

СИКВЕНС-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КЕЛЛОВЕЯ И ВЕРХНЕЙ ЮРЫ (васюганский горизонт) ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Б. Н. Шурыгин, О. В. Пинус*, Б. Л. Никитенко

Институт геологии нефти и газа СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. акад. Коптюга, 3, Россия

** Университет Нью Гемпшира, Дюрам, США*

Основной нефтеносный горизонт Ю₁, широко распространенный на юго-востоке Западной Сибири, состоит из нескольких песчаных пластов, которые то расклиниваются глинистыми прослоями, то сливаются в единое тело, а иногда частично выпадают из разреза. В переслаивании зафиксирована последовательность трансгрессивно-регрессивных (Т-Р) событий. В большинстве разрезов хорошо опознаются следы региональных и локальных перерывов осадконакопления (размыты). С использованием сиквенс-стратиграфического анализа интерпретирована стратиграфическая структура бат-кимериджской толщи юго-востока Западной Сибири. В разрезах васюганской свиты идентифицированы и прослежены по двум профилям в северных и южных районах Каймысовского свода и смежных территорий четыре осадочных сиквенса. При этом использованы как оригинальные данные (стратиграфического, палеонтологического, литологического характера), так и ревизованные ранее известные. Приведена усовершенствованная региональная стратиграфическая схема территории, установлены стратиграфические диапазоны песчаных пластов горизонта Ю₁. Определены типичные системные тракты (TST, HST, LST), комплексы заполнения врезанных долин, связанные с руслами рек, образования форсированной регрессии. Прослежена по профилям граница первого типа между сиквенсами (SB₁) в основании межугольной толщи и ее аналогов. На основе сиквенс-стратиграфического анализа разрезов составлена единая кривая относительного изменения уровня моря в течение конца средней и поздней юры на юге Западной Сибири. Сопоставление Т-Р кривой с количественной эвстатической кривой того же интервала Русской платформы показывает хорошую их корреляцию. Следовательно, в качестве главного фактора, контролирующего параллельные смены относительного уровня моря от позднего бата до начала кимериджа в столь разных бассейнах, могут рассматриваться эвстатические колебания. Эвстатические кривые можно использовать как независимый метод межрегиональной корреляции, результаты которой в изученном нами случае совпадают с полученными стандартными биостратиграфическими методами.

Стратиграфия, юра, нефтеносные пласты, эвстатика, трансгрессии, регрессии, сиквенс, Западная Сибирь.

SEQUENCE-STRATIGRAPHIC INTERPRETATION OF THE CALLOVIAN AND UPPER JURASSIC (Vasyugan horizon) OF THE SOUTHEAST OF WEST SIBERIA

B. N. Shurygin, O. V. Pinous, and B. L. Nikitenko

The main oil-bearing horizon (U₁) is widespread in the southeast of West Siberia. The horizon consists of several sand beds, which are sometimes split by clay interbeds or merge into a uniform bed, or sometimes partially thin out from sections. A sequence of transgressive-regressive (T-R) events was fixed in the interbedding. Traces of regional and local breaks in sedimentation (erosion) are well identified in the majority of sections. The structure of the Bathonian-Kimmeridgian of the southeast of West Siberia was interpreted by a sequence-stratigraphic analysis. Four sedimentation sequences were identified and traced in sections of the Vasyugan Formation in the northern and southern areas of the Kaimysovsky arch. Both original (stratigraphic, paleontological, and lithological) and revised known data were used. An advanced regional stratigraphic scheme is given, and the stratigraphic ranges of sand beds of the horizon U₁ are established. Typical system tracts (TST, HST, LST), complexes of incised-valley fill connected with river channels, and formation of forced regression are determined. The first type boundary between sequences (SB₁) was traced in the subface of the Mezhuгол'naya Subformation. A transgressive-regressive (T-R) curve for the Upper Jurassic of the south of West Siberia was constructed by data of a sequence-stratigraphic analysis. Comparison of the T-R curve with a quantitative eustatic curve for the Upper Jurassic of the Russian Platform shows their good correlation. Hence, eustatic fluctuations can be considered a primary factor governing simultaneous changes in sea level in different basins from late Bathonian to early Kimmeridgian. Eustatic curves can be used as an independent method for interregional correlation.

Stratigraphy, Jurassic, oil-bearing beds, eustasy, transgression, regression, sequence, West Siberia

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы расчленения и попластовой корреляции верхней юры юго-востока Западной Сибири издавна привлекали геологов [1—4 и др.]. Основной нефтеносный горизонт Ю₁ (нижняя часть верхней юры), широко распространенный на этой территории, имеет сложное строение. Он состоит из нескольких песчаных пластов, которые то расклиниваются глинистыми прослоями, то сливаются

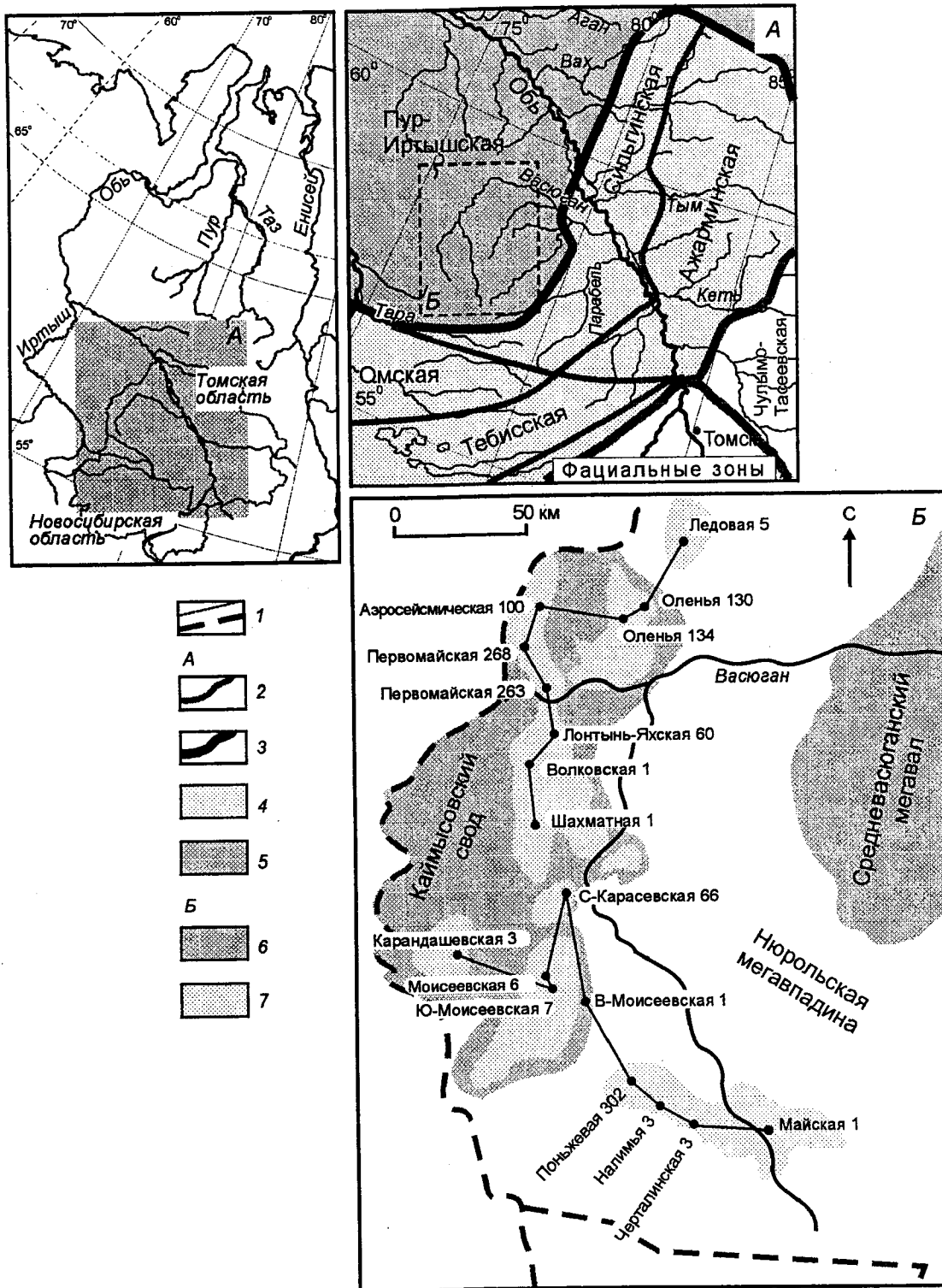


Рис. 1. Район исследований и местоположение изученных разрезов юры и корреляционных профилей: А — на схеме фациального районирования верхней юры Западной Сибири (фрагмент для юго-востока), Б — на тектонической схеме мезозойского платформенного чехла (фрагмент для района исследований).

1 — административные границы Новосибирской и Томской областей; 2 — границы фациальных зон; 3 — границы фациальных областей; 4 — область седиментогенеза переходного типа; 5 — область седиментогенеза морского типа; 6 — положительные структуры первого порядка; 7 — положительные структуры второго порядка.

в единое тело, а иногда частично выпадают из разреза. Сложность конструкции этого горизонта и сильная его изменчивость по латерали зачастую приводят к разной индексации одних и тех же пластов и, соответственно, к разным схемам корреляции основных разрезов этой толщи. По-разному интерпретируется генезис песчаных тел и палеогеографическая ситуация в поздней юре на юго-востоке Западной Сибири [4—11].

Район наших исследований, охватывающий западные части Томской и северо-западные Новосибирской областей, относится к Нюрольской впадине и ограничивающему ее на западе Каймысовскому своду (рис. 1) [12]. На юго-востоке Западной Сибири, начиная с 50-х годов, постоянно проводилось интенсивное бурение, исследование стратиграфии и структуры мезозойских толщ в связи с нефтегазоносностью некоторых интервалов, включая нижнюю и среднюю преимущественно континентальную юру, морскую верхнюю юру и неоком. Как перспективнейший нефтеносный комплекс этого региона рассматривается обычно толща келловея и оксфорда (васюганский горизонт) [2, 7, 12, 13].

