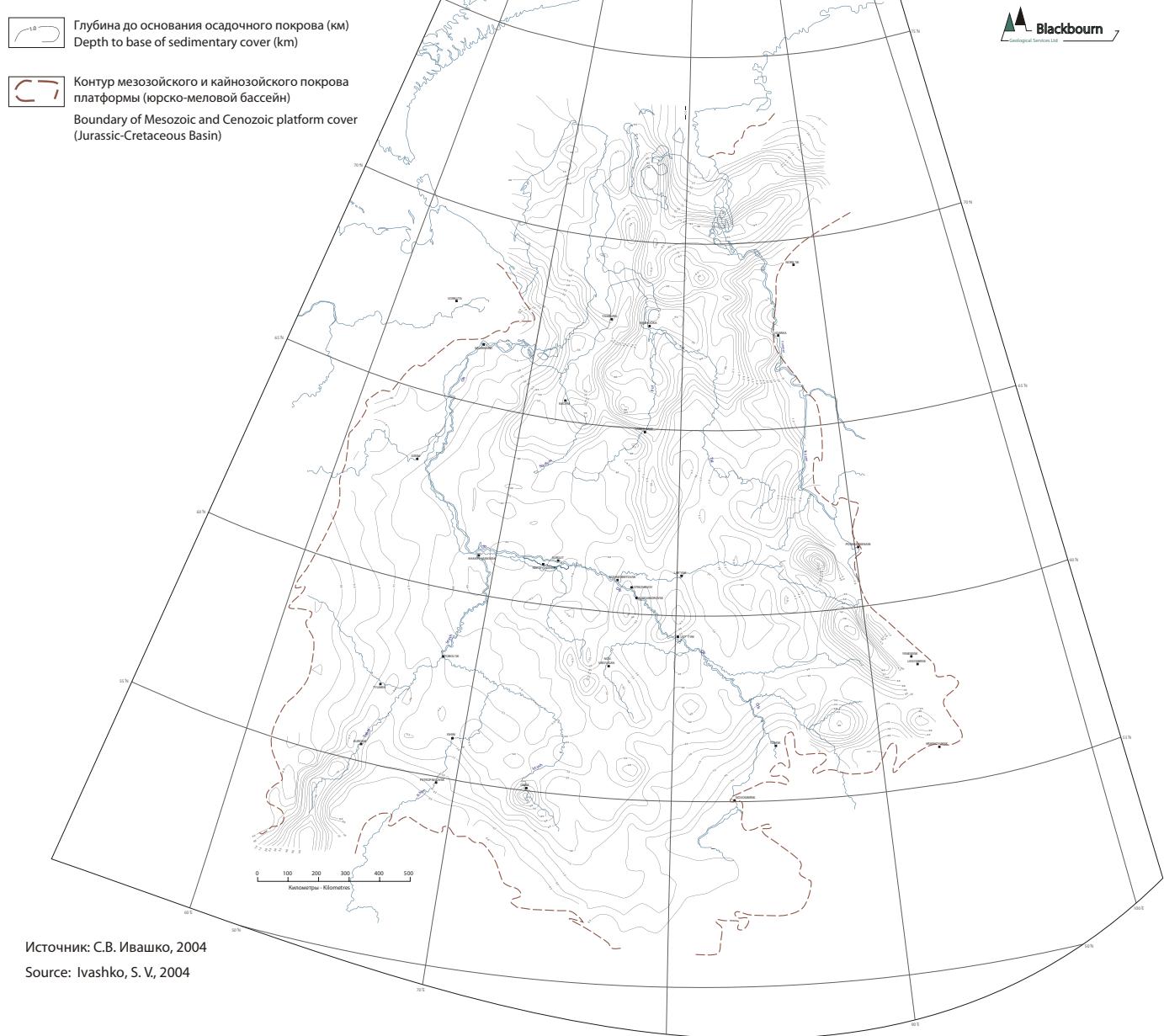
Рисунок I.3.2: Приблизительное распределение отложений осадочных материалов позднего триасового периода относительно формирования рифтогенных структур и трапповых вулканических явлений (тампейская толща)

Figure I.3.2: Approximate distribution of Late Triassic deposition, in relation to rifting and trap volcanicism (Tampei Series)

определение связи между формированием траппов и суб-щелочными гранитными интрузиями было установлено на полуострове Таймыр (Рис. I.1.1). Траппы Таймыра являются продолжением траппов Сибирской платформы, хотя они, возможно, и слегка моложе (220-230 миллионов лет). Сандерс и его соавторы (2005 год) считают, что после основного периода вулканизма континентально подстилающих базальтов в ЗСБ траектория магматизма (т.е. плюм) мигрировала на север вместе с вышезалегающей корой, в сторону Таймырского региона, прежде чем

deposits, and represent the initial cycle of Mesozoic platformal marine sedimentation in the basin. Seismic data indicate that these deposits may be more than 6 km thick in some troughs in the northern basin region. In the Khatanga region, up to 3 km or more of Triassic clastics occur, sourced from the Taimyr uplift.

