



ЛИТОЛОГО-ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ КЕЛЛОВЕЯ И ПОЗДНЕЙ ЮРЫ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Г. Г. Шемин, А. Л. Бейзель, Л. Г. Вакуленко, В. И. Москвин, Н. В. Первухина, А. А. Сюрин

Келловей и поздняя юра в Западной Сибири – это время обширной региональной морской трансгрессии. Она связана с общебореальной трансгрессией во всем северном полушарии, которая началась в самом конце позднего бата и достигла максимума на рубеже кимериджа и волжского века. Наступление моря происходило в несколько этапов, которые отразились в структуре разрезов и послужили основой выделения региональных стратиграфических горизонтов (васюганского, георгиевского и баженовского), не совпадающих с ярусным делением. На базе детальной корреляции келловей-верхнеюрских отложений и результатов их геологических, литолого-фациальных, геохимических и палеонтологических исследований составлен набор литолого-палеогеографических карт для ранневасюганского (конец позднего бата – начало раннего оксфорда), поздневасюганского (конец раннего оксфорда – начало позднего оксфорда), георгиевского (конец позднего оксфорда – начало ранневолжского века) и баженовского (конец ранневолжского века – ранний берриас) времени. Площадь исследований охватывает северные и арктические районы Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Ямало-Ненецкий АО, смежные районы Красноярского края и акваторию Карского моря). На картах выделены области размыва и области осадконакопления: континентального, переходного и морского; показаны территории некомпенсированного прогибания и бокового заполнения бассейна. Впервые для подобных разработок применительно к рассматриваемому региону выделены литологические области и приведены современные толщины отложений, что существенно повышает достоверность палеогеографических реконструкций.

Ключевые слова: палеогеографические реконструкции, палеогеографическая область, литологическая область, толщина, суша, мелководье, шельф, глубоководная область, некомпенсированное прогибание, боковое заполнение бассейна, вещественный состав, геохимические показатели, макрофауна, микрофауна.

LITHOLOGIC AND PALEO GEOGRAPHIC RECONSTRUCTIONS OF THE CALLOVIAN AND LATE JURASSIC WITHIN ARCTIC REGIONS OF THE WEST SIBERIAN PETROLEUM PROVINCE

G. G. Shemin, A. L. Beisel, L. G. Vakulenko, V. I. Moskvina, N. V. Pervukhina, A. A. Syurin

The Callovian and Late Jurassic in Western Siberia is the time of an extensive regional marine transgression associated with general borealic transgression throughout the northern hemisphere, which had begun at the very end of the Late Bathonian and reached the maximum at the turn of the Kimmeridgian and Volgian ages. The transgression occurred in several stages, which had an effect on the sections structure and served as the basis for a distinguishing of regional stratigraphic horizons (Vasyugan, Georgievka and Bazhenov). These horizons do not coincide with the stage division. A set of lithologic and paleogeographic maps has been compiled for the Early Vasyugan age (end of Late Bathonian – beginning of Early Oxfordian), the Late Vasyugan age (end of the Early Oxfordian – beginning of the Late Oxfordian), the Georgievka age (end of the Late Oxfordian – beginning of the Early Volgian), and the Bazhenov age (end of the Early Volgian – Early Berriasian) based on detailed correlation of Callovian – Upper Jurassic deposits and the results of their geological, lithofacies, geochemical and paleontological studies. The investigated area covers the northern and Arctic regions of the West Siberian petroleum province (Yamal-Nenets Autonomous District, adjacent districts of the Krasnoyarsk Territory and the Kara Sea aquatory). Erosion areas and sites of continental, transitional and marine sedimentation are highlighted on maps; territories of uncompensated subsidence and lateral filling of the basin are shown. Lithologic areas are distinguished and current thicknesses of deposits are given for the first time for similar developments as applied to the considered region. These data significantly increase reliability of paleogeographic reconstructions.

Keywords: paleogeographic reconstructions, paleogeographic area, lithologic area, thickness, land, shallow water, shelf, deep-water region, uncompensated subsidence, lateral filling of basin, material composition, geochemical characteristics, macrofauna, microfauna.

Литолого-палеогеографические исследования имеют большое значение при оценке перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов и поиске в них залежей нефти и газа. Результаты этих исследований позволяют разработать наиболее достоверные модели строения резервуаров – вместилищ залежей нефти и газа, ка-

чественно оценить их фильтрационно-емкостные и экранирующие свойства, а также успешно проводить поиски залежей углеводородов, приуроченных к литологическим ловушкам. Западно-Сибирский мегабассейн – основной регион подготовки запасов и добычи углеводородного сырья в России. Результаты литолого-палеогео-



графических исследований приведены в работах многих авторов: В. П. Казаринова, В. Н. Сакса, З. З. Ронкиной, Т. И. Гуровой, А. П. Виноградова, А. В. Гольберта, Л. Г. Марковой, И. Д. Поляковой, Л. С. Черновой, И. И. Нестерова, М. В. Коржа, С. П. Булынниковой, И. Г. Климовой, М. С. Зонн, В. А. Захарова, М. С. Месежникова, Ю. В. Брэдучана, Ф. Г. Гурари, А. Г. Мухер, А. В. Тугаревой, В. П. Девятова, А. М. Казакова, Б. Л. Никитенко, Б. Н. Шурыгина и др.

В последние десятилетия в Институте нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН проводятся литолого-палеогеографические исследования осадочных бассейнов Сибири. Авторами составлен набор из 13 литолого-палеографических карт юрского периода севера Западно-Сибирской НГП м-ба 1:2 000 000. В качестве временных отрезков выбраны зимнее, левинское, шараповское, китербютское, надояхское, лайдинское, вымское, леонтьевское, малышевское, ранневасюганское, позднеvasюганское, георгиевское и баженовское время. Карты специализированы для решения проблем в области геологии нефти и газа, поскольку направлены не только на выявление условий формирования юрских отложений, но и на более достоверную оценку качества выделенных в них региональных резервуаров (геттанг-синемюрского, плинсбахского, тоарского, аален-байосского, батского и оксфордского).

В настоящей работе приведены результаты литолого-палеогеографических исследований, представленные на четырех картах (ранневасюганского, позднеvasюганского, георгиевского и баженовского времени), которые характеризуют условия формирования флюидоупора батского резервуара (нижневасюганский подгоризонт), отложений проницаемого комплекса (верхневасюганский подгоризонт) и флюидоупора оксфордского резервуара (георгиевский и баженовский горизонты).

В качестве фактического материала использовались данные бурения, региональной сейсморазведки и результаты палеонтологических, литологических и геохимических исследований. Палеонтологический материал заимствован также из многочисленных публикаций. В качестве стратиграфической основы использована региональная стратиграфическая схема мезозойских отложений Западной Сибири [11].