Современная тектоническая структура юго-восточной части Западного Сибирского бассейна представлена рядом положительных структур (своды и валы), которые отделены друг от друга зонами депрессий или прогибов (впадин) (см. рис. 1) [12]. Она рассматривается как прямой результат вертикальных движений блоков фундамента, которые имели место главным образом в течение ранней и средней юры [9]. Нюрольская впадина развивалась на южной оконечности Колтогорского грабена. Большинство нефтяных залежей в юрской толще юго-востока Западной Сибири сконцентрированы в верхней юре Нюрольской впадины и окружающих ее положительных структур, включая Каймысовский свод, Александровский вал, Нижневартовский свод, Межовский, Средневазюганский и Пудинский своды (см. рис. 1). Самые крупные месторождения нефти приурочены к структурным ловушкам Нижневартовского и Каймысовского мегавалов, ограничивающих Нюрольскую впадину с севера и запада соответственно [12—15].

Обстановки осадконакопления на юго-восточных окраинах Западной Сибири в поздней юре были сильно дифференцированы по площади: от разнообразных мелководно-морских до континентальных в зонах прибрежных равнин. Гипсометрическая ситуация изученных территорий в это время была весьма специфична. Они представляли собой пологий (низкоградиентный) склон, который периодически затоплялся и осушался из-за частых колебаний относительного уровня моря. Это привело к формированию осадочных толщ с частым чередованием слоев мелководно-морского и переходного генезисов, зафиксировавших последовательность трансгрессивно-регрессивных (Т-Р) событий. В большинстве разрезов хорошо опознаются следы региональных и локальных перерывов осадконакопления (размыты).

Продуктивные песчаные пласты верхнеюрской толщи этих территорий (горизонт Ю₁) обычно имеют небольшие мощности от 3 до 20 м. В результате нередко их сложно дифференцировать обычными сейсмостратиграфическими методами, ранее уже использованными в этом регионе [16]. Высокора разрешающий сиквенс-стратиграфический анализ [17—19], основанный на данных кротажа и литологических особенностях пород по керну скважин, может оказать существенную помощь при корреляциях, расшифровке истории осадконакопления в регионе и реконструкциях колебаний относительного уровня моря.

С позиций сиквенс-стратиграфического анализа нами проанализированы материалы каротажа приблизительно по 150 скважинам и литологические характеристики пород керна из 60 скважин преимущественно из районов Каймысовского свода и прилегающих территорий Нюрольской впадины. При этом использованы оригинальные данные (стратиграфического, палеонтологического, литологического характера), полученные при описании и исследовании керна и каротажа, и ревисированные данные из многочисленных публикаций, посвященных верхней юре изучаемого района [3, 8, 11, 20—23].

В свете современных представлений о диапазонах региональных стратиграфических подразделений (горизонтов, слоев с макро- и микрофауной) и о конструкции стратиграфической схемы верхней юры юго-востока Западной Сибири [24, 25] оценены стратиграфические диапазоны новых и известных по публикациям [3, 20—23, 26] находок комплексов макро- и микрофауны. Определена их стратиграфическая приуроченность к конкретным песчаным пластам горизонта Ю₁ и глинистым прослоям между ними. В разрезах васюганской свиты идентифицированы четыре осадочных сиквенса, в которых четко выделяются трансгрессивные, низкого стояния и высокого стояния системные тракты. Сиквенсы прослежены по двум профилям в северных (профиль Шахматная 1—Ледовая 5) и южных (профиль Карандашевская 3—Майская 1) районах Каймысовского свода и смежных территорий (см. рис. 1).

РЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИФИКА ПАЛЕОГЕОГРАФИИ И УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

В течение ранней и средней юры до начала бата юго-восточные окраины Западно-Сибирского седиментационного бассейна представляли собой преимущественно континентальную равнину со

слабо расчлененным рельефом, на которой формировалась толща аллювиальных, озерных и озерно-болотных осадков [5, 6]. Депоцентры нижнеюрских отложений приурочены преимущественно к системе локальных впадин и врезанных долин (суббассейнов), в то время как распространение средне- и верхнеюрской толщи имеет площадной характер. В течение ранней и средней юры море эпизодически проникало на равнину во время кратковременных трансгрессий, однако стабилизация морского бассейна на описываемой территории связана с обширной региональной морской трансгрессией в самом конце бата. Впоследствии в течение поздней юры морской режим преобладал, за исключением кратковременного эпизода, когда в конце раннего и начале среднего оксфорда значительная часть описываемой территории была осушена [4, 6, 7, 9].

Положение района исследований в поздней юре на значительном расстоянии от основных источников сноса обусловило небольшие скорости осадконакопления. В то же время низкие скорости прогибания в зонах накопления осадков ограничивали аккомодационный потенциал. Все это привело к формированию преимущественно маломощных осадочных толщ. Общая мощность васюганской свиты на изученной территории варьирует преимущественно в пределах от 30 до 90 м. Судя по данным палеотектонического анализа, крупные положительные структуры типа Каймысовского и Межовского сводов (и другие), выраженные в современном структурном плане, в васюганское время, как и в течение всей юры, представляли собой положительные формы рельефа [4, 9, 10]. Наиболее приподнятые части их выступали островами в морском бассейне васюганского времени. Постоянная смена трансгрессий и регрессий периодически приводила к частому осушению или затоплению больших территорий на склонах этих структур. В результате береговая линия морского палеобассейна на этих территориях имела очень сложную конфигурацию, постоянно изменявшуюся в течение васюганского времени [10]. Соответственно верхнеюрские толщи, сформировавшиеся в таких условиях, весьма гетерогенны с очень неоднородными латеральной и вертикальной структурами. Часто в них фиксируются следы локальных, а иногда и субрегиональных размывов.

ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ

В объеме васюганского горизонта на большей части изученной территории выделяется васюганская свита [27], которая на юго-востоке Нюрольской впадины переходит в наунакскую (рис. 2) [24]. Васюганская свита подразделяется обычно на две весьма разного строения подсвиты: нижняя — существенно глинистая (верхи верхнего бата—низы нижнего оксфорда в современной интерпретации стратиграфических схем) и верхняя — существенно песчаная (до нижней части верхнего оксфорда) [4, 7, 28]. В основании нижневасюганской подсвиты на тюменской свите залегает базальный песчаный трансгрессивно-морской пласт, индексируемый в последнее время как Ю₂⁰ [24]. Он, в свою очередь, перекрывается пачкой глинисто-алевритового состава, которая является хорошим репером при сопоставлении каротажных диаграмм.

По последним данным, к нижневасюганской подсвите относят и нижний песчаный пласт (Ю₁⁴) нефтеносного горизонта Ю₁. Верхневасюганская подсвита представлена песчаными нефтеносными пластами (основная часть горизонта Ю₁), которые либо сливаются в единый горизонт, либо разделены глинистыми прослоями и индексируются в этом случае от Ю₁¹ до Ю₁³ (сверху вниз) [3, 23, 24]. Причем граница нижней и верхней подсвит традиционно проводится под пластом Ю₁³. Перекрывающий верхневасюганскую подсвиту пласт Ю₁⁰ уже является базальным пластом вышележащего георгиевского горизонта. Собственно нефтеносный песчаный горизонт Ю₁ на территории юго-востока Западной Сибири, как правило, отчетливо распадается на две части — надугольная и подугольная толщи. Эти толщи разделены глинами с прослоем угля (на западе), который в восточном направлении переходит в существенно глинистую угленасыщенную пачку — межугольная толща континентального генезиса. Отметим, что граница нижне- и верхневасюганской подсвит не совпадает с нижней границей подугольной толщи. Подугольная толща включает в себя пласты Ю₁³ (верхневасюганской подсвиты) и Ю₁⁴ (нижневасюганской), в то время как надугольная толща состоит из песчаных пластов Ю₁¹ и Ю₁² [4, 7]. Ранее к надугольной толще иногда причисляли и базальный пласт георгиевского горизонта Ю₁⁰ [1, 10].

Стратиграфические диапазоны песчаных пластов горизонта Ю₁ достаточно точно зафиксированы многочисленными находками в них макро- и микрофауны [3]. Пласт Ю₁⁴ — средневерхнекелловейский, Ю₁³ — нижнеоксфордский, Ю₁² — среднеоксфордский, Ю₁¹ — верхнеоксфордский. Пласт Ю₂⁰, начинающий васюганскую свиту, распространен в верхах верхнего бата—нижнем

келловее, а перекрывающий васюганскую свиту базальный пласт георгиевского горизонта Ю⁰ — в верхах верхнего оксфорда—низах кимериджа.

