

Доклады Блэкберн: Развитие тектонического бассейна Западной Сибири в мезозойскую эру и третичном периоде:

Ранний и средний Юрский периоды

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

Early and Middle Jurassic

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Graham Blackbourn: Blackbourn Geoconsulting

Продолжая тему статьи в последнем издании журнала ROGTEC, мы рассмотрим отложения позднего юрского периода и неоконский надъярус.

Отложения позднего юрского периода, которые залегают с разрывом поверх среднеюрского отдела в некоторых районах Западной Сибири, имеют мощность более 500 м в северной части бассейна и в районе Хатанги к северо-востоку. В ту эпоху моря Арктического бассейна проникли на юг до 54° N. Большая часть бассейна характеризуется терригенными отложениями на мелководном и глубоководном шельфах (Рис. 1.3.9). Образование глинистых и – местами – горючих сланцев началось в районах наиболее быстрого оседания в центральной и западной частях бассейна, которые соответствуют абалакской свите и ее латеральному эквиваленту — васюганской свите. Морские глауконитовые шельфовые песчаники и сланцы с содержанием аммонитов накапливались вдоль восточного и западного флангов бассейна; при этом континентальные речно-дельтовые отложения и глинистые красные песчаники в направлении к морю переходят в шельфовые сланцы и песчаники на юго-восточной и южной границах. Местами отмечаются пласты конгломератов и известняков, особенно в северо-восточной части бассейна.

Following on from the excerpt in the last issue of ROGTEC Magazine, we look at the Late Jurassic period and the overlying Neocomian.

Late Jurassic sediments, which lie disconformably on the Middle Jurassic in parts of Western Siberia, are 500 m or more thick in northern parts of the basin and in the Khatanga region to the northeast. Marine incursions from the Arctic basin penetrated as far south as 54° N at this time. Most of the basin was characterized by clastic deposition in a shallow to deep shelf environment (Fig. 1.3.9). Shales, locally bituminous, began to be deposited in the more rapidly subsiding central and western parts of the basin, corresponding with the Abalak Suite and its lateral equivalent the Vasyugan Suite. Ammonite-bearing marine glauconitic shelf sandstones and shales accumulated along the eastern and western flanks of the basin, with continental fluvio-deltaic sediments and red beds grading seaward into shelfal shales and sandstones on the southeastern and southern margins. Some conglomeratic and limestone beds occur locally, especially in the northeast of the basin.

The Late Jurassic section below the Tithonian Bazhenov suite can be divided in very general terms into two parts: a lower part including coastal shallow-water deposits of Callovian to Oxfordian age, and an upper part represented mainly by marine sands and clays of Kimmeridgian age,

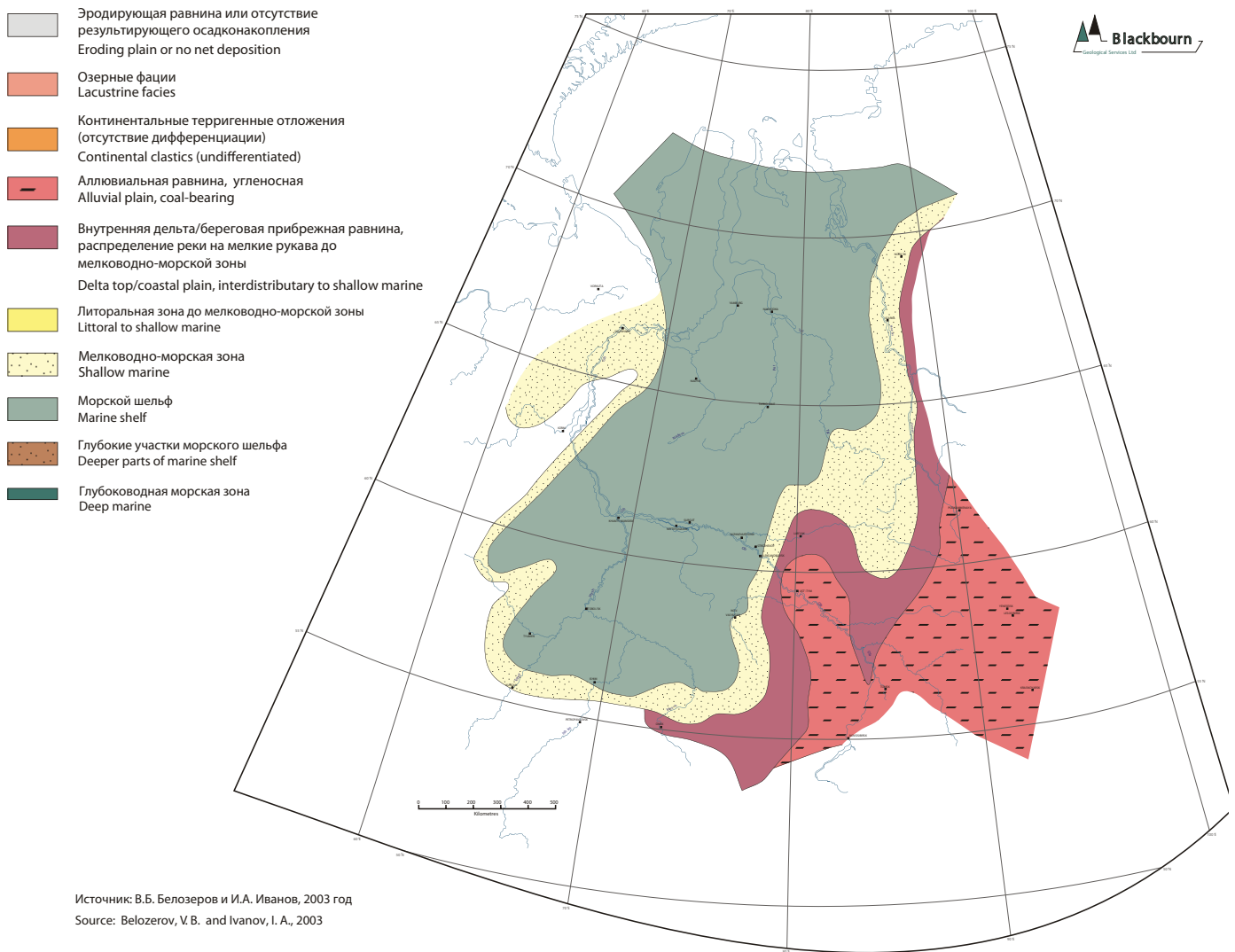


Рисунок I.3.9: Западно-сибирский бассейн – палеогеография позднего келловея
Figure I.3.9: West Siberian Basin - Palaeogeography Late Callovian

Позднеюрский разрез под баженовской свитой титонского яруса в самом общем случае может быть разделен на две части: нижняя часть, слагаемая береговыми мелководными отложениями келловейского и оксфордского ярусов, и верхнюю часть, представленную в основном морскими песками и глинами кимериджского яруса, относящимися к верхней подсвите сиговской свиты. В то же время фациальная изменчивость достаточно велика и отдельные разрезы отличаются от предложенного упрощенного образца (Рис. I.3.3 и I.3.4).