There appears, however, to have been some delay between the ending of trap volcanism in the WSB and the onset of significant thermal subsidence (Saunders, 2005), which corresponds with the start of the main phase of



Приложение 6 : Структурная карта глубины до основания мезозойского осадочного покрова ЗСБ

Enclosure 6: Depth to base of Mesozoic sedimentary cover structure map of West Siberian Basin

мигрировать в морской шельф Баренцева моря. Как и базальты Карского моря, некоторые интрузивы траппов здесь сильно дифференцированы и содержат монцониты и суб-щелочные гранитные породы.

Как глубина, так и ширина грабенов триасового периода увеличивается на север, где, кроме вулканогенного материала, они могут содержать до 5 км осадочных пород триасового периода. В границах грабенов, неоднородные обломочные породы (конгломераты) и песчаники переслаиваются вулканическими породами, которые преобладают в отложениях раннего и среднего триасового периода.

Jurassic deposition, in about the Pliensbachian. However, once begun, thermal subsidence continued until at least the Oligocene, with an almost complete stratigraphic sequence broken only by short-lived discontinuities resulting primarily from eustatic effects.

The lengthy period prior to deposition of the earliest Jurassic sediments was one of weathering and erosion over much of the West Siberian Basin. Brecciation, leaching and chemical transformation of the pre-Jurassic surface in many areas created a porous network which was later to host numerous, though largely small, sub-unconformity oil and gas accumulations (Section II.2.1).

Верхние части рифтовых структур в большинстве своем не содержат вулканические породы; здесь преобладают пласти каменного угля. В направлении приблизительно 64° на север, впадина содержит толщу смешанных континентальных и морских песчаников, алевритов и сланцевых глин триасового периода (Тампейская толща; [Рис. I.3.2](#)), толщиной до 3 км или более, с возможным включением базальных отложений юрского периода. Предполагается, что море проникло в бассейн с севера поверх Западно-Сибирского силевого потока или, возможно, вдоль Енисейско-Хатангского прогиба, и распространялось вначале вдоль рифтовых бассейнов, но со временем покрыло промежуточную площадь платформы ([Рис. I.3.1](#)). Тампейские толщи/серии отложений схожи с вешележащими отложениями юрского периода, и представляют начальный цикл платформенного морского осадкообразования мезозойского периода. Данные сейсморазведки указывают на то, что эти отложения могут превышать толщину 6 км в некоторых впадинах северного бассейна. В Хатангском районе встречаются терригенные отложения триасового периода до 3 км, происшедшие вследствие Таймырского вздымания.

Однако, похоже, что произошли некоторые задержки между окончанием трапового вулканизма в ЗСБ и началом значительного теплового опускания породы (Сандерс, 2005 год), что соответствует началу основной стадии отложения осадочных материалов юрского периода, в приблизительно пленсбахском веке. Однако, после того как началось тепловое опускание, оно продолжалось до олигоценового периода, с почти полной стратиграфической последовательностью, прерванной лишь кратковременными переломами в результате эвстатического влияния.

Продолжительный период, предшествовавший отложению осадочных материалов юрского периода, был периодом выветривания и эрозии основной части ЗСБ. Образование брекчий, вымывание и химические преобразования поверхности доюрского периода на многих местах явились причиной создания пористой сети, которая впоследствии приняла многочисленные, хотя, в основном небольшие, суб-несогласные залегания нефти и газа ([Раздел II.2.1](#)).

Юрский период

Пост-рифтовый мезозойско-кайнозойский осадочный покров ЗСБ, начавшийся с раннего юрского периода, достигает толщины 8-10 км в северной части бассейна, со средним значением толщины 3 – 4 км на остаточной части бассейна, сужаясь до нуля к краям ([Приложение 6](#)). Отложения в основном оседали в мелководном континентальном море с прибрежной равниной и континентальной окружающей

Jurassic

The post-rift Mesozoic-Cenozoic sedimentary cover of the West Siberian basin, beginning with the Lower Jurassic, is up to 8-10 km thick in the northern part of the basin, and averages about 3-4 km over the remainder of the basin, thinning to zero around the basin margins ([Enclosure 6](#)). The sediments were mostly deposited in an extensive shallow inland sea, with coastal plain and continental environments around the margins. The sea was generally deeper in the west and north owing to the main source provenances lying to the east and south.

The sediments are almost entirely clastic (sandstones, siltstones, and shales), apart from some quite extensive argillaceous limestones towards the top of the Cretaceous (Maastrichtian), and a few locally developed limestones elsewhere. Deposition in the deeper parts of the basin was virtually continuous from the Early Jurassic to at least the mid-Miocene, although unconformities of variable extent are present at the base of or within the Callovian, Kimmeridgian, Hauterivian, Barremian, Aptian, Turonian, Palaeocene, Middle Oligocene, and Miocene. These result mostly from eustatic rather than tectonic events. The Jurassic deposits have undergone only mild tectonic disturbance since deposition.