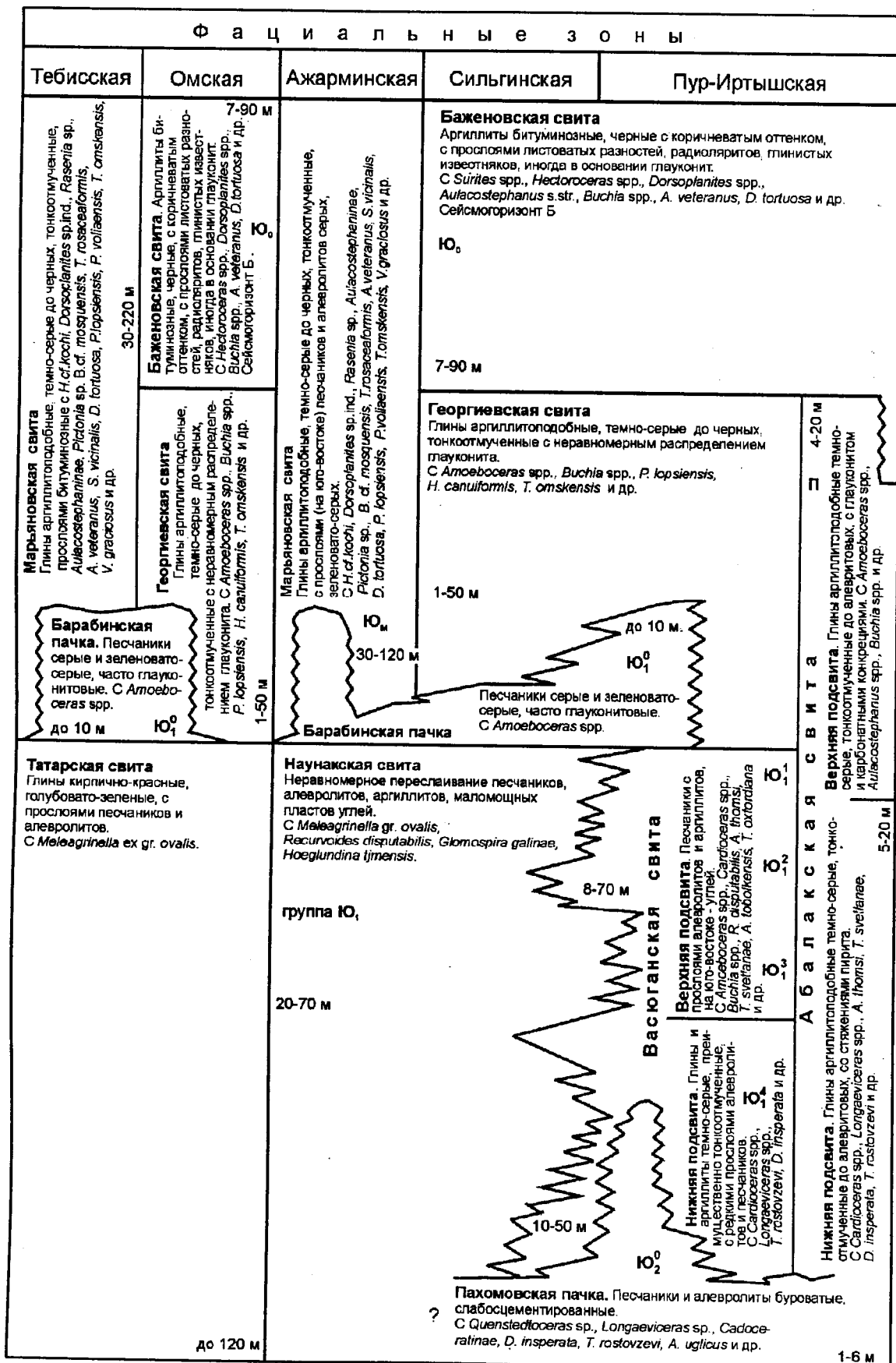
Не противоречит этому и привязка находок макро- и микрофауны в скважинах на изученных профилях. Так, в пласте Ю² найден келловейский комплекс фораминифер слоев с *Dorothia insperata* и *Trochammina rostovzevi* (см. рис. 2) (скв. Ледовая 5). Аналогичный комплекс фораминифер обнаружен и в пласте Ю⁴ (скв. Первомайская 268). В пласте Ю³ встречены нижнеоксфордские комплексы фораминифер из слоев с *Dorothia insperata* и *Eomarsonella paraconica* (скв. Шахматная 1) и из слоев с *Ammobaculites tobolskensis* и *Trochammina oxfordiana* (скв. Первомайская 268). В последней скважине комплекс форминифер слоев с *Ammobaculites tobolskensis* и *Trochammina oxfordiana* обнаружен и под пластом Ю³, где совместно с ним найдены аммониты *Cardioceratinae*. Отметим, что если судить по разрезу скв. Шахматная 1, то здесь в сокращенной по мощности верхней части васюганской свиты над пластом Ю³ в вышележащих глинах встречены уже верхнеоксфордские комплексы фораминифер. Пласт Ю² хорошо датирован в скв. Первомайская 268, где в нем встречены фораминиферы из слоев с *Ammodiscus thomsi* и *Tolypamina svetlanae* среднего оксфорда, вместе с которыми найдены и среднеоксфордские представители аммонитов из рода *Cardioceras* [3] (рис. 4). В основании пласта Ю¹ найдены двустворки, характерные для комплексов слоев с *Thracia scythica* и с *Praebuchia orientalis* (см. рис. 2) (скв. Поньжевая 302) (рис. 3), а типичный для низов верхнего оксфорда комплекс фораминифер из слоев с *Recurvoides disputabilis* обнаружен в этом пласте в скв. Первомайская 263, 268, Оленья 130. Комплексы фораминифер перекрывающего васюганский георгиевского горизонта из слоев с *Pseudolamarckina lopsiensis* (см. рис. 2) в сопровождении характерных для нижнего кимериджа представителей аммонитов *Amoeboceras* (*Amoebites*) найдены над пластом Ю¹ в скв. Первомайская 268 (см. рис. 4).

Нижневасюганская подсвита в большинстве изученных разрезов имеет трехчленное строение [4]. Базальный слой васюганской свиты обычно представлен песчаным пластом (Ю²) позднебатской-раннекелловейской трансгрессии моря. Характер каротажной записи обычно не позволяет отличить базальный пласт васюганской свиты от подстилающих его пород малышевского горизонта, тогда как визуалью в керне эти песчаники хорошо различимы. Мощность базального пласта, получившего в последних официально принятых схемах название „пахомовская пачка“ [24], варьирует на изученной территории от 0,5 до 5 м, а стратиграфический объем — от верхов бата до низов келловее (см. рис. 2). Пахомовская пачка сложена плохо сортированными песчаниками и алевролитами, обогащенными оолитами сидерита, с глауконитом, пиритом и раковинами макро- и микрофауны [24, 28]. Эта пачка часто залегает со стратиграфическим несогласием на эрозионной поверхности существенно континентальной тюменской свиты (см. рис. 2—4).

Основная, перекрывающая пахомовскую пачку, часть нижневасюганской подсвиты сложена преимущественно тонкозернистыми осадками и в разрезах верхней юры Нюрольской впадины ее толщина достигает 55 м. Хорошо опознаваемая по каротажу, она часто используется в качестве реперного стратиграфического уровня. Традиционно к нижневасюганской подсвите относят и песчаный пласт Ю⁴, который иногда локально хорошо выражен в верхней части глинистой толщи. В низах нижневасюганской подсвиты иногда наблюдаются еще и локально распространенные песчаные пласты, индексируемые как Ю⁵.⁶ Стратиграфический диапазон этих пластов приблизительно совпадает с таковым для пласта Ю² (см. рис. 2). Видимо, присутствие или отсутствие глинистых, расклинивающих нижний песчаный пласт, прослоев нередко приводит к путанице в индексации пластов. Мощность и литологическая характеристика нижней и верхней песчаных пачек нижневасюганской подсвиты очень изменчивы по латерали, тогда как средняя собственно алевроглинистая пачка весьма однородна и малоизменчива.

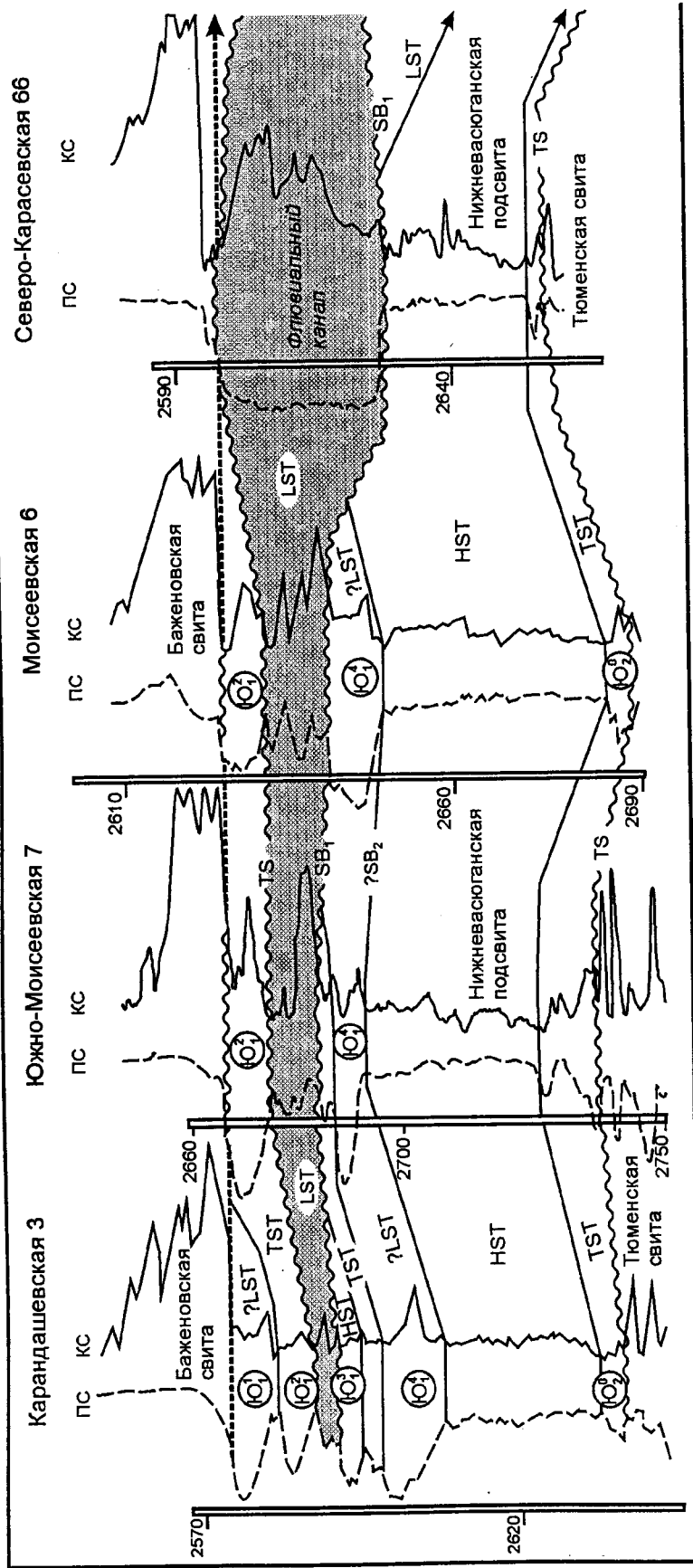
В свете современных представлений о расчленении бата и келловее Сибири стратиграфический объем нижневасюганской подсвиты по находкам аммонитов, двустворок, фораминифер, специфических палинокомплексов и комплексов диноцист определен как верхи верхнего бата—низы нижнего оксфорда (см. рис. 2) [25, 28, 29]. Оценка палеогеографической ситуации, лито- и биофациальный анализ, согласно общим представлениям о развитии сибирских морских бассейнов этого времени [6], свидетельствуют о том, что нижневасюганская толща осадков формировалась в изученном районе в период повышения относительного уровня моря и последующего высокого стояния, завершеного к концу ранневасюганского времени новым падением относительного уровня моря.