В северо-восточной части бассейна отложения келловейско-позднеоксфордского яруса образуют васюганскую свиту и ее латеральный эквивалент — наунакскую свиту. К васюганской свите относятся мощные песчаные и глинистые пласты центральной части Западной Сибири. Нижневасюганская подсвита

belonging to the upper sub-suite of the Sigovo Suite. Facies variations are quite substantial, however, and many individual sections vary from this simple pattern (Figs. I.3.3 and I.3.4).

In the northeast of the basin the Callovian to Late Oxfordian deposits comprise the Vasyugan Suite and its lateral equivalent, the Naunaksk Suite. The Vasyugan Suite includes sand and clay beds that are widely developed across the central area of Western Siberia. The Lower Vasyugan Sub-suite is of Late Callovian to Early Oxfordian age and is composed mainly of compact black and dark grey clays with 2-3 cm bituminous beds. Thin beds of grey quartz-feldspar and quartz-glaucinite sandstone and siltstone occur, with discontinuous lenticular bedding. The sediments are locally slightly calcareous, and occasional beds of argillaceous limestone occur. Carbonaceous material occurs along bedding planes. The proportion of sand and silt increases towards the base of the unit, and coaly material and pyritised woody fragments occur.

относится к позднекелловейско-раннеоксфордскому ярусу и образована в основном уплотненными черными и темно-серыми глинами с битуминозными пластами толщиной 2–3 см. Встречаются тонкие пласты серого кварц-полевошпатового и кварц-глауконитового песчаника и алевроита с прерывистой линзовидной слоистостью. Отложения локально известковистые, с отдельными пластами аргиллитового известняка. На поверхностях напластования встречаются карбонатные породы. По направлению к основанию увеличивается содержание песка и ила; встречаются углистые породы и окаменевшие фрагменты древесной растительности.

На востоке нижневасюганская подсвита переходит в наунакскую свиту, которая сформировалась в условиях периодически затопляемых морем прибрежных и аллювиальных равнин и мелководного шельфа, которые с востока и юго-востока примыкают к аккумулятивной равнине с речной сетью. Пески и ил представляют собой дельтовые отложения, включающие также береговые барьеры и бары, приливные заводы и пляжные пески. Различные песчаные горизонты обнаруживаются в обособленных зонах, а проницаемые пласты (горизонт JuV1) образуют зоны, простирающиеся с севера на юг и располагающиеся по отношению друг к другу уступами, ориентированными с запада на восток.

Сиговская свита, или нижнемарьяновская подсвита, сформировалась с восточной стороны бассейна в кимериджском ярусе. На западе верхнесиговская подсвита переходит в преимущественно глинистую сукцессию георгиевской свиты, характеризующуюся глауконитовыми и сидеритово-марганцево-известковыми образованиями, а затем перетекает в верхнюю часть абалакской свиты. Последняя в предуральской зоне, в пределах локально выклинивающейся области кимериджского яруса, представлена верхом нижней подсвиты даниловской свиты. (Рис. I.3.4).

В верхней части юрского разреза находится высокобитуминозная баженовская свита, простирающаяся на значительной части территории бассейна и переходящая вблизи его границ в тонкие пласты отложений шельфового песчаника и сланца (Рис. I.3.12). Баженовская свита образует наиболее важную материнскую породу ЗСБ. Об этом более подробно сказано в параграфе II.3.1.2.

Приток терригенного осадка в то время был небольшим, и бассейн стал полукомпенсированным, особенно в центральной и западной его частях. Примерно на границе юрского и мелового периодов произошло поднятие краев бассейна – возможно, в результате “ларамидного” складкообразования на