По материалам ГИС и описанию керн скважин построены разрезы около 1150 глубоких скважин. Вещественный состав изучен по керну 176 скважин. Прослеживание рассматриваемых интервалов разрезов на мало изученных бурением площадях производилось по региональным сейсмическим профилям. Обстановки осадконакопления прогнозировались с использованием результатов детальных литологических и геохи-

мических исследований по 28 скважинам (седиментационные модели, материалы по содержанию основных обломочных компонентов и глинистых минералов в породах, содержание $C_{орг}$, V/Ga), изотопный состав углерода, различные соотношения углеводородов-биомаркеров и отношение $Fe_{пир}/C_{орг}$.

Методика исследований

В основу литолого-палеогеографических реконструкций положены результаты детальной корреляции юрских отложений, выполненной с использованием биостратиграфического и лито-циклостратиграфического методов на уровне пачек циклического строения [2, 3, 15] (рис. 1).

На большей части изучаемой территории материалы детальной корреляции позволяют выделять стратиграфические объемы, соответствующие выбранным временным подразделениям для палеогеографических реконструкций. Исключение составляют лишь верхнеюрские отложения северной и западной его частей, в которых указанные образования представлены глинистыми породами абалакской, даниловской, марьяновской и гольчихинской свит. Разрез верхней юры данного типа расчленен на стратиграфические подразделения, соответствующие выбранным возрастным интервалам литолого-палеографических карт, по косвенным данным: по установленному соотношению толщин ниже- и верхневасюганской подсвит, георгиевской, баженовской свит в пограничных зонах их фациального замещения на глинистые образования.

Статистическая обработка этих материалов позволяет сделать следующие выводы:

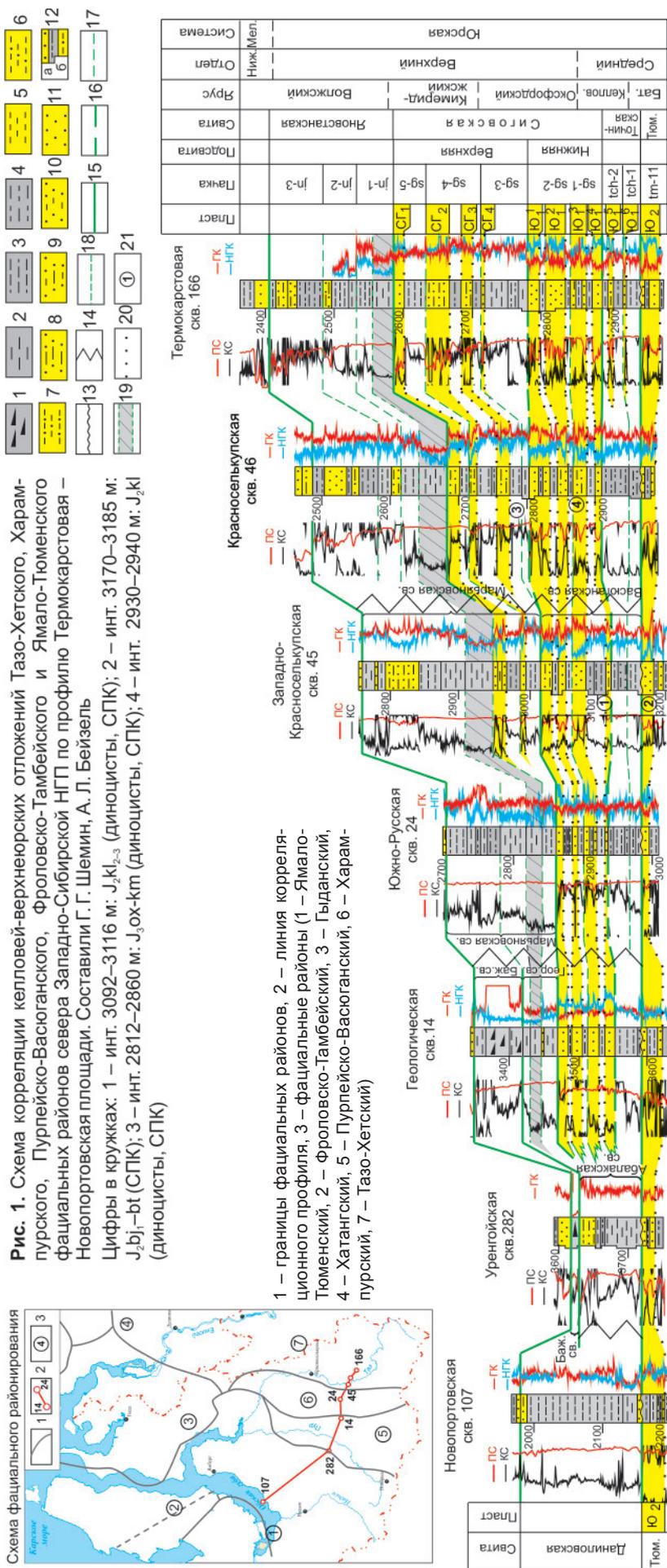
– среднее соотношение толщин баженовской, георгиевской свит и верхневасюганской, нижневасюганской подсвит в зонах, примыкающих к границе их фациального замещения аргиллитами или глинами абалакской и даниловской свит, равно 25, 10, 22 и 43 % от суммарной толщины последних подразделений;

– среднее соотношение толщин нижневасюганской подсвиты и точинской свиты в зонах, примыкающих к границе их фациального замещения алевритоглинистой толщей нижнегольчихинской подсвиты, равно 67 и 33 %;

– среднее соотношение толщин баженовской и георгиевской свит в зонах, примыкающих к границе их фациального замещения аргиллитами или глинами марьяновской свиты, равно 40 и 60 %.

Отмеченные соотношения использовались при прогнозировании современных толщин отложений, накопившихся в келловейское, оксфордское, кимериджское и волжское время в северной и западной частях исследуемого региона.

При разработке методики составления литолого-палеогеографических карт учитывались рекомендации многих исследователей: М. М. Алиева



1–11 – породы: 1 – аргиллит битуминозный (баженовит), 2 – глина (аргиллит), 3 – глина алевролитовая и алевролит глинистый, 4 – алевролит глинистый, 5 – алевролит, 6 – алевролит песчаный и песчаный, 7 – алевролит-песчаник, 8 – песчаник глинистый, 9 – песчаник алевролитовый и глинистый, 10 – песчаник алевролитовый алевролитовый, 11 – песчаник; 12 – песчаник; 13 – фрагмент литологической колонки: а – интервалы разреза, построенные по керновому материалу и ГИС, б – интервалы разреза, построенные по материалу ГИС; 13 – перерывы; 14–20 – границы: 14 – типов разрез, 15 – свит, 16 – подсвит, 17 – пачек циклического строения, 18 – подпачек, 19 – реперных стратиграфических уровней, 20 – продуктивных и перспективных песчаных пластов; 21 – интервалы разрезов, в которых приведены палеонтологические определения возраста отложений



и др. [5], Н. А. Михайлова [6], И. И. Нестерова и др. [8], В. А. Захарова и др. [10] и др. В основу легенды литолого-палеогеографических реконструкций положены условные обозначения и методические указания по составлению атласа литолого-палеогеографических карт СССР [14]. В качестве исходной информации этих построений использовались результаты комплексных исследований юрских отложений рассматриваемой территории (литостратиграфических, литолого-фациальных, геохимических и палеонтологических).