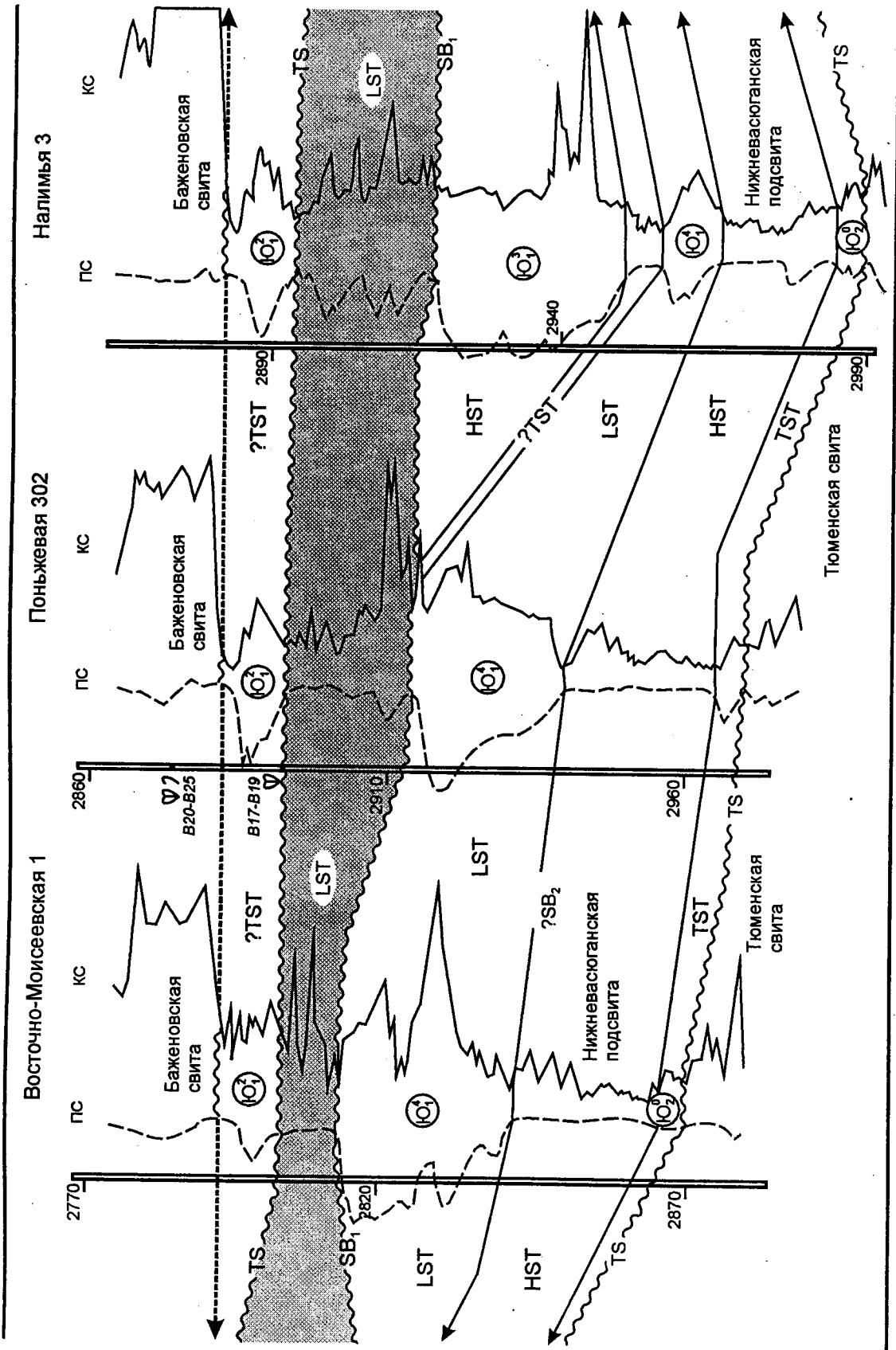
Если судить по количественной эвстатической кривой юры Русской платформы [30], падения эвстатического уровня моря были в начале среднего и конце среднего—начале позднего келловее (рис. 5). Однако на юго-востоке Западной Сибири фиксируются свидетельства только одного падения



Темной заливкой отмечены существенно глинистые горизонты, В18, F14 — индексы биостратонов параллельных зональных шкал, Ю₁ — индексы песчаных пластов.

Начало рис. 3.





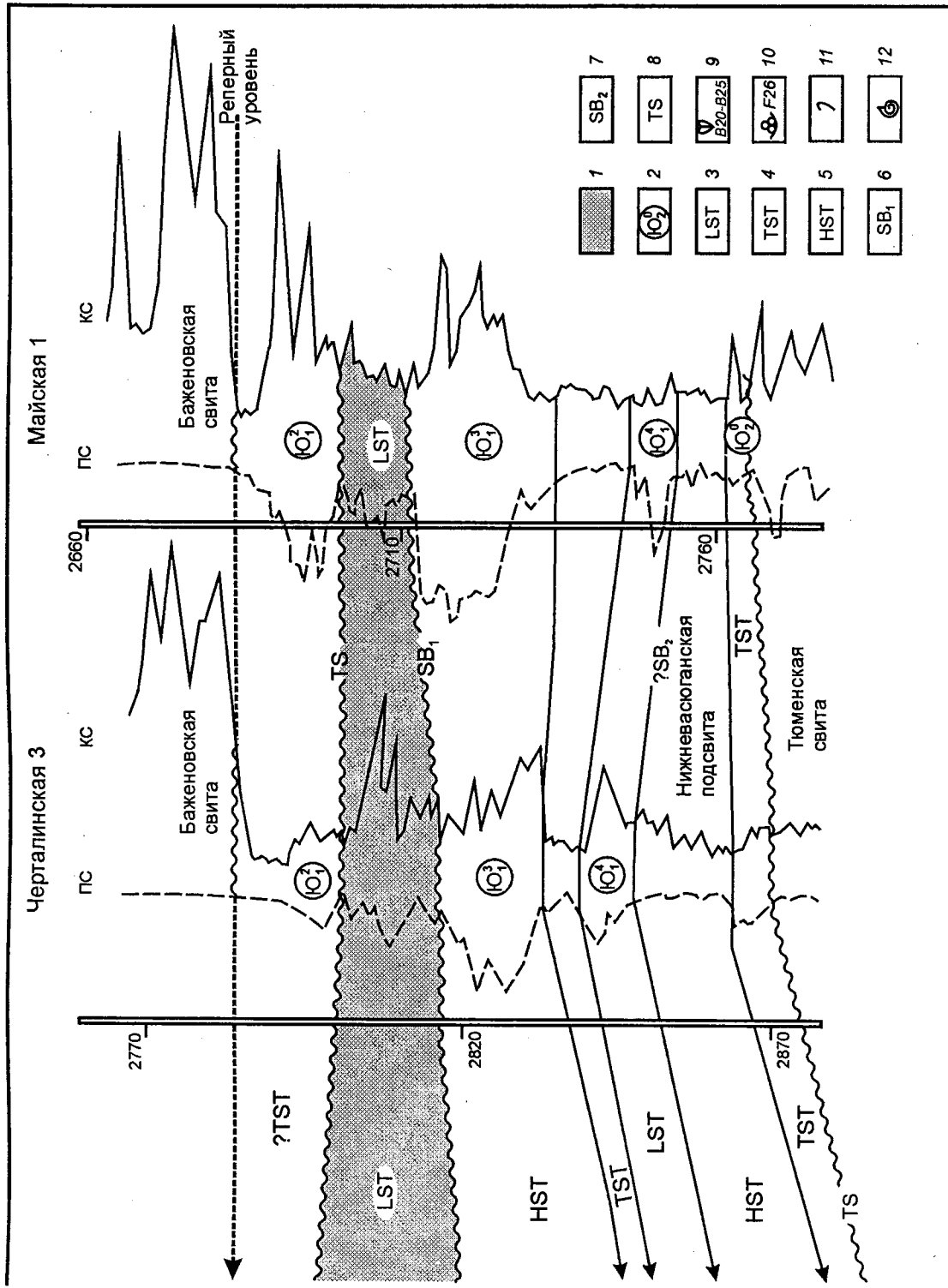


Рис. 3. Сиквенс-стратиграфическая интерпретация и корреляция разрезов келлоевя и верхней юры по профилю скв. Карандаше-
ская 3—скв. Майская 1 (см. рис. 1).

1 — аналог межугольной толщи; 2 — песчаные пласты; 3—5 — системные тракты; 3 — низкого стояния, 4 — трансгрессивный, 5 — высокого стояния, 6—7 — граница сиквенсов: 6 — первого типа, 7 — второго типа; 8 — трансгрессивная поверхность; 9—10 — находки: 9 — двустворок (индексы B20 — см. рис. 2), 10 — фораминифер (индексы J26 — см. рис. 2), 11 — *Onychites*, 12 — аммонитов (см. в тексте).

относительного уровня моря, приходящегося на весь средний келловей. Хотя косвенные свидетельства трансгрессии в середине среднего келловей в разрезах Сибири есть (появление представителей *Kosmocerasatinae*, некоторых типичных для бентоса южных морей двустворок и фораминифер) [29, 31, 32]. Возможно, что влияние указанных выше эвстатических событий (понижение—повышение и новое понижение уровня моря в среднем келловее) в изученном районе было затушено поступлением преимущественно грубозернистого материала с близко расположенных местных источников сноса в течение всего описанного промежутка времени.