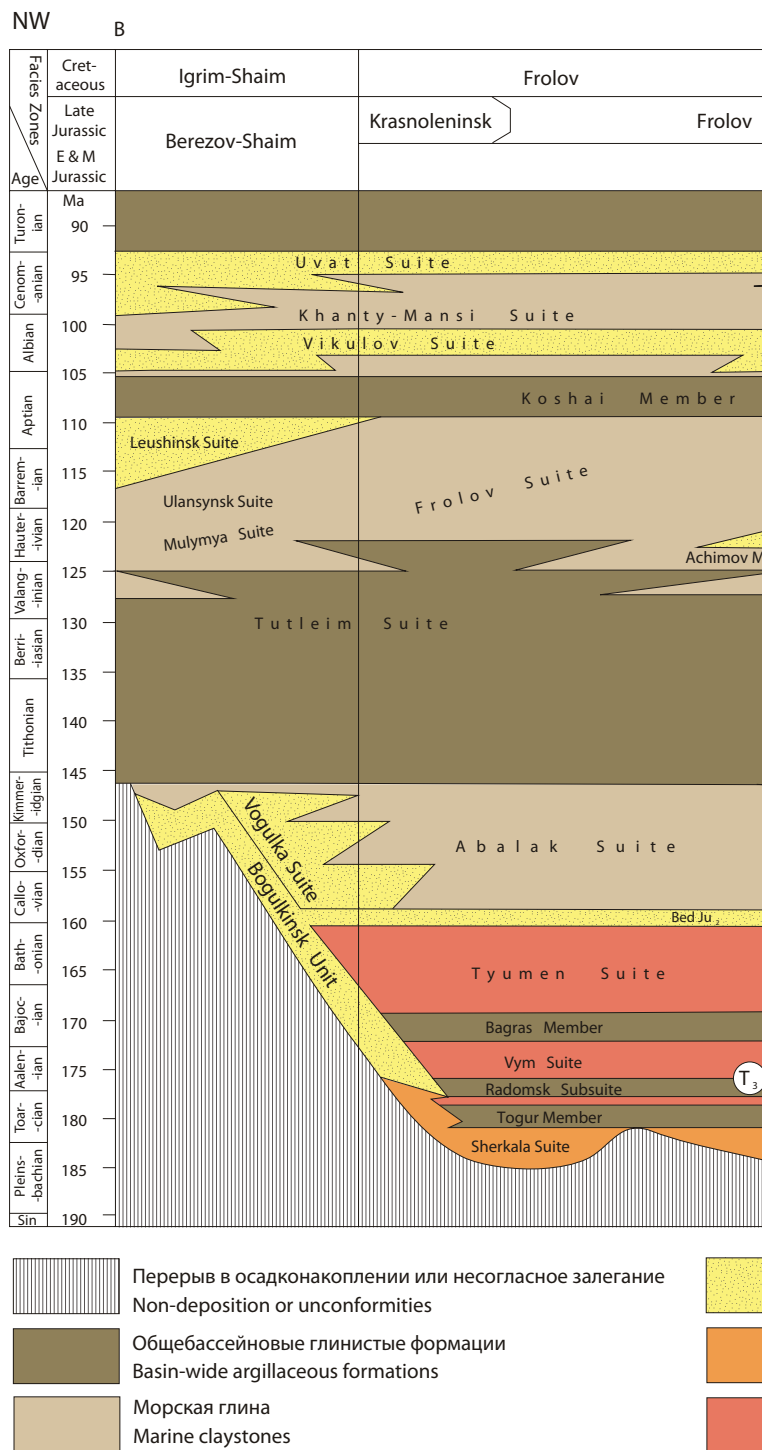
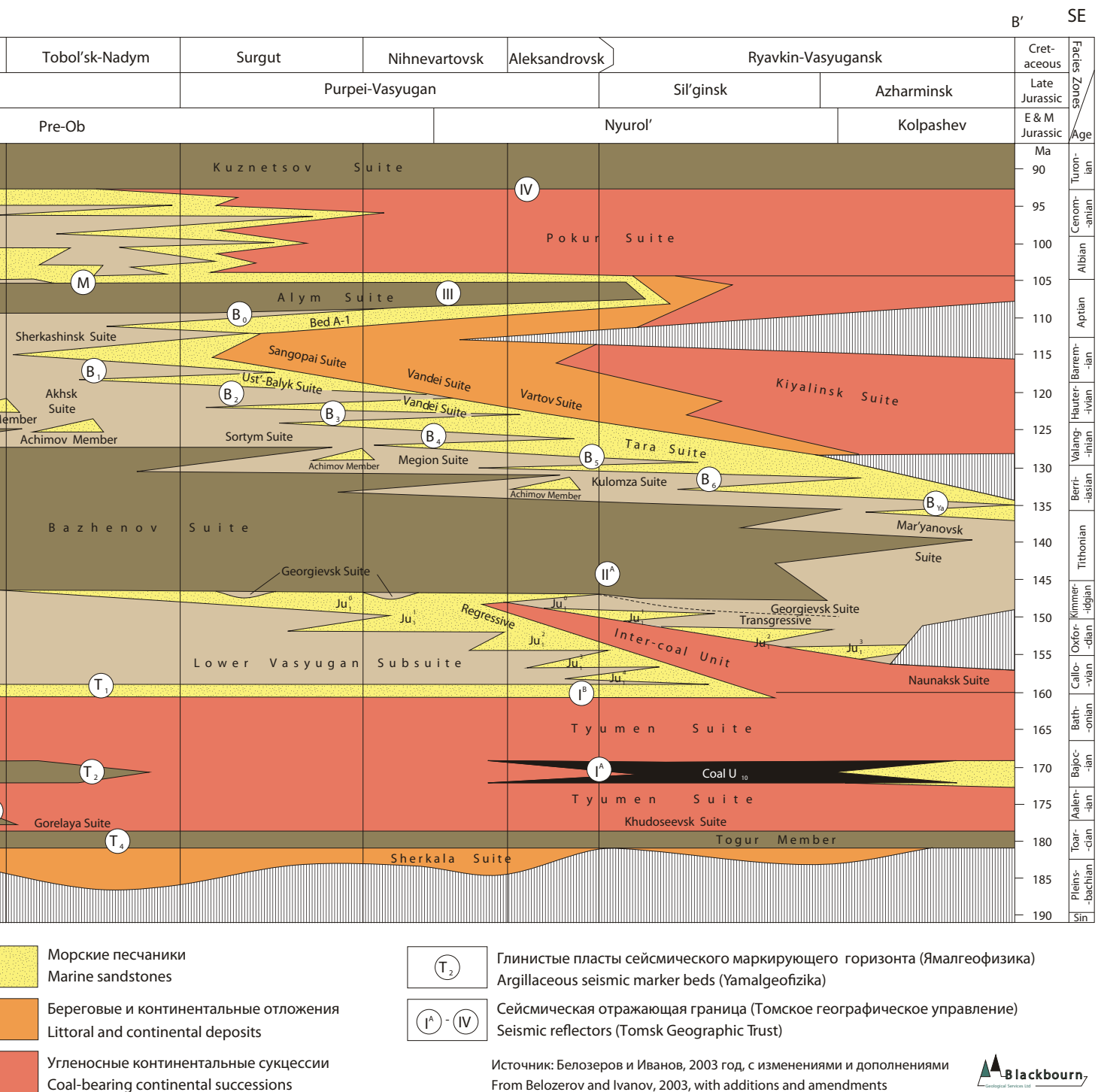


Рисунок I.3.3: Литостратиграфия юрского и мелового периодов
Figure I.3.3: Jurassic and Cretaceous (Pliensbachian to Tithonian)

To the east the Lower Vasyugan Sub-Suite passes into the Naunaksk Suite, which was formed in coastal and alluvial plain environments, with occasional marine incursions, and a shallow shelf. These lay adjacent to a depositional plain in the east and southeast with a fluvial network. Sands and silts represent deltaic deposits, including coastal barriers and bars, pools and beach sands. The different sand bodies



ов вдоль СЗ – ЮВ линии через центр равнины Западной Сибири (линия разреза В-В показана на Рис 1.3.4)
 lithostratigraphy along a NW-SE line through the central West Siberian Plain (line of section B-B' shown on Figure 1.3.4)

восточном фланге Сибирского кратона. Подъем и локальная эрозия особо четко проявляются в районе Хатанги и на юге полуострова Ямал. Таким образом, южная часть бассейна в районе примерно 68° N была в то время, по всей вероятности, обособлена с образованием суббассейна с особо благоприятными условиями для накопления органического вещества.

occur in distinct zones, and permeable beds (horizon JuV1) form mainly north south-trending zones lying en echelon with one another from east to west.