На литолого-палеогеографических картах юрского периода севера Западно-Сибирской НГП выделены литологические и палеогеографические области, показаны современные толщины накопившихся осадков, впервые спрогнозированы территории морского бассейна, где имелось некомпенсированное прогибание, а также указаны площади клиноформного строения отложений, сформировавшихся за счет бокового заполнения бассейна.

Как известно, разрез юры севера Западной Сибири в основном сложен терригенными породами. Лишь выделяемая в его верхней части баженовская свита и отчасти ее возрастные аналоги имеют более сложный состав и представлены углеродистыми кремнисто-глинистыми разностями, силицитами, аргиллитами и в небольшой степени карбонатами. При выделении типов разрезов использована классификация осадочных пород В. Н. Шванова и др. [13]. В изученном разрезе выделено 16 разновидностей терригенных, глинистых, в меньшей степени биохемогенных (кремнистые, карбонатные) и переходных между ними пород. Однако многие интервалы разреза охарактеризованы только комплексом материалов ГИС, которые не позволяют отразить все разнообразие литологических разновидностей пород, поэтому при составлении литолого-палеогеографических карт использовалась несколько упрощенная их классификация.

При построении карт на первом этапе путем расчета вещественного состава картируемых стратиграфических подразделений выделялись литологические типы разрезов [14]. Для этого сначала по комплексу ГИС и описанию керна были восстановлены юрские разрезы пробуренных скважин. Затем определялось содержание, во-первых, каждого типа пород относительно общей толщины разреза для каждого рассматриваемого комплекса, во-вторых, каждого компонента (грубообломочного, песчаного, алевритового, глинистого, углистого, карбонатного, кремнистого, пиритового, углеродистого), присутствующего в виде как слоев, так и примесей в других породах. Расчет литологических компонентов разреза осуществлен в соответствии с прилагаемой таблицей.

По результатам расчетов строились колонки вещественного состава. Компонентный состав углеродистых глинисто-кремнистых пород и силицитов, выделяемых по материалам ГИС на основании повышенных значений удельного электрического сопротивления (>30–50 Ом·м) и естественной радиоактивности (>15–20 мкР/ч), определялся в соответствии с графиками распределения содержания глинистого, карбонатного, кремнистого материала, пирита и углерода, построенными по результатам детальных литологических исследований кернового материала (рис. 2).

Литологические области выделены по содержанию (в %) грубообломочной (ГрО), песчаной (П), алевритовой (Ал), глинистой (Гл), углистой (У), карбонатной (К), кремнистой (Кр), пиритовой (П) и углеродистой (У) составляющих. Выделены следующие интервалы содержания компонентов (%): 1) 76–100, 2) 51–75, 3) 26–50, 4) 11–25, 5) 1–10. В целом они определяют индекс литологического типа разреза. Картирование литологических типов разрезов одного индекса позволило выделить литологические области.

Содержание литологических компонентов (%) в породах севера Западно-Сибирской НГП

Литологические разности пород	Грубообломочная (ГрО)	Песчаная (П)	Алевролитовая (А)	Глинистая (Г)	Углеродистая (У)
Гравелиты, когломераты	60	35	5	0	0
Песчаники	0	95	5	0	0
Песчаники					
гравелитистые и гравелитовые	15	85	0	0	0
с «плавающей» галькой и гравием	5	80	10	5	0
алевритистые и алевритовые	0	75	20	5	0
глинистые и алевритистые	0	60	30	10	0
глинистые	0	90	5	5	0
Алеврито-песчаники	0	45	50	5	0
Алевролиты	0	5	90	5	0
Алевролиты					
песчаные	0	20	70	10	0
глинистые и песчаные	0	10	80	10	0
глинистые	0	0	90	10	0
Глины алевритистые	0	0	20	80	0
Глины (аргиллиты)	0	0	5	95	0
Углистые породы	0	0	5	80	15

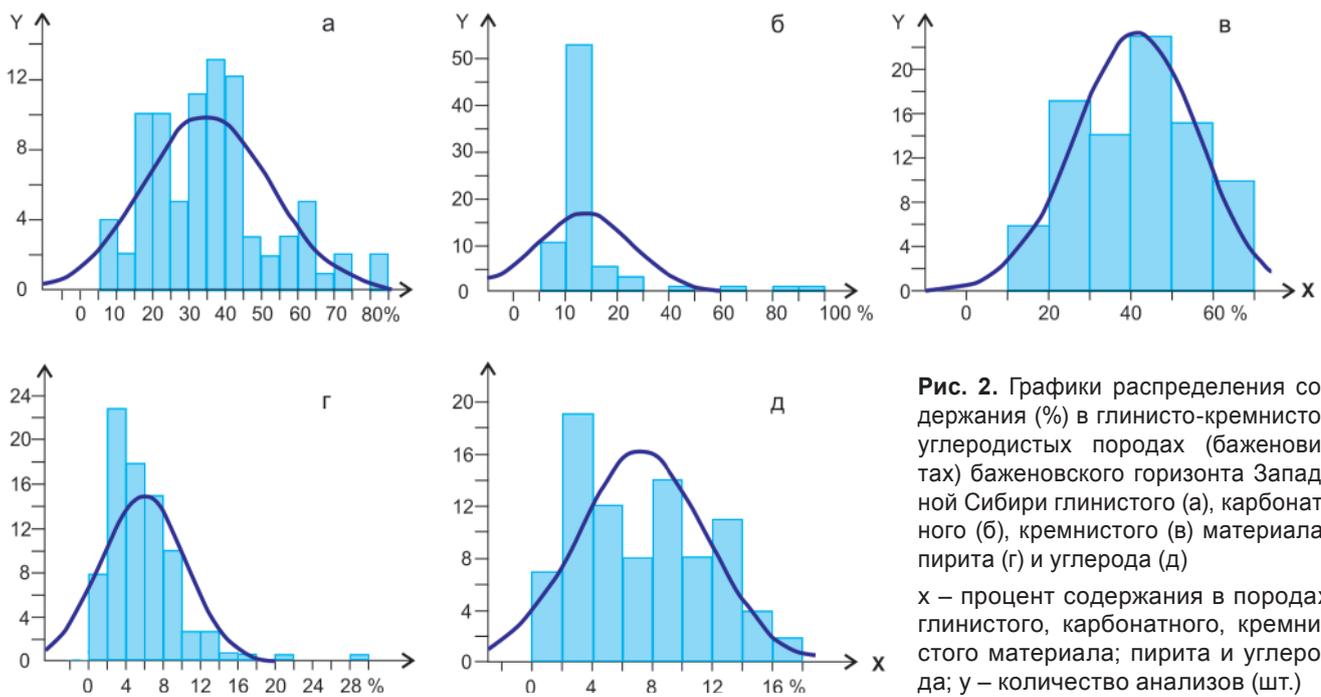


Рис. 2. Графики распределения содержания (%) в глинисто-кремнисто-углеродистых породах (баженовитах) баженовского горизонта Западной Сибири глинистого (а), карбонатного (б), кремнистого (в) материала, пирита (г) и углерода (д)

x – процент содержания в породах глинистого, карбонатного, кремнистого материала; пирита и углерода; y – количество анализов (шт.)