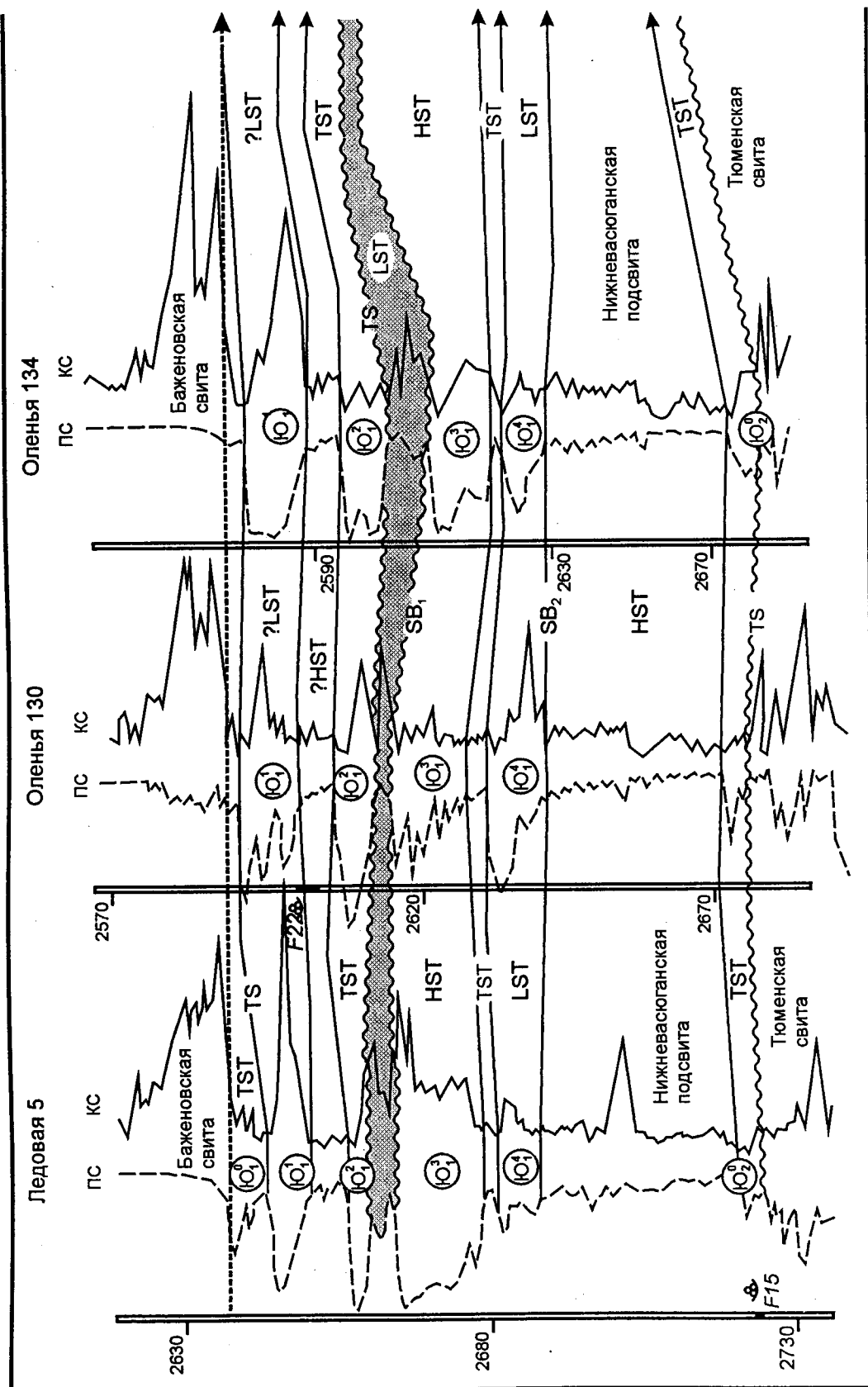
Верхневасюганская подсвета, как указывалось выше, имеет трехчленное строение (см. рис. 2—4). Подугольная толща (пласты Ю⁴ и Ю³), внутри которой проводится граница нижней и верхней подсветы, в целом формировалась на регрессивном этапе развития бассейна седиментации в течение среднего—позднего келловей и начала оксфорда. Толщина подугольной толщи изменяется от 4—5 м в центральных наиболее поднятых частях положительных структур до 15—20 м в депрессионных зонах и на окраинах структур первого порядка [4, 7, 16] (см. рис. 1—4). В последнем случае разрезы обычно имеют максимальную стратиграфическую полноту и хорошо дифференцированные пласты Ю⁴ и Ю³, разделенные пакетом песчаных алевролитов и аргиллитов. Оба пласта сложены мелко-среднезернистыми (с нарастающей вверх по разрезу грубозернистостью) песчаниками, сформированными в зонах верхней сублиторали. Песчаники верхнего пласта (Ю³) обычно имеют лучшую сортировку, чем таковые пласта Ю⁴, но хуже прослеживаются по латерали. Так, если пласт Ю⁴ представлен практически во всех изученных разрезах Каймысовского свода, то пласта Ю³ в разрезах наиболее приподнятых зон нет из-за постседиментационных размывов [16].

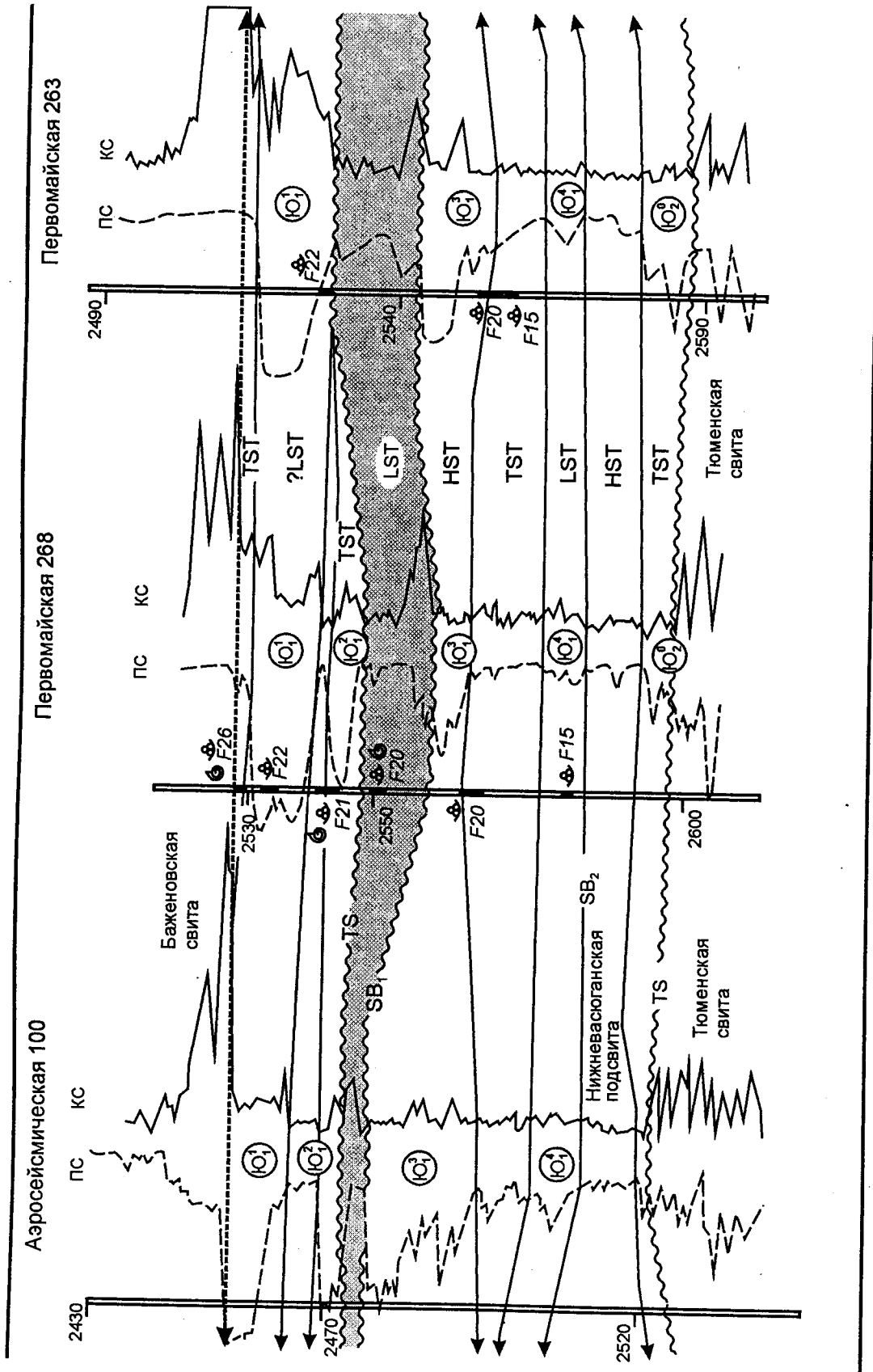
Вышележащая углисто-глинистая пачка (межугольная толща континентального генезиса и ее аналоги) формировалась в период максимальной регрессии. Толща сложена тонким переслаиванием преимущественно аргиллитов и алевролитов с подчиненными прослойками мелкозернистых песчаников. Межугольная толща в Нюрольской впадине в общем виде уменьшается с востока на запад от 30 м до перехода в угольный пласт и полного замещения [4, 7]. Специфическая особенность межугольной толщи — это присутствие многочисленных линз и тонких прослоев угля или углстых аргиллитов, насыщенность всех пород большим количеством рассеянного углефицированного мелкого растительного детрита. В некоторых разрезах на этом стратиграфическом уровне развиты относительно мощные пласты крупно-среднезернистых (или средне-мелкозернистых) с градиционной слоистостью песчаников, часто содержащих много гравия и иногда гальку (скв. Северо-Карасевская 66 и др.). Наиболее грубозернистые прослои приурочены к низам интервала. Описанные выше песчаники на изученной территории залегают на разных горизонтах нижневасюганской подсветы, на пластах Ю⁴, Ю³, с резкой границей обычно размывного характера и по латерали замещаются переслаиванием разнозернистых песчаников, аргиллитов и прослоев углей континентального генезиса [16]. Очевидно, что эти песчаные тела формировались как аллювиальные осадки русел речной системы, тогда как другие части межугольной толщи — это озерные и озерно-болотные осадки межрусловых зон.