The Sigovo Suite or the Lower Mar'yanovsk Sub-Suite was developed on the eastern side of the basin during the Kimmeridgian. To the west the Upper Sigovo Sub-

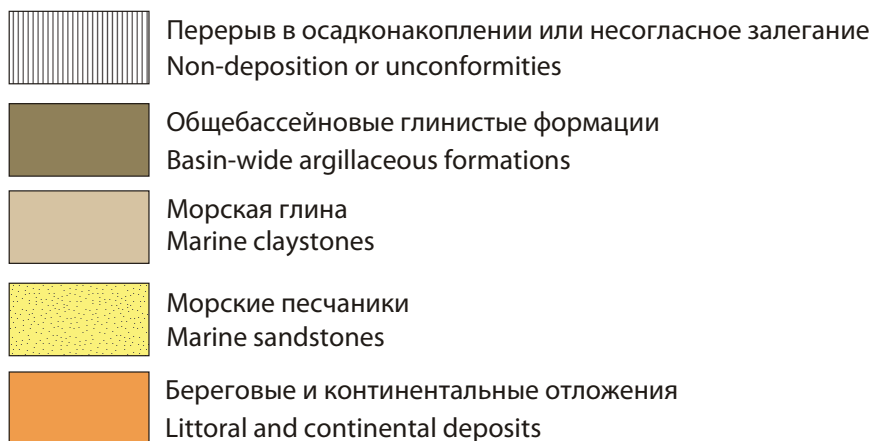
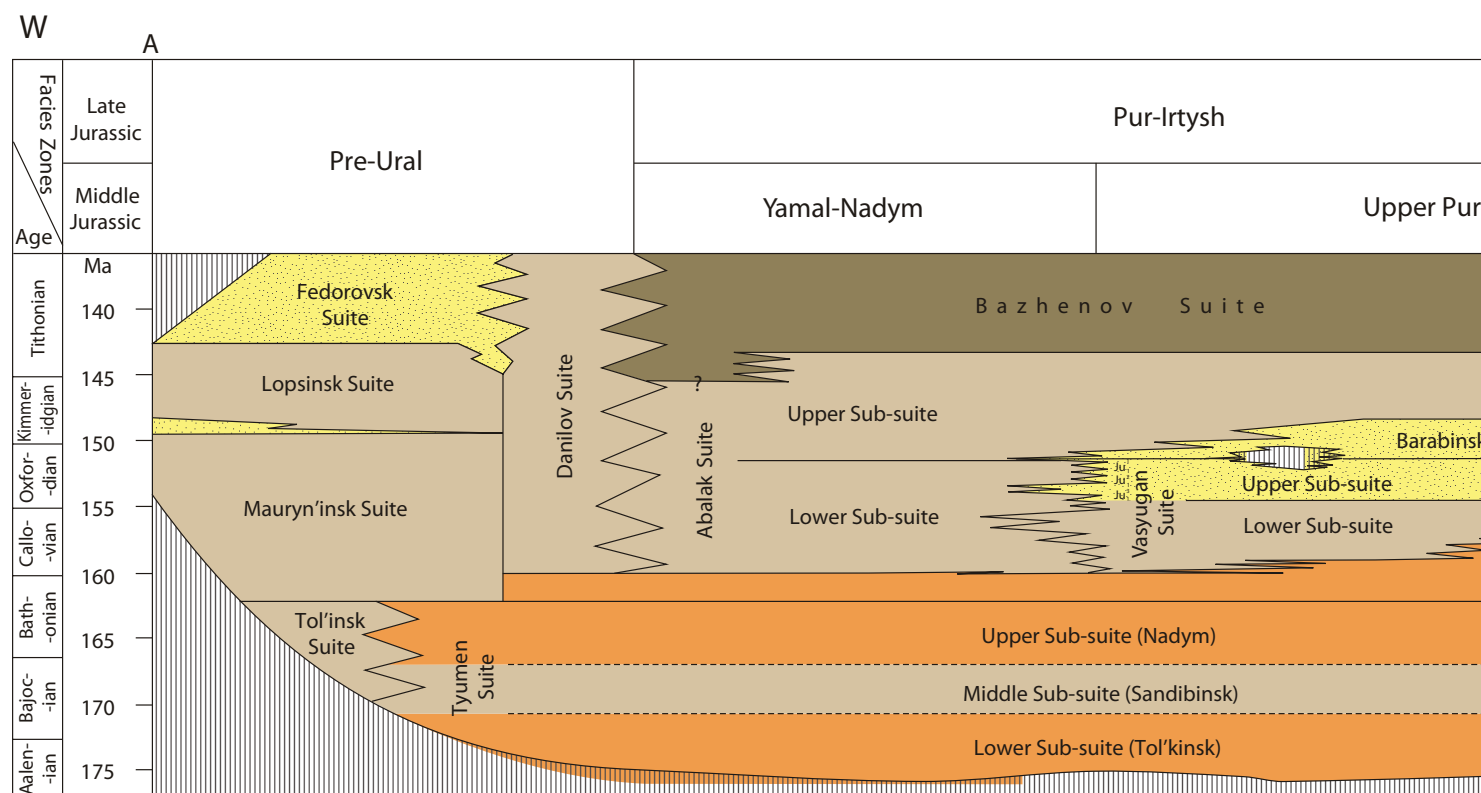
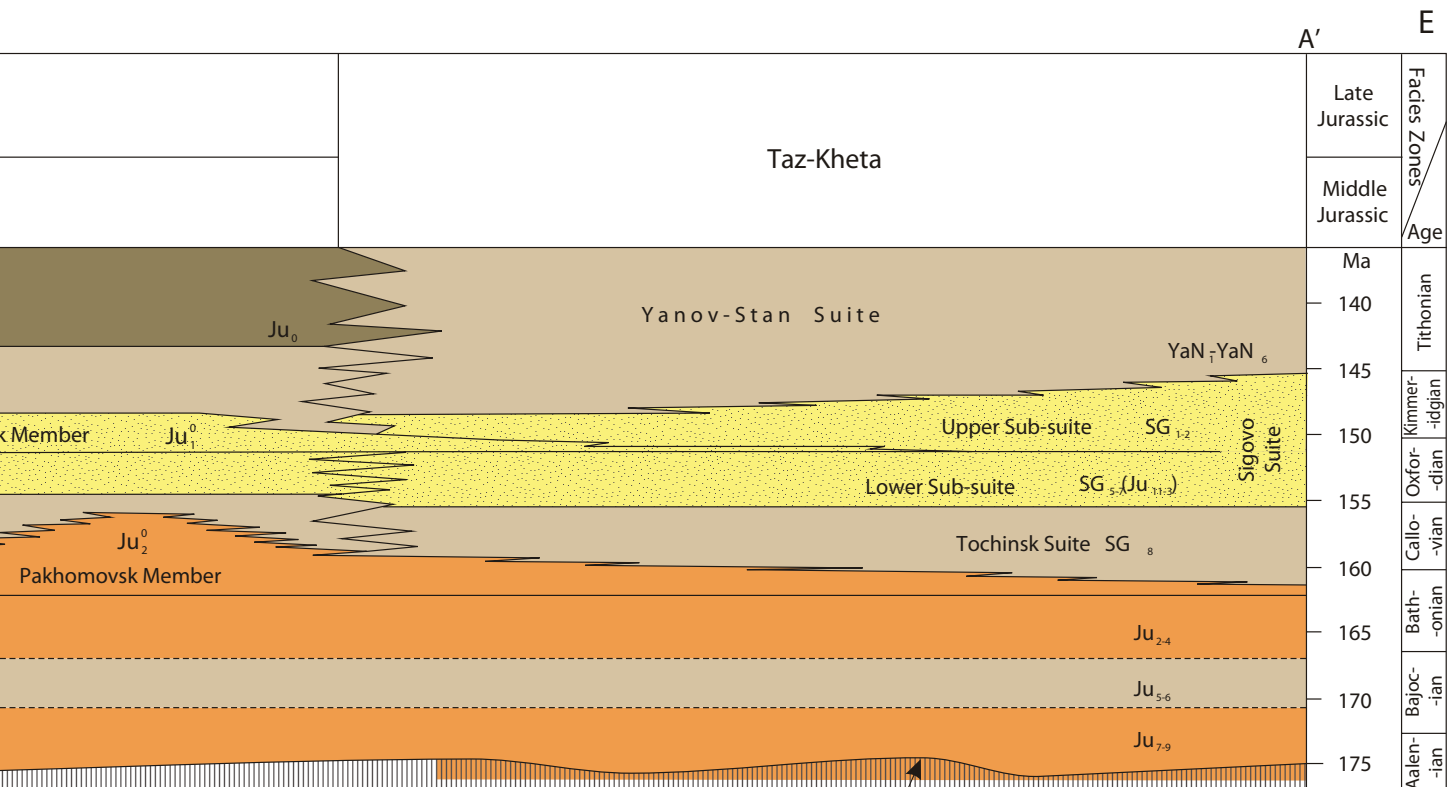