Палеогеографические области подразделяются на области размыва и области осадконакопления.

Области размыва соответствуют участкам, на которых в течение исследуемого отрезка времени осадки не накапливались. Они разделены на сушу с интенсивным и незначительным сносом осадков. Области седиментации на основании комплексного анализа распределения толщин, вещественного и минералогического состава, текстурных особенностей пород, геохимических показателей обстановок осадконакопления, остатков фауны, флоры и следов жизнедеятельности организмов подразделены на три крупные группы: области континентального, переходного и морского осадконакопления.

Область континентального осадконакопления включает речные долины и прибрежные аллювиальные равнины, для которых характерны преимущественно алевритово-песчаный состав отложений, неоднородное строение и присутствие остатков наземной растительности.

Область морского осадконакопления представлена мелководьем (глубина до 25 м), мелководным шельфом (25–100 м), глубоководным шельфом (100–200 м) и глубоководными частями бассейна (200–400 и 200–600 м). Этим зонам свойственны утонение состава накопившихся осадков и уменьшение их толщин, возрастание выдержанности разреза по латерали, повышение минерализации вод и сокращение разнообразия морской фауны.

Область переходного осадконакопления представлена прибрежными равнинами, временами заливавшимися морем. В ней накапливались пойменные и озерно-болотные, русловые, дельтовые, лагунные, эстуариевые, пляжевые осадки,

отложения барьерных островов, береговых баров и межбаровых ложбин.

На литолого-палеогеографических картах показаны территории некомпенсированного прогибания и клиноформного строения отложений за счет бокового заполнения осадками бассейна седиментации.

Под некомпенсированным прогибанием обычно понимается такое, при котором скорость накопления осадков меньше скорости тектонического прогибания. Формально всякое отставание осадконакопления от опускания дна бассейна является некомпенсированным. В этом случае для небольших интервалов времени любое морское осадконакопление, включая мелководное, должно быть некомпенсированным, что обуславливает большие неудобства для палеогеографических реконструкций. Поэтому вслед за В. С. Бочкаревым и Ю. Н. Федоровым [1] под некомпенсированным прогибанием авторы понимают такое прогибание, когда толщина накопившихся осадков (h_{oc}) существенно меньше, чем величина тектонического прогибания (h_{np}). Исходя из специфики развития рассматриваемого бассейна в юрский период, в качестве граничного значения для выделения территории некомпенсированного прогибания использовано следующее соотношение отмеченных параметров: $h_{np} : h_{oc} \geq 5$.

Согласно современным представлениям, отложения георгиевского и баженовского горизонтов, представленные марьяновской, яновстановской свитами и верхнесиговской подсвитой, имеют клиноформное строение [3, 7]. Формирование клиноформ обычно объясняется как результат бокового заполнения бассейна седиментации осадками [12]. Учитывая это обстоятельство, на



литолого-палеографических картах георгиевского и баженовского времени указаны территории, где осуществлялось боковое заполнение осадками бассейна.

Результаты литолого-палеогеографических исследований

Ранневасюганское время (конец позднего бата – начало раннего оксфорда)

Ранневасюганское время характеризуется существенной перестройкой ландшафтов Северной Евразии. Крупные морские бассейны охватывали западную часть Арктики, в пределах которой море затопило север европейской части России и большую часть Западной Сибири [9]. Ранневасюганской трансгрессией была охвачена почти вся северная часть Западно-Сибирского бассейна. Лишь в его периферических частях, примыкающих к областям размыва: к Полярному Уралу, Таймыру, Новой Земле, Сибирской платформе и к Енисейскому кряжу, существовали узкие полосы континентального осадконакопления (рис. 3).

Ранневасюганский морской бассейн почти на всей рассматриваемой территории имел нормальную соленость, что подтверждается большим разнообразием двустворок, головоногих и брюхоногих моллюсков, фораминифер, а также составом аутигенных минералов [8]. Лишь на юго-востоке бассейна соленость вод, судя по геохимическим показателям, была несколько понижена, по-видимому за счет привноса реками пресных вод.

На литолого-палеографической карте ранневасюганского времени выделены следующие палеогеографические области: суша; прибрежная аллювиальная равнина; прибрежная равнина, временами заливавшаяся морем; мелководье; мелководная и глубоководная части шельфа. Следует отметить, что для морских областей южной половины исследуемой территории характерно асимметричное положение относительно оси бассейна. Особенно четко это проявляется для глубоководной части шельфа, которая почти полностью расположена в западной половине Обь-Енисейского междуречья (см. рис. 3).

Суша с высоким расчлененным рельефом в келловейское время существовала на Сибирской платформе, Енисейском кряже и примыкающих к ним весьма ограниченных участках Западной Сибири, которые были основными источниками поступления алевритово-песчаного материала в исследуемую часть бассейна.

Суша с низким выровненным рельефом в келловейское время располагалась в трех районах: на Полярном Урале, Новой Земле и, предположительно, Таймыре. В их пределах формировались коры выветривания, алевритово-глинистый материал которых сносился в смежные области бассейна седиментации.

Положение, рельеф отмеченных областей сноса и интенсивность поступления с них обломочного материала в значительной мере предопределили распределение осадков в бассейне осадконакопления по гранулометрическому составу и их толщины, а также глубины моря. Среди осадков резко преобладали глины, местами с прослоями алевритового и песчаного материала, распространенные на большей части изучаемого района. Преимущественно алевритово-глинистые образования накапливались вблизи Полярного Урала, Новой Земли и Таймыра. И лишь в юго-восточной части бассейна, простирающейся вдоль края Сибирской платформы, песчаный материал составлял значительную долю в объеме накапливающихся осадков.

Современные толщины сформировавшихся осадков вполне закономерно распределены по площади рассматриваемой части бассейна. Минимальные их значения (от нескольких до 30–40 м) фиксируются преимущественно в западной и северной (наиболее глубоких) частях бассейна и вблизи источников сноса, а средние и максимальные (40–100 м) – на мелководье и мелководном шельфе. Максимальные глубины ранневасюганского моря прогнозируются в западной и северной частях бассейна, что обусловлено, в первую очередь, значительной недокомпенсацией осадками погружения этих его частей.

Прибрежные аллювиальные равнины в келловейский век на рассматриваемой территории бассейна были развиты весьма ограниченно. Они простирались в виде отдельных участков вытянутой формы по его окраинам, вдоль источников сноса. В левобережье р. Енисей эти ландшафтные элементы непосредственно примыкали к областям с высокой расчлененной сушей. В их пределах накапливались русловые, пойменные, озерные и болотные осадки: глинистые, алевритовые и песчаные, обогащенные остатками наземной растительности. Прибрежные аллювиальные равнины, примыкающие к Полярному Уралу, Новой Земле и Таймыру, по существу, не изучены. Здесь предполагается накопление в основном глин.