Формирование надугольной толщи, включающей песчаные пласты Ю² и Ю¹, было связано с началом новой трансгрессии, возобновившей морское осадконакопление на всей изученной территории. Нижний песчаный пласт (Ю²) несет черты типичного базального трансгрессивного пласта: плохая сортировка терригенного материала, присутствие гравия, глауконита, остатков морской макро- и микрофауны. В наиболее полных разрезах пласты Ю² и Ю¹ хорошо обособлены разделяющей их глинистой пачкой или поверхностью размыва. Однако во многих разрезах Нюрольской впадины надугольная толща представлена в неполном объеме. Из разреза выпадают пласт Ю² или Ю¹ за счет размыва в начале или конце позднего оксфорда, или иногда оба пласта (см. рис. 3, 4). Сформировавшиеся в морских условиях осадки пластов Ю² и Ю¹ представлены преимущественно песчаными образованиями мелководных зон сублиторали и пляжей [10]. Прибрежные песчаники зон пляжей обычно являются лучшими коллекторами для нефтенакопления.

СИКВЕНС-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Сиквенс-стратиграфический метод интерпретации осадочных толщ в последнее время широко применяется при стратиграфических исследованиях в нефтегазоносных областях [18]. В представленной работе мы пользовались общеизвестными, к настоящему моменту, приемами и терминологией таких исследований [17, 19].





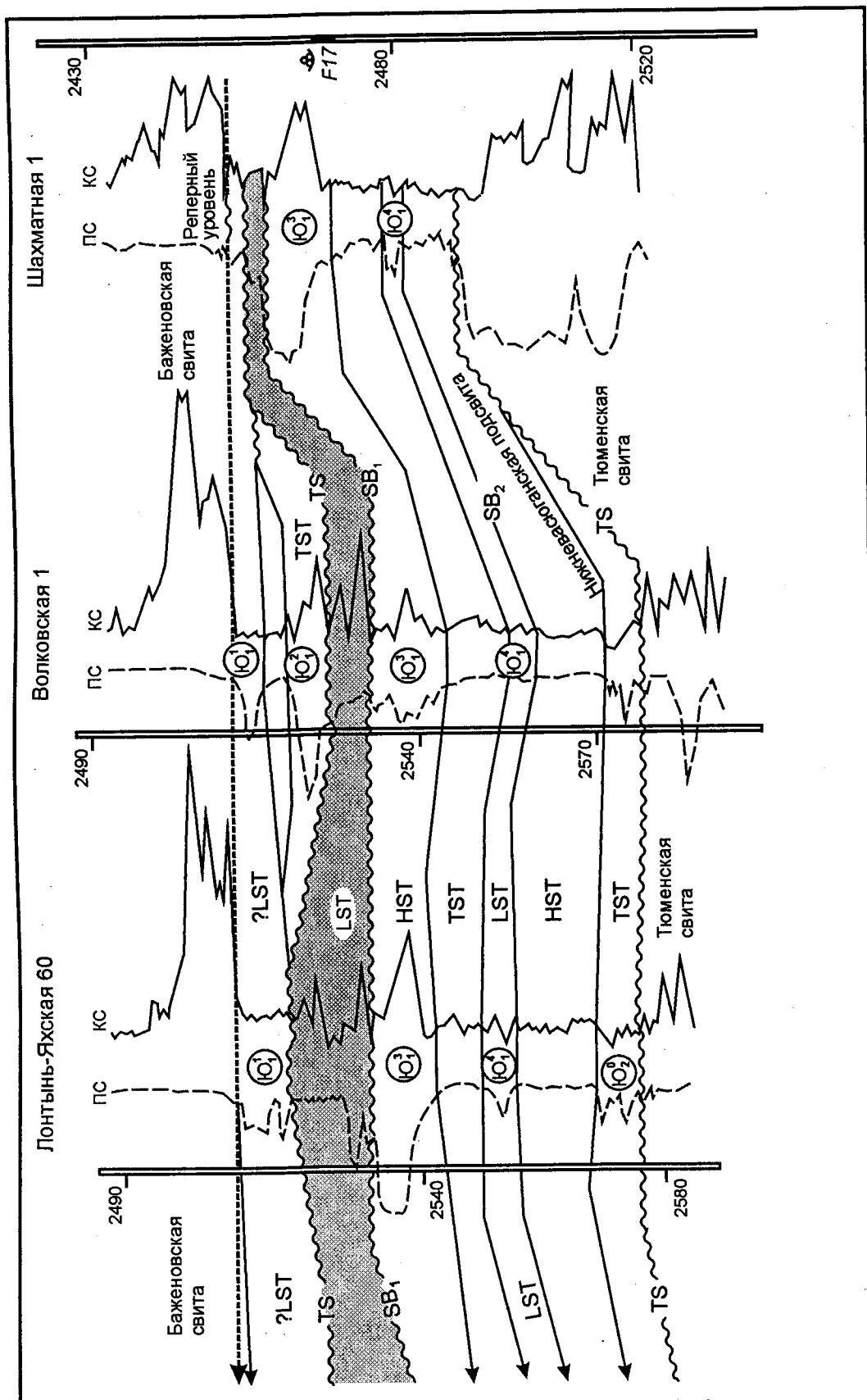


Рис. 4. Сиквенс-стратиграфическая интерпретация и корреляция разрезов келлоев и верхней юры по профилю скв. Ледовая 5— скв. Шахматная 1 (см. рис. 1).

Усл. обозн. см. на рис. 3.

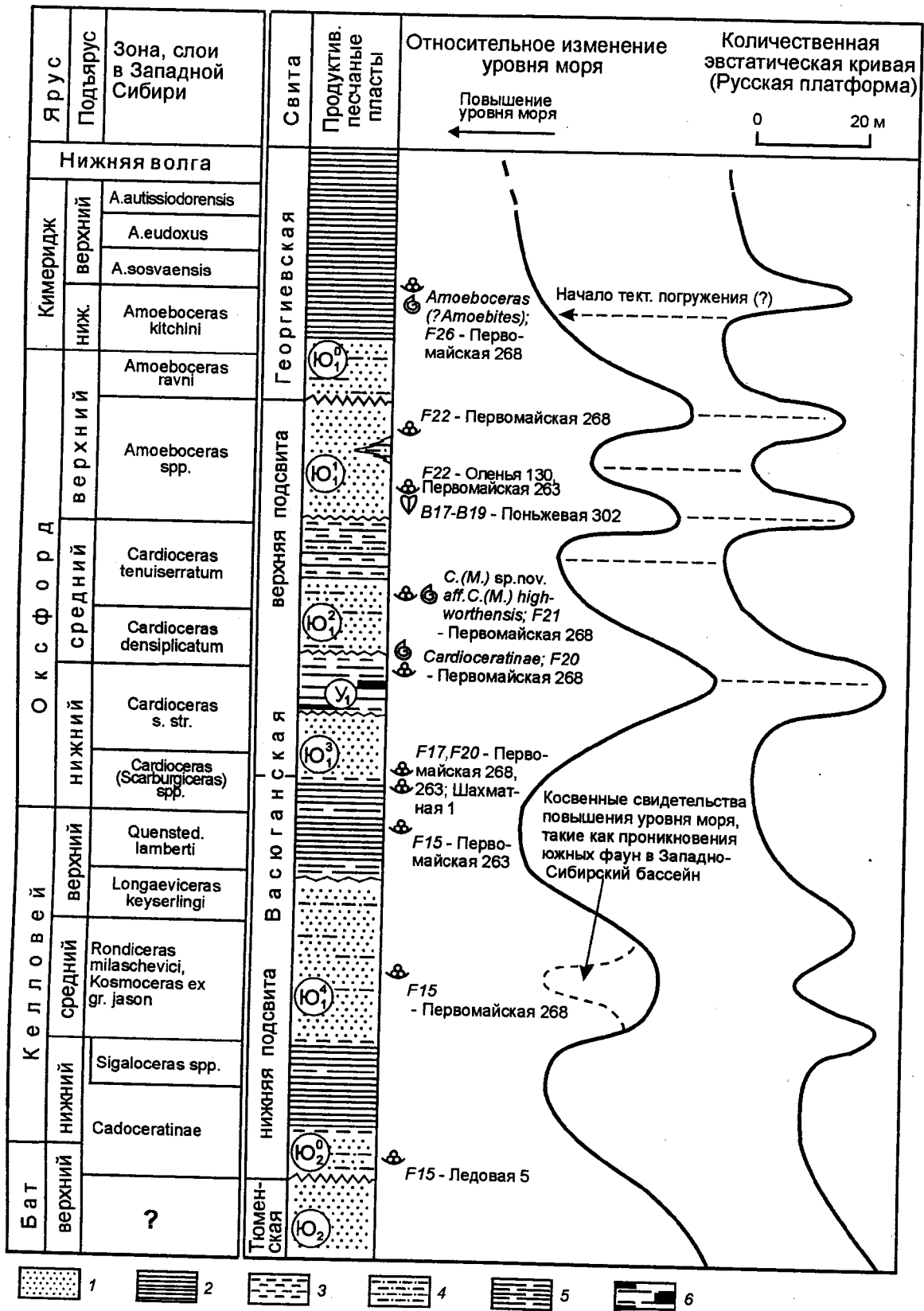


Рис. 5. Строение верхов средней и верхней юры юго-востока Западной Сибири и кривая относительных изменений уровня моря в келловее и поздней юре Западной Сибири в сравнении с количественной эвстатической кривой поздней юры Русской платформы.

1 — песчаники, 2 — глины, аргиллиты, 3 — алевролиты, 4 — песчаные алевролиты, алевритистые песчаники, 5 — алевритистые глины и глинистые алевролиты, 6 — углисто-глинистые толщи. Обозначения находок макро- и микрофауны см. на рис. 2, 3.