Рисунок I.3.4: Литостратиграфия юрского периода (аалена и титона) вдоль ЮЗ-СВ линии (А-А') через северную часть
Figure I.3.4: Jurassic (Aalenian to Tithonian) lithostratigraphy along a SW-NE line (A-A') through the northern West Siberian Basin

Регрессия моря в конце юрского периода, скорее всего, способствовала дальнейшему обособлению южной части бассейна. В то же время, вероятно, стали проявляться наиболее возвышенные участки бассейна. Данные геофизической разведки указывают на наличие эрозионных несогласий верхней юры в пределах крупных структур северной части бассейна. Присутствие высокобитуминозных сланцев в баженовской свите на полуострове Ямал – и,

Suite passes into the mainly argillaceous succession of the Georgievsk Suite, characterised by glauconite and siderite-manganese-calcite concretions, and then in turn into the upper part of the Abalak Suite. In the Pre-Ural area the latter, within the regional pinch-out zone of the Kimmeridgian, is represented at the top by the lower sub suite of the Danilov Suite (Fig. I.3.4).

At the top of the Jurassic section is the highly bituminous Bazhenov Suite, which was deposited over much of the



Базальные континентальные отложения неопределенного возраста
Basal continental deposits of uncertain age



Линия разреза Рис I.3.3
Line of section for Figure I.3.3



Источник: Ян, 2003 год, с дополнениями и изменениями
From Yan, 2003, with additions and amendments

Западно Сибирского Бассейна

возможно, в Южно-Карском суббассейне – скорее всего, является свидетельством дальнейшего ограничения циркуляции бассейна, вызванного наличием Северного Сибирского силла.

1.3.3 Меловой период - 1.3.3.1 Неоком

На протяжении мелового периода ЗСБ сохранял связь с Арктическим бассейном, за исключением непродолжительных периодов, когда он мог быть

basin area, grading to thin deposits of shelf sandstone and shale around the basin margins (Fig. I.3.12). The Bazhenov Suite forms the most important source rock in the WSB. It is described in greater detail in Section II.3.1.2. Clastic influx at this time was low, and the basin was semi-starved, especially in its central and western parts. At about the Jurassic-Cretaceous boundary the basin margins were uplifted, possibly in response to “Laramide” folding on the eastern flank of the Siberian craton. Uplift and local erosion