Прибрежные равнины, временами заливавшиеся морем, были развиты несколько шире, главным образом в восточной и особенно юго-восточных частях бассейна. Здесь они непосредственно примыкали к прибрежным аллювиальным равнинам, где происходило формирование таких же осадков, что и в смежных прибрежных равнинах. Однако наряду с этими сугубо континентальными образованиями отлагались также морские и прибрежно-морские осадки с двусторчатыми моллюсками, белемнитами, аммонитами и фораминиферами.

Морские области охватывали существенно большую часть бассейна. Из них наиболее широко распространена относительно глубоководная



часть шельфа (глубина 100–200 м), менее – мелководная часть шельфа (25–100 м) и еще менее – мелководье (до 25 м).

Мелководные области моря в основном окаймляли прибрежные равнины примерно равной ширины, временами заливавшиеся морем. Кроме того, одна из областей мелководья в виде полосы сложной формы простиралась более чем на 500 км от Игарского до Ноябрьского районов в юго-восточной части бассейна. Имелись также небольшие участки мелководья в юго-западной части (см. рис. 3). Для этих областей в восточной части бассейна, где они наиболее широко распространены, характерно накопление преимущественно алевритовых и песчаных осадков с типичной морской фауной двустворок, аммонитов, гастропод и разнообразных фораминифер. Вблизи Полярного Урала, Новой Земли и Таймыра в мелководных условиях осаждался глинистый и алевритовый материал.

Мелководная часть шельфа в ранневасюганское время была наиболее широко развита в юго-восточной части бассейна, в Пур-Енисейском междуречье, и существенно меньше вблизи Полярного Урала, Новой Земли и Таймыра. На ее площади накапливались алевритово-песчано-глинистые осадки с остатками морской фауны. Следует отметить, что в Пур-Енисейском междуречье в составе накопившихся осадков содержание песчаного материала больше, чем в других участках мелководного шельфа.

Глубоководная часть шельфа имела наибольшее распространение на исследуемой территории. В ее состав входили акватория Карского моря, Ямальский и Гыданский полуострова, Надым-Пурское междуречье и смежные с ними участки. Для этой области характерны преимущественно глинистый состав сформировавшихся отложений с редкими остатками морской фауны и минимальные их толщины (от 5–10 до 30–40 м).

Поздневасюганское время (конец раннего – начало позднего оксфорда)

В это время на севере Западной Сибири и прилегающей акватории Карского моря наметилась регрессия морского бассейна, в результате которой произошло его обмеление и, как следствие этого, – изменение контуров палеогеографических областей, особенно морского осадконакопления. В юго-западной и северной частях бассейна значительно сократилась территория глубоководного шельфа и увеличилась – мелководного. В свою очередь, область мелководного шельфа на юго-востоке бассейна сменилась мелководьем, в условиях которого накапливались алевритово-песчаный продуктивный горизонт Ю₁. Тогда же незначительно изменились контуры прибрежных равнин, временами заливавшихся морем, и прибрежных аллювиальных

равнин, а области размыва и состав сносимого с них материала, по существу, остались прежними (рис. 4).

Суша с высоким расчлененным рельефом, как и ранее, существовала на Сибирской платформе, Енисейском кряже и примыкавших к ним небольших участках изучаемого бассейна. Она была основным поставщиком песчаного и алевритового материала в бассейн седиментации, причем масштаб сноса обломочного материала был более значительным, чем ранее, за счет понижения базиса эрозии речных долин.

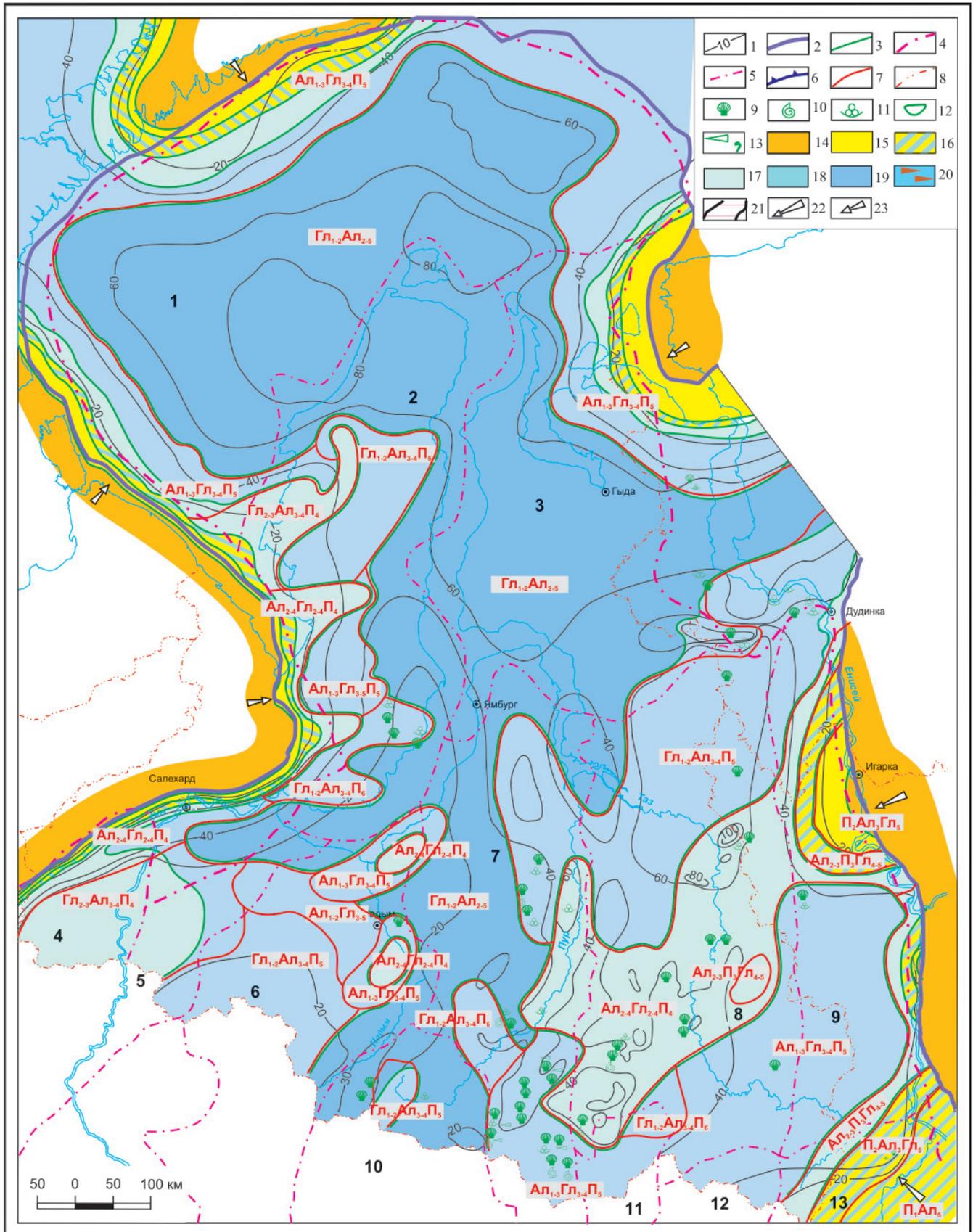
Суша с низким выровненным рельефом находилась в прежних контурах Полярного Урала, Новой Земли и Таймыра. С нее в бассейн седиментации по-прежнему поступал в основном глинистый материал.