Сиквенс-стратиграфический анализ васюганской свиты на изученной территории показал, что она состоит из ряда сиквенсов третьего порядка (см. рис. 3—5). Маломощность описываемых литостратонов пока не дает возможности для обособления группы парасиквенсов, что иногда сильно затрудняет опознавание индивидуальных системных трактов. Однако границы сиквенсов и трансгрессивные поверхности хорошо фиксируются в большинстве случаев в разрезах и прослеживаются по латерали (см. рис. 3, 4).

Базальный пласт нижневасюганской подсвиты ($Ю_2^0$) — это типичный трансгрессивный системный тракт (TST) на поверхности резкого стратиграфического несогласия — размыва в кровле преимущественно континентальной тюменской свиты. Залегающая выше существенно глинистая пачка нижневасюганской подсвиты, осадки которой формировались в относительно глубоководной обстановке, представляет собой системный тракт высокого стояния (HST). Эти два системных тракта хорошо прослеживаются во всех скважинах на изученных профилях: Карандашевская 3—Майская 1 (см. рис. 1, 3) и Ледовая 5—Шахматная 1 (см. рис. 1, 4).

Накопление песчаников нижнего в подугольной толще пласта $Ю_4^1$ — это результат регрессии моря в течение среднего—начале позднего келловоя. Более точно стратиграфический диапазон этого пласта установить пока не удастся из-за редкости находок аммонитов. Эта часть васюганской толщи интерпретируется как системный тракт низкого стояния (LST) (см. рис. 3, 4). Недостаточно ярко выраженная эрозионная поверхность в основании пласта $Ю_4^1$ предполагает только небольшое падение относительного уровня моря и контакт сиквенсов с образованием границы второго типа [19].

Разделяющая пласты $Ю_4^1$ и $Ю_3^3$ пачка относительно однородных песчано-алевритовых аргиллитов хорошо прослеживается по латерали и представляет трансгрессивный системный тракт (TST) (см. рис. 3, 4). Формирование пласта $Ю_3^3$ происходило в период регрессии второй половины раннего оксфорда. Стратиграфический диапазон пласта относительно достоверно установлен по находкам аммонитов и комплексов микрофауны (см. рис. 3—5). Мы интерпретируем эту пачку как конечный системный тракт высокого стояния (HST), перекрывающий поверхность максимального распространения моря (максимального затопления — mfs) в изученном регионе. В южной части Каймысовского свода в разрезах скв. Карандашевская 3, Южно-Моисеевская 7, Восточно-Моисеевская 1 и др. (см. рис. 3, 4) описанные выше (TST и HST) системные тракты отсутствуют из-за последующего размыва.

В разрезах изученной территории пласт $Ю_3^3$ ограничен поверхностью эрозии в основании межугольной толщи и ее аналогов. Эта поверхность — классическая граница первого типа между сиквенсами (SB_1). Межугольная толща интерпретируется как континентальная часть системного тракта низкого стояния. Она имеет очень пестрый литологический состав и генетически неоднородна. Это фации прибрежных равнин: русловые, межрусловые, озерные, озеро-болотные.

В период максимума регионального падения уровня моря, приходящегося на начало формирования межугольной толщи, море покинуло территорию Нюрольской впадины и смежных районов, что сопровождалось интенсивной эрозией верхней части подугольной толщи. Широко распространились на изученной территории комплексы заполнения врезанных долин, связанные с руслами рек (incised valley fill) [17, 33]. Дельтовые и морские эквиваленты этого системного тракта, формировавшиеся одновременно за пределами изученной территории, были представлены образованиями форсированной регрессии [34]. Ранее нередко толщину заполнения каналов, такие как, например, в скв. Северо-Карасевская 66 (см. рис. 3), относили к песчаному пласту $Ю_1^1$. Сиквенс-стратиграфическая интерпретация показывает, что комплексы заполнения каналов сформировались раньше, чем составляющие надугольной толщи и позже, чем таковые подугольной. Это латеральные аналоги континентальных межугольных отложений.

Интерпретация сиквенс-стратиграфической природы надугольной толщи достаточно сложна в связи с частой интенсивной постседиментационной эрозией отдельных ее слоев и соответственно стратиграфической неполнотой многих разрезов. Нижний пласт этой толщи ($Ю_2^2$) рассматривается нами как трансгрессивный системный тракт (TST). Известная из некоторых стратиграфически полных разрезов (скв. Ледовая 5, Оленья 130, 134; Аэросейсмическая 100), разделяющая пласты $Ю_2^2$ и $Ю_1^1$ пачка аргиллитов и алевритов представляет собой отложения высокого стояния уровня моря (HST) или может быть трансгрессивные осадки (TST). Верхний песчаный пласт надугольной толщи ($Ю_1^1$) частично представлен осадками низкого стояния (LST) относительного уровня моря. Падение относительного уровня моря после формирования пласта $Ю_2^2$ и венчающей его глинисто-алевритовой пачки завершилось эпизодом эрозии, что привело в некоторых районах к полному размыву этого пласта, как, например, в разрезах скв. Первомайская 263, Лонтынь-Яхская 60 и др. (см. рис. 3, 4). Присутствие угольного прослоя между пластами $Ю_2^2$ и $Ю_1^1$, известного из разрезов

на Игольско-Таловском поднятии на западе Нюрольской впадины [23], можно также рассматривать как свидетельство падения уровня моря и возобновление континентальных условий осадконакопления в соответствующем районе, но без эрозии сформировавшейся ранее толщи.

Осадки пласта Ю₁ формировались в два этапа во время следующего падения относительного уровня моря, одним из свидетельств чего является нарастание грубозернистости мелководно-морских осадков пласта вверх по разрезу. Эти отложения рассматриваются как образования завершения этапа высокого стояния (HST) относительного уровня моря и стадии низкого стояния (LST). На фоне в целом регрессивной фазы осадконакопления начала позднего оксфорда падение, кратковременное повышение и продолжающееся падение уровня моря за относительно короткий период обусловили нестабильность гидродинамического режима, осадконакопление и сложную конструкцию пласта Ю₁, в котором (не везде) есть прослой алевритов, глинистых алевритов (Первомайская 268 и др.). Продолжающееся падение уровня моря приводило к размыву пласта Ю₁ на некоторых приподнятых участках, а иногда и нижележащих пластов и выпадению из разреза всей надугольной толщи (скв. Шахматная 1, Северо-Карасевская 66, Поньжевая 302, Налимья 3, Южно-Моисеевская 7, Восточно-Моисеевская 1 и др.) (см. рис. 3, 4). В некоторых районах в это время формировались торфяники (будущие угольные пласты) [23].

Залегающая на васюганской георгиевская свита в большинстве изученных разрезов имеет малые толщины. Судя по находкам макрофауны и специфических комплексов фораминифер (например, скв. Первомайская 268 и др.) (см. рис. 4), в наиболее полных разрезах нижняя граница георгиевского горизонта проходит в верхах верхнего оксфорда (совмещается с подошвой слоев с *Amoeboceras gavni*) (см. рис. 2, 5). Во многих случаях на нижней границе георгиевского горизонта отчетливо фиксируются следы размыва подстилающих толщ васюганского горизонта. Базальный для георгиевского горизонта трансгрессивный пласт (Ю₀) сложен плохосортированными глауконитовыми песчаниками с многочисленными фосфатными стяжениями, рострами белемнитов, обломками раковин двустворок. Выше лежащие слои георгиевской свиты сложены преимущественно тонкозернистыми породами (алевролиты, аргиллиты) и также обогащенными глауконитом, остатками макро- и микрофауны [3]. Судя по площади распространения аналогов георгиевского горизонта в смежных регионах Сибири [6, 35], амплитуда георгиевской трансгрессии была больше, чем предшествующих позднеоксфордских.

Перекрывающие георгиевскую свиту битуминозные аргиллиты баженовской свиты формировались в период весьма специфической стадии развития Западно-Сибирского осадочного бассейна, когда существенное региональное погружение, совпадающее по времени с общим эвстатическим подъемом уровня морских бассейнов [2, 6, 36, 37], привело к затоплению всей изученной территории и общему расширению морского бассейна на юге Западной Сибири. При относительной удаленности источников сноса флуктуации уровня моря, фиксирующиеся на количественной эвстатической кривой для этого времени, практически не оставляли следов в толще тонкозернистых глубоководных осадков изученной территории.

КРИВАЯ КЕЛЛОВЕЙ-ПОЗДНЕЮРСКИХ ТРАНСГРЕССИЙ И РЕГРЕССИЙ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ЭВСТАТИЧЕСКАЯ КРИВАЯ ПОЗДНЕЙ ЮРЫ

В качестве одного из конечных результатов фациального и сиквенс-стратиграфического анализа можно рассматривать кривую относительного изменения уровня моря для районов юго-востока Западной Сибири от позднего бата до волжского времени (см. рис. 5). Сравнение кривой последовательности средне-позднеюрских трансгрессивно-регрессивных (Т-Р) событий, интерпретируемых по разрезам Нюрольской впадины и прилегающих районов, с количественной эвстатической кривой юры Русской платформы [30] показывает хорошую корреляцию (более 90 %) в сходных временных интервалах (см. рис. 5). Практически полностью совпадают кривые для оксфорда: ЗТ-события и ЗР-события. Достаточно хорошо коррелируются события и на келловейском этапе. Соответственно, можно полагать, что если вариации уровня моря происходили параллельно в достаточно изолированных морях юга Западной Сибири и в центральных частях Русской платформы, то одним из основных факторов, синхронно контролировавших режим осадконакопления в этих бассейнах в течение бата—начала кимериджа, была эвстатика. Скорость эвстатических изменений в этот период превышала скорости тектонического погружения и блоковых движений в юго-восточной части Западной Сибири, затушевывая их следы. Несовпадение верхней (кимеридж-волжской) части количественной эвстатической кривой Русской платформы и кривой для юга Западной Сибири соответствует общеизвестной начавшейся в это время стадии общего регионального погружения Западно-Сибирско-

го седиментационного бассейна [2, 36, 37], которая привела к формированию на гигантских территориях черных битуминозных аргиллитов баженовской свиты.