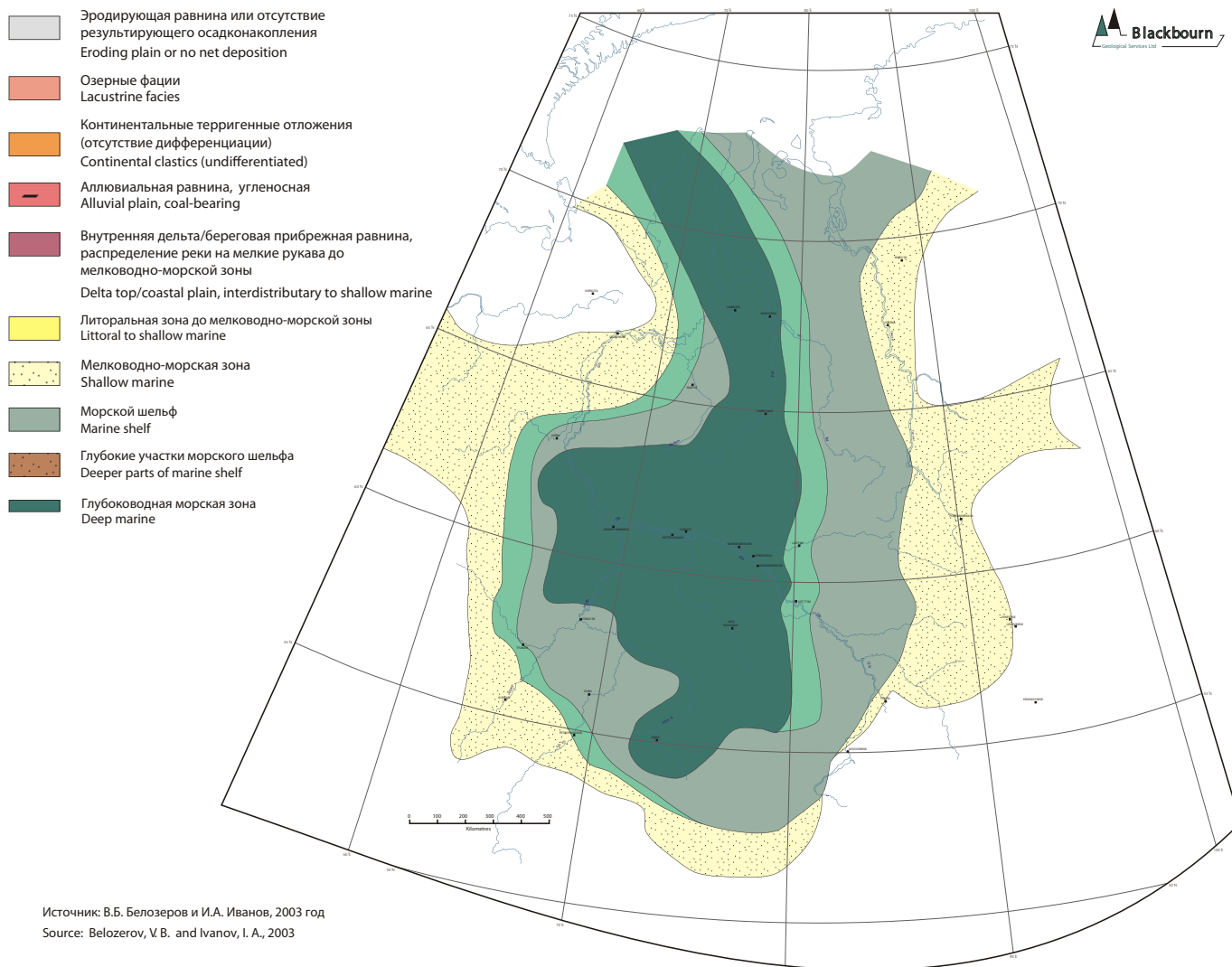


Рисунок I.3.12: Западно-сибирский бассейн – палеогеография волжского (титонского) яруса
Figure I.3.12: West Siberian Basin - Palaeogeography Volgian (Tithonian)

полностью или частично отрезан ввиду наличия Северного Сибирского силла. Количество и скорость образования терригенных отложений в ту эпоху увеличились из-за быстрого подъема границ бассейна. Изменение климата с увеличением количества осадков также могло способствовать росту доли крупнозернистых обломочных пород.

На рисунках I.3.13, I.3.14 и I.3.15 показана палеогеография берриасс-валанжинского, готеривского и барремского ярусов соответственно. Мощность неокома составляет более 1500 м на северо-востоке бассейна, примерно 1000 м в центре и, как правило, не более 500 м на границах. Общий характер осадкообразования берриасс-готеривского яруса можно описать следующим образом: (1) морские отложения битуминозных и серых сланцев в наиболее быстро оседающей части

is particularly marked in the Khatanga region and in the south of the Yamal Peninsula. The basin south of about 68° N is likely therefore to have become partially restricted at this time, forming a sub basin particularly favourable for the accumulation of organic matter. Marine regression at the end of the Jurassic may have further restricted this southern basinal area. At the same time, the more uplifted parts of the basin may have become emergent. Geophysical data suggest the presence of erosional top-Jurassic unconformities within several large structures in northern parts of the basin. The presence of highly bituminous shales in the Bazhenov Suite on the Yamal Peninsula and probably in the South Kara Sea sub-basin may have been associated with further restriction of basin circulation, resulting from the presence of the North Siberian sill.

I.3.3 Cretaceous - I.3.3.1 Neocomian

During the Cretaceous the WSB retained its connection with

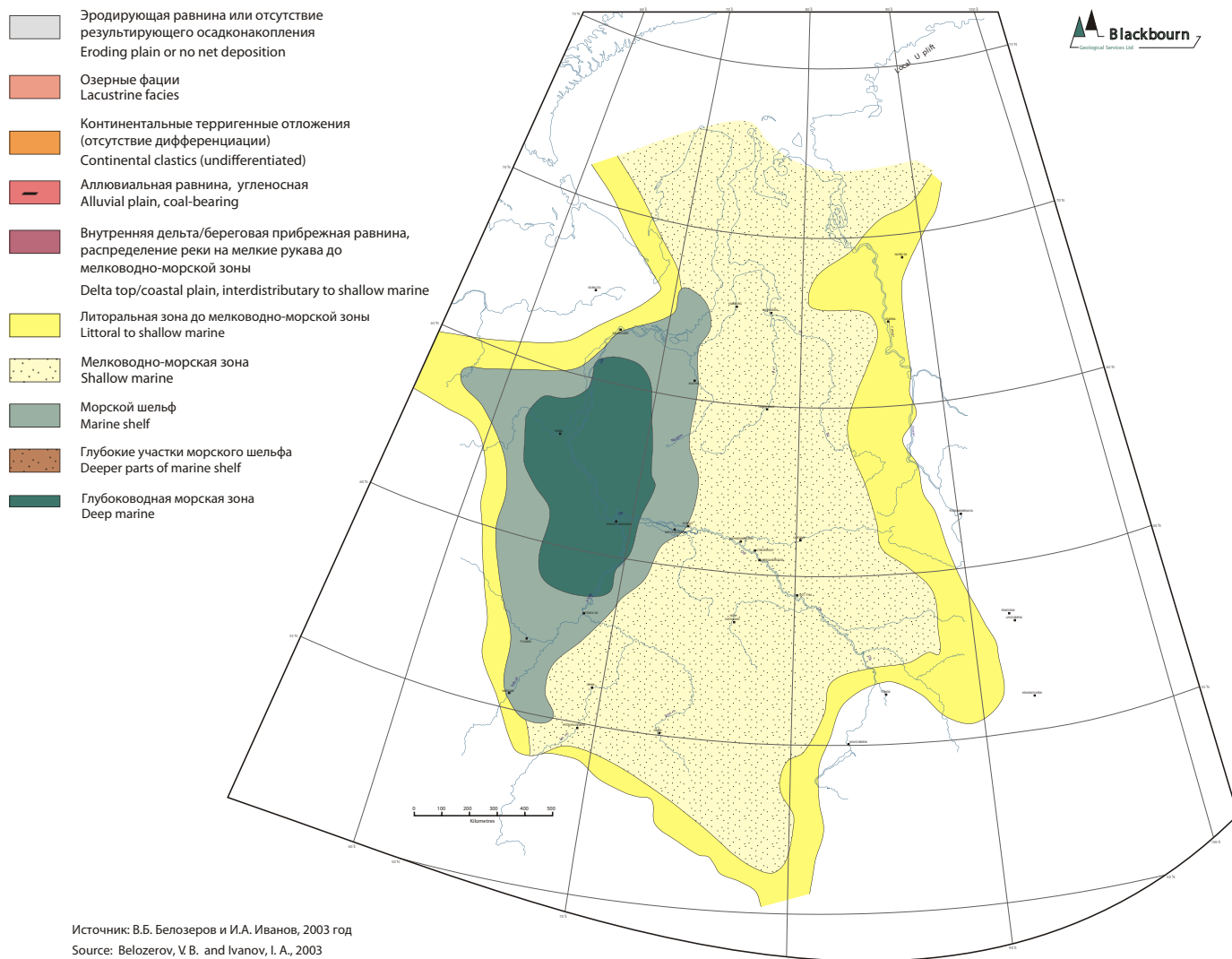


Рисунок I.3.13: Западно-сибирский бассейн – палеогеография берриасского и валажинского ярусов
Figure I.3.13: West Siberian Basin - Palaeogeography Berriasian-Valanginian