Прибрежные аллювиальные равнины в оксфордское время существовали, как и прежде, вдоль источников сноса, как правило, в тех же границах. Лишь в восточной части бассейна, в левобережье р. Енисей, площадь прибрежной аллювиальной равнины несколько изменилась. Здесь накапливались русловые, озерные, пойменные и болотные осадки разного состава. На крайнем юго-востоке, примыкающем к Сибирской платформе, отлагались преимущественно пески, а вблизи Полярного Урала, Новой Земли и Таймыра – алевритовые глины, содержащие остатки наземной растительности.

Прибрежные равнины, временами заливавшиеся морем, также унаследованно развивались в позднеvasюганское время. Только в юго-восточной части бассейна эта область была несколько расширена.

Морские области бассейна, как и прежде, занимали существенно большую его часть, однако площади мелководья, мелководного и глубоководного шельфа, как уже отмечалось, были иными (см. рис. 4).

Область мелководья в рассматриваемый отрезок времени лишь в юго-восточной части бассейна, примыкающей к Сибирской платформе и Енисейскому кряжу, изменила свои контуры и состав отлагавшихся осадков. Вблизи же Полярного Урала, Новой Земли и Таймыра эта область развивалась унаследованно. В юго-восточной части бассейна повсеместно в условиях мелководья накапливались преимущественно песчаные осадки, сносимые с Сибирской платформы и Енисейского кряжа. Здесь в течение позднеvasюганского времени формировались песчаники горизонта Ю₁ – главного месторождения нефти и газа верхней юры на севере Западной Сибири. На литолого-палеогеографических картах показана площадь современного распространения этого продуктивного горизонта. Не исключена вероятность, что в позднеvasюганское время она была существенно больше. Ее сокращение, по предварительным



данным, обусловлено предкимериджским перерывом в осадконакоплении, проявившимся преимущественно на юго-востоке исследуемой территории [3, 7].

Мелководный шельф в поздневазюганское время существенно расширился и изменил очер-

тания. В северной и юго-западной частях региона его контуры значительно увеличились за счет более глубоководной области, а на юго-востоке он сменился мелководьем. В пределах этой области накапливались преимущественно алевритово-глинистые осадки с остатками морской фауны.



Рис. 3. Литолого-палеогеографическая карта ранневасюганского времени (конец позднего бата – начало раннего оксфорда) севера Западно-Сибирской НГП. Сост.: Г. Г. Шемин (ред.), А. Л. Бейзель, Л. Г. Вакуленко, В. И. Москвин, Н. В. Первухина, А. А. Сюрин

Нефтегазоносные области: 1 – Южно-Карская, 2 – Ямальская, 3 – Гыданская, 4 – Восточно-Уральская, 5 – Приуральская, 6 – Фроловская, 7 – Надым-Пурская, 8 – Пур-Тазовская, 9 – Елогуй-Туруханская, 10 – Среднеобская, 11 – Васюганская, 12 – Пайдугинская, 13 – Предъенисейская; *индексы литологических областей, определенные по содержанию литологических компонентов разреза:* литологические компоненты разреза: П – песчаная (псаммитовая), Ал – алевритовая, Гл – глинистая; содержание компонентов, %: 1 – 75–100, 2 – 50–75, 3 – 25–50, 4 – 10–25; 5 – 1–10, 6 – 0,1–0,9

1 – изопакиты современных отложений; 2–8 – границы: 2 – распространения юрских отложений, 3 – палеогеографических областей, 4 – нефтегазоносной провинции, 5 – нефтегазоносных областей, 6 – распространения области некомпенсированного прогибания бассейна, 7 – литологических областей, 8 – административные; 9–13 – фауна: 9 – двустворки морские, 10 – аммониты, 11 – фораминиферы, 12 – остракоды, 13 – белемниты, онихиты; 14–20 – палеогеографические области: 14 – размыва: суша, 15 – континентального осадконакопления: прибрежная аллювиальная равнина с отложением осадков русловых, озерных, пойменных, старичных и др., 16 – переходного осадконакопления: прибрежная равнина, временами заливавшаяся морем: осадки пойменные и озерно-болотные, русловые, дельтовые, лагунные, эстуариевые, барьерных островов, береговых баров и межбаровых ложбин, пляжевые, 17–20 – морского осадконакопления: 17 – мелководье (глубина до 25 м), 18 – мелководный шельф (25–100 м), 19 – глубоководный шельф (100–200 м), 20 – глубоководная часть бассейна (200–600 м); 21 – территория бокового заполнения осадками бассейна; 22–23 – направления сноса осадков: 22 – основные, 23 – менее значимые

Глубоководная часть шельфа сохранилась только на севере бассейна, в пределах северной и западной частей Ямальского и Гыданского полуостровов и смежной с ними акватории Карского моря соответственно. Здесь формировались лишь алевритово-глинистые осадки с редкими остатками фауны.

Георгиевское время (позднеоксфордско-ранневолжское)

В георгиевское время после поздневасюганской регрессии начался новый, более значительный этап трансгрессии моря в северные районы Западной Сибири и прилегающую акваторию Карского моря, который завершился лишь в позднебаженновское время. В этот отрезок времени произошло значительное углубление и некоторое расширение морского бассейна. В его центральной (Надым-Пурское междуречье) и северной (восточная и западная части Ямальского и Гыданского полуостровов соответственно) частях, а также в акватории Карского моря впервые появилась глубоководная (псевдоабиссальная) область бассейна с отметками глубин 200–400 м, которая протягивалась в субмеридиональном направлении в виде полосы шириной 250–350 км от верховья р. Надым до северо-восточной границы бассейна. В пределах этой области существовал некомпенсированный прогиб, к юго-востоку от которого, в Енисей-Тазовском междуречье, располагалась обширная зона с боковым заполнением бассейна (рис. 5).

В георгиевское время *области суши с высоким и низким рельефом*, как и прежде, располагались на Полярном Урале, Новой Земле, Таймыре, Сибирской платформе, Енисейском кряже и небольших участках бассейна в левобережье р. Енисей. Они были снивелированы, а их площади несколько сократились. С них сносился более тонкий обломочный материал, при этом, как и ра-

нее, основными поставщиками наиболее крупнозернистого материала в область седиментации были области размыва, располагавшиеся у юго-восточной границы осадочного бассейна.