ВЫВОДЫ

С использованием сиквенс-стратиграфического анализа интерпретирована стратиграфическая структура бат-кимериджской толщи юго-востока Западной Сибири (Каймысовский свод и смежные территории). Путем сравнительного анализа каротажа, особенностей литологического строения толщи, специфики фаций в васюганской свите на этой территории определена последовательность из 4 сиквенсов третьего порядка. Прослеженные вверх по разрезу скважин и по латерали сиквенсы характеризуются различной степенью стратиграфической полноты и варьирующими от 3 до 30 м мощностями. В конечном итоге на основе сиквенс-стратиграфического анализа разрезов составлена единая кривая относительного изменения уровня моря в течение конца средней и поздней юры на юге Западной Сибири (см. рис. 5).

Сопоставление последовательностей сиквенсов и системных трактов использовалось при корреляции разрезов по профилю с северо-запада на юго-восток в районе Каймысовского свода и юго-западных районов Нюрольской впадины. При этом довольно хорошо опознаются и индексируются песчаные пласты, иногда переопределяется генетическая и стратиграфическая приуроченность песчаных толщ в редуцированных последовательностях. Сиквенс-стратиграфическая интерпретация помогла должным образом идентифицировать песчаные тела зон флювиальных каналов в приподнятых частях положительных структур и определить их стратиграфическую принадлежность (ранее часто определяемые как Ю₁, а не аналоги межугольной толщи).

Сопоставление Т-Р кривой, построенной на основе анализа разрезов верхней юры юго-востока Западной Сибири, с количественной эвстатической кривой того же интервала Русской платформы показывает хорошую их корреляцию (например, 100 %-ную для оксфорда). Следовательно, в качестве главного фактора, контролирующего параллельные смены относительного уровня моря от позднего бата до начала кимериджа в столь разных бассейнах, могут рассматриваться эвстатические колебания, скорость которых была значительно выше таковой тектонического погружения. Соответственно эвстатические кривые можно использовать как независимый метод межрегиональной корреляции, результаты которой в изученном нами случае совпадают с полученными стандартными биостратиграфическими методами.

Работа выполнена при поддержке Национального научного фонда США (грант USA NSF EAR 9614752).

ЛИТЕРАТУРА

1. Решения и труды Межведомственного совещания по доработке и уточнению унифицированной и корреляционной стратиграфических схем Западно-Сибирской низменности. Ч. 1, 2. Тюмень, 1969, 143 с.; 1970, 274 с.
2. Конторович А. Э., Нестеров И. И., Салманов Ф. К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. М., Недра, 1975, 679 с.
3. Атлас моллюсков и фораминифер морских отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской нефтегазоносной области. Т. 1, 2. М., Недра, 1990, 286 с.; 359 с.
4. Белозеров В. Б., Брылина Н. А., Даненберг Е. Е. Литостратиграфия отложений васюганской свиты юго-востока Западно-Сибирской плиты // Региональная стратиграфия нефтегазоносных районов Сибири. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1988, с. 75—82.
5. Месежников М. С., Балабанова Т. Ф., Веринина Т. А. и др. Палеогеография севера СССР в юрском и меловом периодах // Вопросы палеогеографии и палеобиогеографии мезозоя севера СССР. Л., ВНИГРИ, 1971, с. 3—132.
6. Палеогеография севера СССР в юрском периоде. Новосибирск, Наука, 1983, 188 с.
7. Белозеров В. Б., Брылина Н. А., Даненберг Е. Е. Перспективы поиска ловушек неантиклинального типа в отложениях верхней юры Среднеасяганского мегавала // Геологическое строение и нефтегазоносность юго-востока Западно-Сибирской платформы. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1989, с. 107—115.
8. Ежова А. В., Цибульников М. Р. Морские фации верхнеюрских терригенных отложений Нюрольской впадины // Геологическое строение и нефтегазоносность юго-востока Западно-Сибирской платформы. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1989, с. 131—138.
9. Белозеров В. Б. Кинематическая модель формирования юрско-меловых отложений Западно-Сибирской плиты // Там же, с. 99—106.

10. Брылина Н. А., Даненберг Е. Е. Палеогеоморфологические предпосылки поисков залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа в отложениях васюганской свиты на юго-востоке Западно-Сибирской плиты // Там же, с. 115—123.
11. Чеснокова В. С. Корреляция разнофациальных отложений верхней юры Томской области (по палинологическим данным) // Там же, с. 138—144.
12. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. Вып. 2. Западно-Сибирский бассейн / А. Э. Конторович, В. С. Сурков, А. А. Трофимук и др. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1994, 201 с.
13. Худорожков Г. П., Негоденко В. С., Иванов И. А. Прогноз развития коллекторов горизонта Ю₁ васюганской свиты центральной части Каймысовского свода // Геологическое строение и нефтегазоносность юго-востока Западно-Сибирской платформы. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1989, с. 123—131.
14. Береснев Н. Ф., Близначенко С. И., Нестеров И. И., Ремеев О. А. Новые данные по нефтяным месторождениям Западно-Сибирской низменности // Геологическое строение и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности. М., Недра, 1965, с. 132—155.
15. Паровинчак М. С. Геологическое обоснование комплексной разработки газоконденсатно-нефтяных месторождений Томской области // Вопросы геологии и палеонтологии Сибири. Томск, Изд-во НТЛ, 1997, с. 23—28.
16. Славкин В. С., Шик Н. С., Гусейнов А. А., Ермолова Т. Е. Прогноз развития песчаных тел в верхнеюрских отложениях Каймысовского свода // Геология нефти и газа, 1995, № 10, с. 22—29.
17. Posamentier H. W., Vail P. R. Eustatic controls on clastic deposition II-Sequence and systems tract models. Sea-Level Changes: An Integrated Approach. Tulsa // Soc. Econ. Paleontol. Miner., 1988, № 42, p. 125—154.
18. Mitchum R. M., Sangree J. B., Vail P. R., Wornardt W. W. Recognizing sequences and systems tracts from well-logs, seismic data, and biostratigraphy: examples from the late Cenozoic // Siliciclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications. Tulsa, AAPG, Mem., 1993, v. 58, p. 163—198.
19. Emery D., Myers K. Sequence stratigraphy. Cambridge, Blackwell Science, 1996, 297 p.
20. Татьяна Г. М. Новые сведения о распространении верхнеюрских фораминифер на юго-востоке Западно-Сибирской равнины // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Сибири. Томск, ТГУ, 1979, с. 67—75.
21. Татьяна Г. М. Корреляция нефтегазоносных пластов васюганской свиты по микрофауне (Томская область) // Геология, стратиграфия и полезные ископаемые Сибири. Томск, Изд-во ТГУ, 1979, с. 133—135.
22. Татьяна Г. М. Биостратиграфия верхнеюрских отложений Владимировского свода (юго-восток Западной Сибири) // Материалы по палеонтологии и стратиграфии Западной Сибири. Томск, ТГУ, 1988, с. 83—89.
23. Татьяна Г. М., Волков Б. М. Стратиграфия и особенности распространения продуктивных пластов васюганской свиты на юго-востоке Западно-Сибирской равнины // Стратиграфия триасовых и юрских отложений нефтегазоносных бассейнов СССР. Л., ВНИГРИ, 1982, с. 75—88.
24. Решения V Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины, Тюмень, 1990 г. Тюмень, 1991, 54 с.
25. Шурыгин Б. Н., Никитенко Б. Л., Ильина В. И. Новые материалы по стратиграфической схеме нижней и средней юры Западной Сибири // Геология и проблемы поисков новых крупных месторождений нефти и газа в Сибири. Ч. I. Новосибирск, 1996, с. 64—67.
26. Брадучан Ю. В., Вячкилева Н. П., Лебедев А. И., Месежников А. С. Палеонтологические данные для стратиграфии юры и мела Западной Сибири // Выделение и корреляция основных стратонев мезозоя Западной Сибири. Тюмень, 1984, с. 111—139.
27. Шерихора В. Я. О выделении васюганской свиты в составе юрских отложений // Вест. ЗСГУ и НТГУ, вып. 2. Новосибирск, 1961, с. 60—63.
28. Шурыгин Б. Н., Никитенко Б. Л., Ильина В. И., Москвин В. И. Проблемы стратиграфии нижней и средней юры юго-востока Западной Сибири // Геология и геофизика, 1995, т. 36, № 11, с. 34—51.
29. Меледина С. В. Бореальная средняя юра России (аммониты и зональная стратиграфия байоса, бата и келловей). Новосибирск, Наука, 1994, 182 с.
30. Sahagian D. L., Pinous O., Olfieriev A., Zakharoov V. Eustatic curve for the Middle Jurassic-Cretaceous based on Russian platform and Siberian stratigraphy: Zonal resolution // AAPG Bull., 1996, v. 80, № 9, p. 1433—1458.

31. Захаров В. А., Шурыгин Б. Н. Биогеография, фации и стратиграфия средней юры Советской Арктики. Новосибирск, Наука, 1978, 225 с.
32. Лутова З. В. Стратиграфия и фораминиферы келловоя севера Средней Сибири. Новосибирск, Наука, 1981, 235 с.
33. Bowen D., Weimer P., Scott A. The relative success of siliciclastic sequence stratigraphic concepts in exploration: Examples from incised valley fill and turbidite systems reservoirs // Siliciclastic Sequence Stratigraphy: Recent Developments and Applications. Tulsa, AAPG Mem. 58, 1993, p. 15—43.
34. Posamentier H. W., Allen G. P., James D. P., Tesson M. Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples, and exploration significance // AAPG Bull., 1992, v. 76, p. 1687—1709.
35. Стратиграфия юрской системы севера СССР. М., Наука, 1976, 436 с.
36. Нежданов А. А. Маркирующие горизонты в продуктивных отложениях мезозоя Западной Сибири // Выделение и корреляция основных стратонов мезозоя Западной Сибири. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1984, вып. 188, с. 97—106.
37. Нежданов А. А. Теоретические проблемы седиментационной цикличности // Литмологические закономерности размещения резервуаров и залежей углеводородов. Новосибирск, Наука, 1990, с. 80—108.

*Рекомендована к печати 7 апреля 1998 г.
А. В. Каныгиным*

*Поступила в редакцию
3 апреля 1998 г.*