бассейна (Ханты-Мансийская впадина); (2) морские шельфовые песчаные и глинистые отложения вдоль широкого пояса, протянувшегося с севера на юг к востоку от впадины; (3) песчаные и глинистые отложения прибрежных равнин в центре восточного фланга бассейна и (4) континентальные глинистые красные песчаники вдоль границ бассейна на юго-востоке, распространившиеся в ширину по всему неокомскому надъярсу. Сравнительно узкая зона песчаных и глинистых фаций мелководья и прибрежных равнин также обнаруживается вдоль западной границы бассейна, смежной с Уральской возвышенностью.

Из наиболее протяженных стратиграфических подразделений можно выделить мегнионскую (берриасский и большая часть валанжинского яруса) и вартонскую (поздний валанжинский,

the Arctic basin, except briefly at times when it may have been partly or entirely cut off by the presence of the North Siberian Sill. The amount and rate of clastic deposition increased at this time owing to rapid uplift of the basin margins. Climate change, with increasing rainfall, may also have accounted partly for an increased proportion of coarse clastics.

Figures I.3.13, I.3.14 and I.3.15 illustrate palaeogeographies during the Berriasian- Valanginian, Hauterivian and Barremian stages respectively. The Neocomian reaches 1500 m or more thick in the northeast of the basin, approximately 1000 m in the central basin, and typically 500 m or less in more marginal areas. The general pattern of sedimentation from the Berriasian to the Hauterivian was as follows: (1) marine bituminous shale and grey shale deposition in the more rapidly subsiding part of the basin (Khanty-Mansi Trough); (2) marine shelf sand and clay deposits along a wide northsouth- trending belt to the east of the trough; (3) coastal

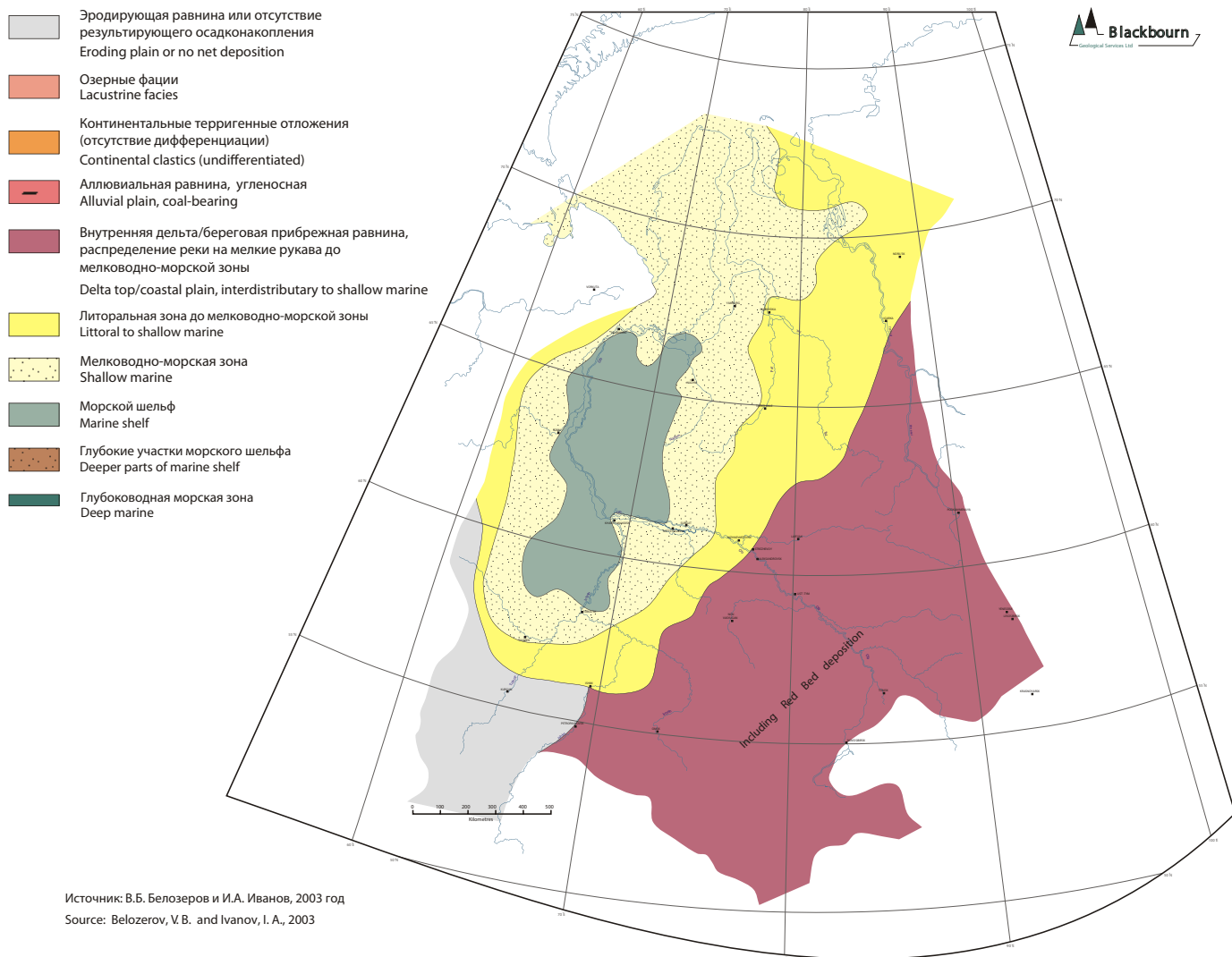


Рисунок I.3.14: Западно-сибирский бассейн – палеогеография готеривского яруса
Figure I.3.14: West Siberian Basin - Palaeogeography Hauterivian

готеривский и барремский ярусы) свиты, а также их латеральные эквиваленты (Рис. I.3.3). Морское осадкообразование в течение периода формирования готеривского и барремского ярусов по мере развития регрессии в позднем неокоме все больше ограничивалось глубинными зонами бассейна. В то время в южной и юго-восточной частях бассейна стали преобладать глинистые красные песчаники, а на западном фланге доминировали прибрежно-равнинные углистые пески, алевритовые и сланцевые отложения. Ближе к баррему морское осадкообразование было до некоторой степени ограничено Ханты-Мансийской впадиной, а Восточно-Сибирское море было почти изолировано от Арктического бассейна.