As noted above, the major sediment-source areas during the Mesozoic lay to the east and southeast of the basin. The Ural, Novaya Zemlya and Taimyr uplifts formed subordinate but still significant sources. The western side of the Siberian plateau to the east appears however not to have been a major sediment source; it was covered with Triassic trap basalts and Late Proterozoic to early Palaeozoic clastic sediments, whereas the sedimentary fill of the WSB is dominantly arkosic, derived from a granitic terrane. However, it is possible that during the Jurassic the precursor to the Lena River, which now drains the eastern side of the Siberian Platform and flows northwards into the Laptev Sea, flowed along the Yenisei-Khatanga Trough from east to west and transported sediment into the northern WSB. Local uplifts within the basin also acted as minor sediment sources during the Jurassic, before they were blanketed by sediments. The Jurassic to Recent evolution of the WSB, in simple terms, comprises the passive infill of a (structurally) remarkably symmetrical, gently subsiding basin, and the simplest model for this subsidence is one of thermal sag which followed doming associated with high heat flow in the Basin during the Triassic, and which was in turn associated with the contemporary volcanism ([Section I.3.1](#)).

средой по краю. Море, которое было обычно глубже на западе и севере, вследствие основного источника происхождения, располагающегося на восток и южного источника происхождения, располагающегося на восток и юг.

Осадочные отложения в основном почти полностью состоят из обломочных пород (песчаники, алевриты и сланцы), за исключением довольно экстенсивных аргиллитовых известняков начала мелового периода (маастрихтская эпоха) и некоторых разбросанных известняков. Процесс отложения в более глубоких частях бассейна проходил практически беспрерывно, начиная с раннего юрского периода до как минимум средне-миоценового периода, хотя несогласные напластования различного простирания присутствуют в пределах кэлловейского яруса верхней юры, кеммириджа, готеривского, барремского, аптского, туронского, палеоценового, средне-олигоценового и миоценового ярусов. Это скорее всего является следствием эвстатических, а не тектонических событий. Отложения юрского периода подверглись лишь незначительным тектоническим нарушениям после напластования.

Как отмечается выше, основные площади, являющиеся источниками отложений в мезозойский период, залегают на восток и юго-восток бассейна. Вздымания на Урале, Новой Земле и Таймыре образовали второстепенные, однако значительные источники. Западная сторона Сибирского плато на восток, не являлась крупным источником осадочных

отложений; она была покрыта трапповыми базальтами триасового периода и кластогенными осадками от позднего протерозойского до раннего палеозойского периодов, тогда как седиментативное наполнение ЗСБ в основном состоит из аркозов, происходящих из гранитной группы пластов. Однако, существует возможность, что во время юрского периода предшественница реки Лены, которая в настоящее время вытекает с восточной стороны Сибирской платформы и течет на север в море Лаптевых, протекала вдоль Енисейско-Хатангской впадины с востока на запад и перенесла отложение в северный ЗСБ. Местные вздымания в пределах бассейна также являлись малыми источниками отложений в юрский период, прежде чем они были покрыты отложениями. Эволюция ЗСБ от юрского периода до настоящего времени, говоря простым языком, состоит из пассивной формы заполнения чрезвычайно симметричного (в конструктивном отношении), отстойного бассейна, а самая простая модель оседания породы представляет собой термический провес осадка куполообразующей формы, связанный с потоком высокой температуры в бассейне во время триасового периода и который, в свою очередь, был связан с совпадающими по времени вулканическими процессами (Раздел I.3.1).

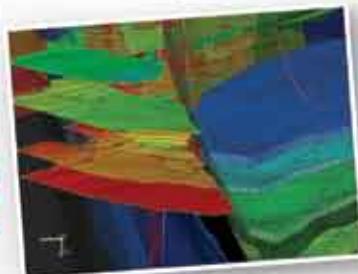
СМТ

ИЛИ

СЕЙСМИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МИКРО-ТЕХНОЛОГИИ

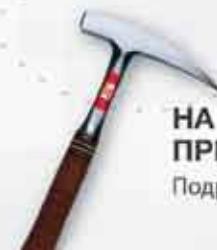
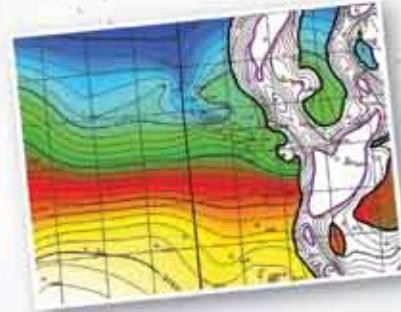
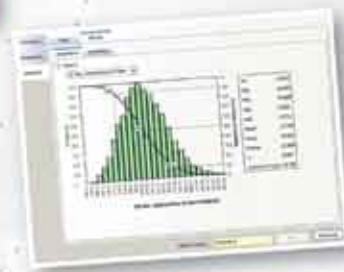


НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ



KINGDOM интегрирует

- Структурные построения
- 3D моделирование
- Экономический анализ
- Прогнозы по добыче



НА МЕСТО ПРОСТОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОЛОТКА
ПРИХОДИТ ИНСТРУМЕНТ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ!

Подробности смотрите на www.seismicmicro.com/geology