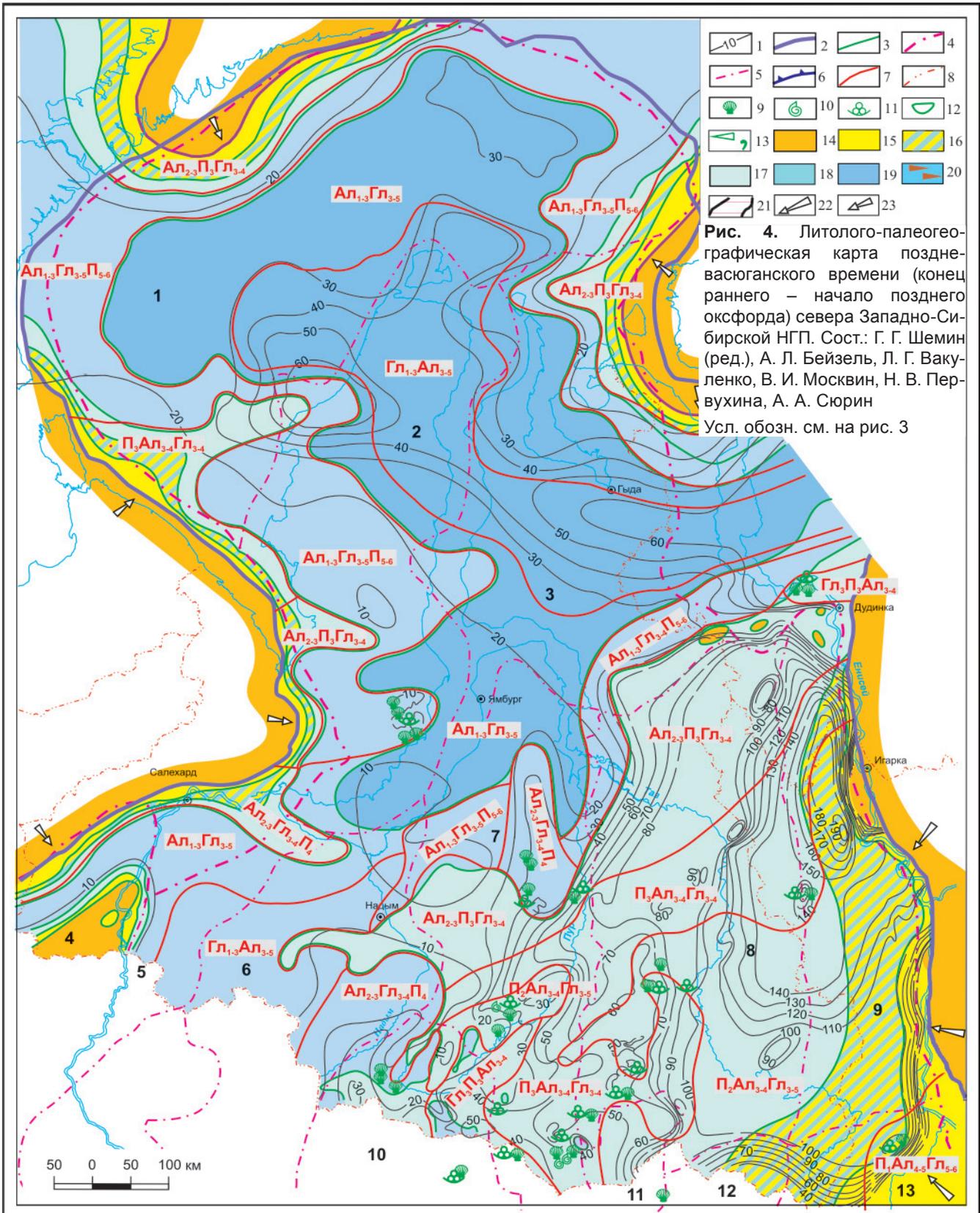
Прибрежные аллювиальные равнины, окаймляющие области размыва, имели примерно такие же контуры, как и в келловейский век. В них накапливались как преимущественно глинистые (вблизи Полярного Урала, Новой Земли, Таймыра), так и песчаные (в левобережье р. Енисей) осадки, которые были обогащены остатками наземной растительности.

Прибрежные равнины, временами заливавшиеся морем, также имели примерно те же контуры, что и в поздневасюганское время, но в их пределах накапливался более тонкий обломочный материал.

Морские области занимали основную часть бассейна седиментации. Размеры областей мелководья, мелководного и глубоководного шельфа изменились, в целом площадь более глубоководных палеогеографических областей увеличилась.

Мелководные области были распространены весьма ограниченно в бассейне седиментации: в виде узких полос вдоль прибрежных равнин, временами заливавшихся морем. В юго-восточной окраинной части бассейна, в левобережье р. Енисей на их территории накапливались глинисто-алевритово-песчаные осадки, а в северо-восточной части и на западе, вблизи Таймыра, Полярного Урала и Новой Земли соответственно, – преимущественно глинистые (см. рис. 5).

Мелководная часть шельфа, по сравнению с мелководьем, имела большую площадь развития, главным образом в восточной половине изучаемой территории, где в виде полосы субмеридиональной ориентировки простиралась от Таймыра до южной границы бассейна. Здесь накапливался алевритово-глинистый материал с прослоями песков, а вблизи Таймыра, Новой