В результате взаимодействия процессов постоянного оседания дна бассейна, устойчивого

plain deposits of sand and clay on the east-central basin flank; and (4) continental red beds along the basin-margins in the southeast, which increased in width throughout the Neocomian. A relatively narrow zone of shallow marine and coastal plain sand and clay facies is also present along the western margin of the basin, adjacent to the Urals uplift.

The most widespread stratigraphic units recognised are the Megion Suite (Berriasian and most of Valanginian) and the Vartov Suite (late Valanginian, Hauterivian, and Barremian) and their lateral equivalents (Fig. I.3.3). Marine deposition during the Hauterivian and Barremian was increasingly restricted to deeper parts of the basin as a late Neocomian regression proceeded. Red beds became dominant in the southern and southeastern parts of the basin at this time, while coastal plain, coal-bearing sandstone, siltstone, and shale deposits dominated the eastern flank. By the Barremian, marine deposition was more or less confined to

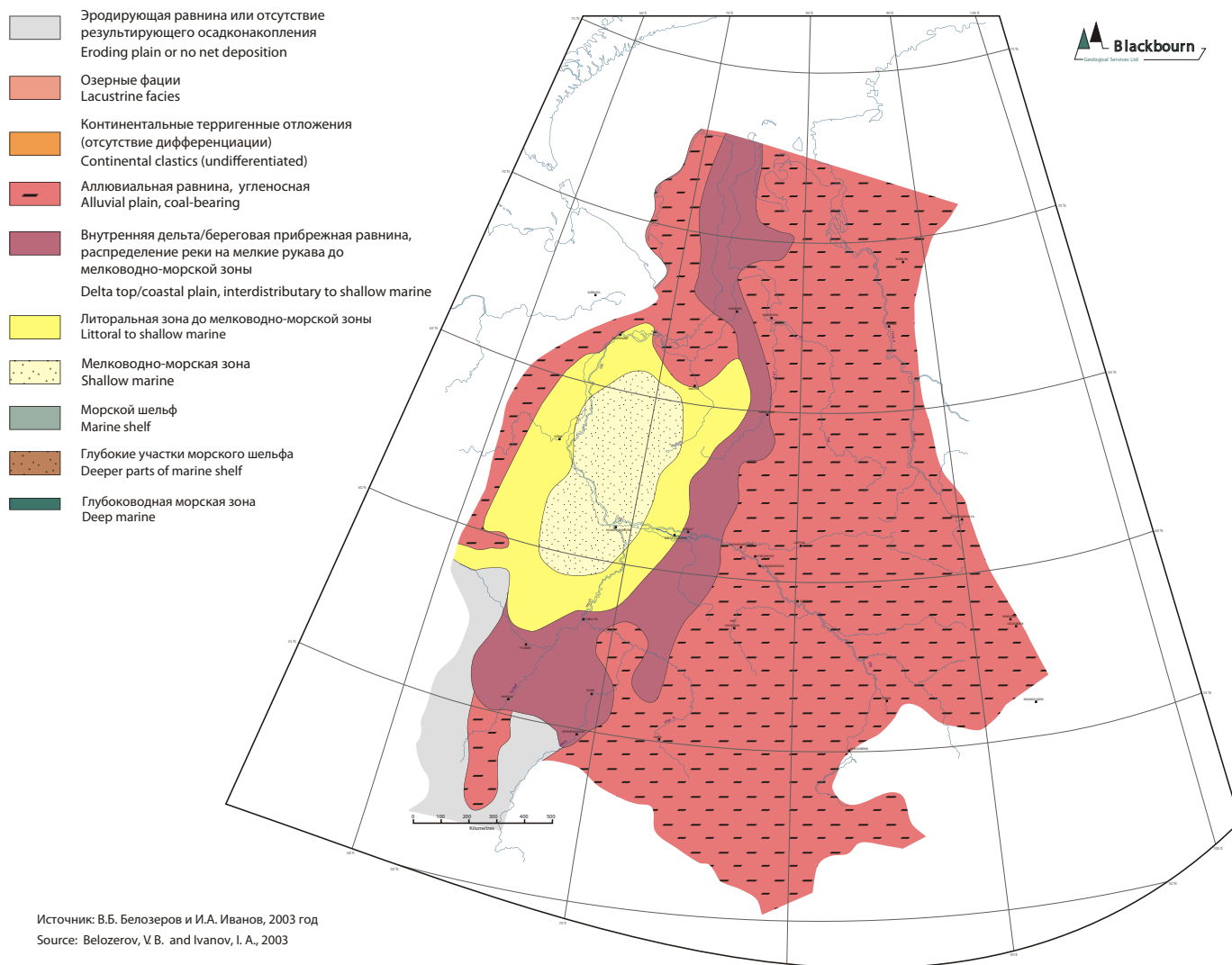


Рисунок I.3.15: Западно-сибирский бассейн – палеогеография барремского яруса
Figure I.3.15: West Siberian Basin - Palaeogeography Barremian

притока отложений с востока и юго-востока, а также повторяющихся циклов морской трансгрессии и регрессии продвижение на запад песчаных морских клиноформ в ходе регрессивных фаз периодически сменялось трансгрессивным перекрытием этих клиноформ морскими сланцами, иногда сопровождающимся формированием фаций материнских пород. В результате взаимопроникновения клиноформных резервуаров и морских сланцев, перекрывающих баженовскую материнскую породу, возникли условия формирования самой богатой углеводородной системы в бассейне и одной из богатейших систем в мире. Клиноформы также продвинулись, хотя и в значительно меньшей степени, с западной – уральской – границы бассейна. Эта система подробно рассмотрена в параграфе, посвященном нефтегазовой геологии неокома (Параграф II.4.1).

the Khanty-Mansi Trough, and the West Siberian sea was largely isolated from the Arctic basin.

Owing to the interaction between continuing basin-floor subsidence, a steady sediment supply from the east and southeast, and a repeated pattern of marine transgression and regression, westward progradation of sandy marine clinoforms during regressive phases was repeatedly interrupted by transgressive episodes in which the sandy clinoforms were blanketed by marine shales – sometimes including potential source facies. The resulting interfingering of clinoformal reservoirs with marine shales, all overlying the rich Bazhenov source rock, provides the setting for the most prolific hydrocarbon system in the basin – and indeed one of the most prolific in the world. Clinoforms also prograded, though to a much lower extent, from the western, Uralian, margin of the basin. This system is considered in further detail in the section on Neocomian petroleum geology (Section II.4.1).