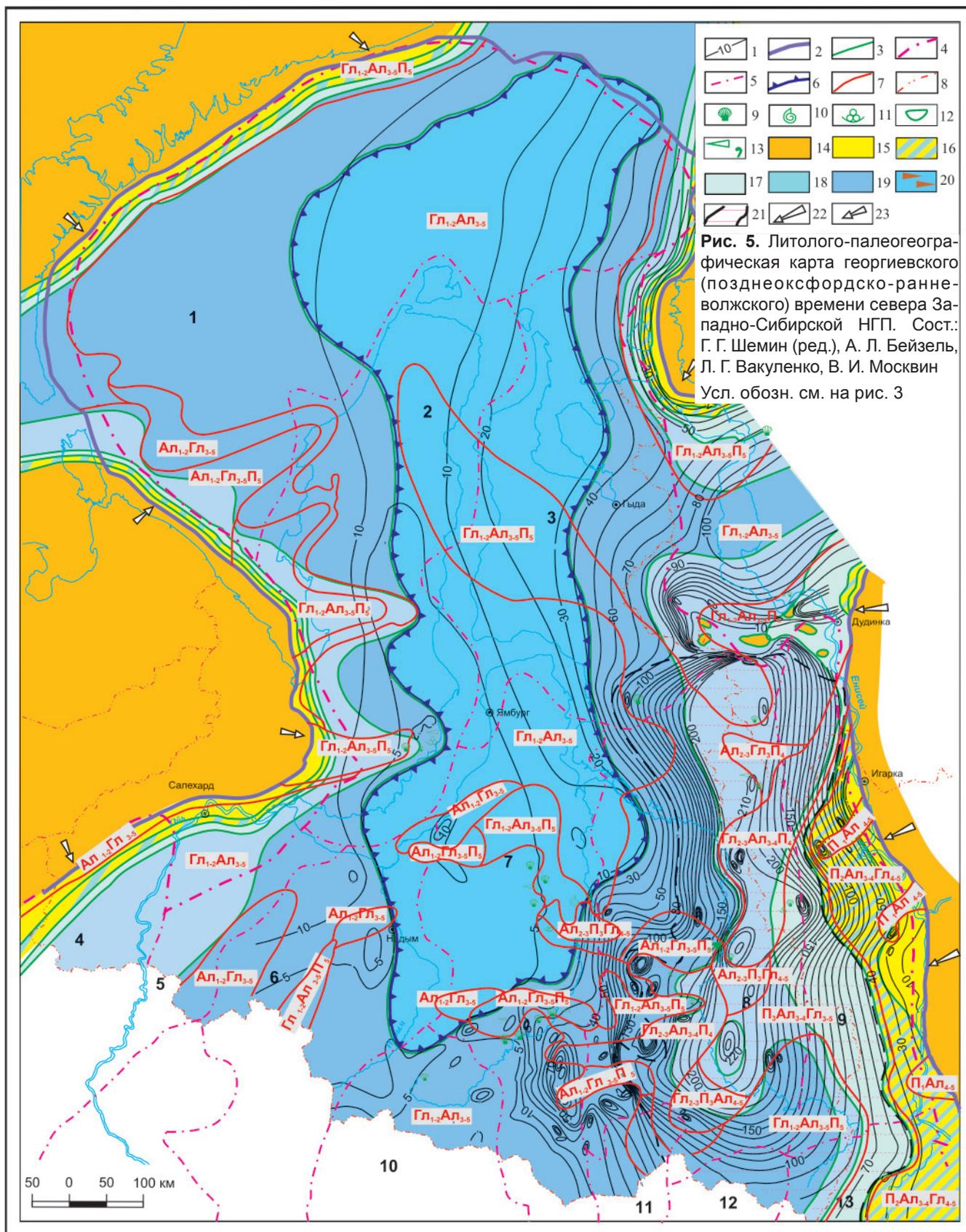


Земли и Полярного Урала – только алевритово-глинистые осадки.

Глубокая часть шельфа занимала еще большую площадь седиментационного бассейна, в виде непрерывной полосы шириной 150–200 км огибала мелководные области моря. В основном здесь накапливались тонкоотмучен-

ные глинистые илы с прослоями алевритового материала, лишь в восточной части бассейна отмечены пески.

Глубоководная часть бассейна, как уже отмечалось, простиралась в виде полосы шириной 250–350 км от его северо-восточной почти до южной границы. Для нее характерны накопление раз-



нообразных тонкоотмученных глинистых илов, часто известковых, в которых местами происходило образование глауконита и пирита, а также минимальные толщины накопившихся осадков, обычно от нескольких до 20 м. Формирование осадков шло в условиях некомпенсированного прогибания.

В заключение необходимо еще раз отметить, что накопившиеся в георгиевское время в юго-восточной части бассейна осадки имеют клиноформное строение [3]. Подобные структуры, по мнению многих исследователей, могли сформироваться только в условиях бокового заполнения осадками



бассейна (А. А. Нежданов [7] и др.), поэтому данная территория являлась областью бокового заполнения осадками бассейна седиментации (см. рис. 5).

Баженовское время (средне-поздневолжское)

В баженовское время продолжилась трансгрессия арктических морей на территорию Западной Сибири и прилегающую акваторию Карского моря и углубление бассейна седиментации. Из всех юрских бассейнов волжский был наиболее глубоководным. Его глубоководная область расширилась в западном, восточном и особенно в южном направлении за счет сокращения в основном глубоководной части шельфа. Области сноса по-прежнему включали Сибирскую платформу, Енисейский кряж и смежные с ними небольшие участки бассейна, а также Полярный Урал, Новую Землю и Таймыр. Они в целом соответствовали прежним контурам и оставались значительно сnivelированными (рис. 6).

В составе осадков резко преобладали углеродистые глинисто-кремнистые породы и тонкоотмученные глины. Преимущественно алевритово-глинистые образования накапливались вблизи областей сноса. Лишь в восточной части бассейна наряду с глинисто-алевритовым материалом отлагался песчаный.

Современные толщины волжских образований распределены на территории бассейна следующим образом. Минимальные их значения (20–25 м) фиксируются на большей площади бассейна (в западной, центральной и северо-восточной частях), а средние и максимальные (60–170 м) – в юго-восточной шельфовой, примыкающей к Сибирской платформе и Енисейскому кряжу.

Площади распространения в восточной части бассейна (левобережье р. Енисей) прибрежных аллювиальных равнин в волжско-раннеберриасское время несколько уменьшились. В северо-восточной и западной частях бассейна, вблизи Таймыра, Новой Земли и Полярного Урала контуры их оставались прежними. Здесь накапливались русловые, пойменные, озерно-болотные и склоновые осадки алевритово-глинистого, глинисто-алевритового и песчаного состава, обогащенные остатками наземной растительности.

Площади прибрежных равнин, временами заливавшихся морем, как и аллювиальных, тоже уменьшились в восточной части бассейна, а на остальной территории остались прежними. В пределах этих областей формировались такие же осадки, что и в смежных аллювиальных равнинах, однако наряду с ними отлагались и морские осадки с фауной двустворок, фораминифер и аммонитов.

Морские области охватывали почти весь бассейн. Наиболее широко распространена глу-

боководная часть (глубина 200–600 м), меньше – мелководная часть шельфа, еще меньше – глубоководная часть шельфа, меньше всего развито мелководье.

Мелководные области моря в виде узких полос окаймляли прибрежные равнины, временами заливавшиеся морем. Для этих областей в восточной части бассейна, где они наиболее широко развиты, характерно накопление осадков преимущественно алевритового и песчаного состава с типичной морской фауной, а на остальной части территории бассейна (вблизи Полярного Урала, Новой Земли и Таймыра) – глинистого и алевритового материала.

Мелководная часть шельфа в целом сохранила свои контуры, лишь в западной части бассейна она несколько сократилась. На площади ее распространения накапливались главным образом глинисто-алевритовые осадки, часто обогащенные органическим веществом. В накопившихся осадках в восточной части бассейна (в Елогуй-Енисейской зоне) отмечается большее количество песчаного материала, чем в других участках мелководного шельфа.

В баженовское время, как уже отмечалось, произошло существенное углубление бассейна седиментации, в результате чего возникла область больших глубин (200–600 м). Наибольшая ее часть сохранилась на востоке бассейна, в виде субмеридионально ориентированной полосы шириной 30–120 км, простирающейся с севера на юг вдоль западной границы распространения мелководной части шельфа. В ее пределах накапливались песчано-алевритово-глинистые осадки, местами обогащенные органическим веществом.

Глубокая (псевдоабиссальная) область охватывала большую часть бассейна седиментации. В ее состав в волжском веке входили весь Ямальский полуостров, большая часть Гыданского и примыкающая к ним акватория Карского моря, а также огромная территория Обь-Тазовского междуречья. Для этой области характерны накопление в основном углеродистых тонкоотмученных глинистых и глинисто-кремнистых осадков и минимальные их толщины, образовавшиеся в условиях «жесткого» некомпенсированного прогибания на всей площади развития (см. рис. 6).

В баженовское время продолжалось боковое заполнение осадками восточной части бассейна. Контуры зоны осадков этого генезиса примерно совпадали с таковыми кимериджского времени. В результате подобного типа седиментации осадки приобрели четко выраженное клиноформное строение.

Выводы

Литолого-палеогеографические реконструкции ранневасюганского, позднеvasюганского, геор-

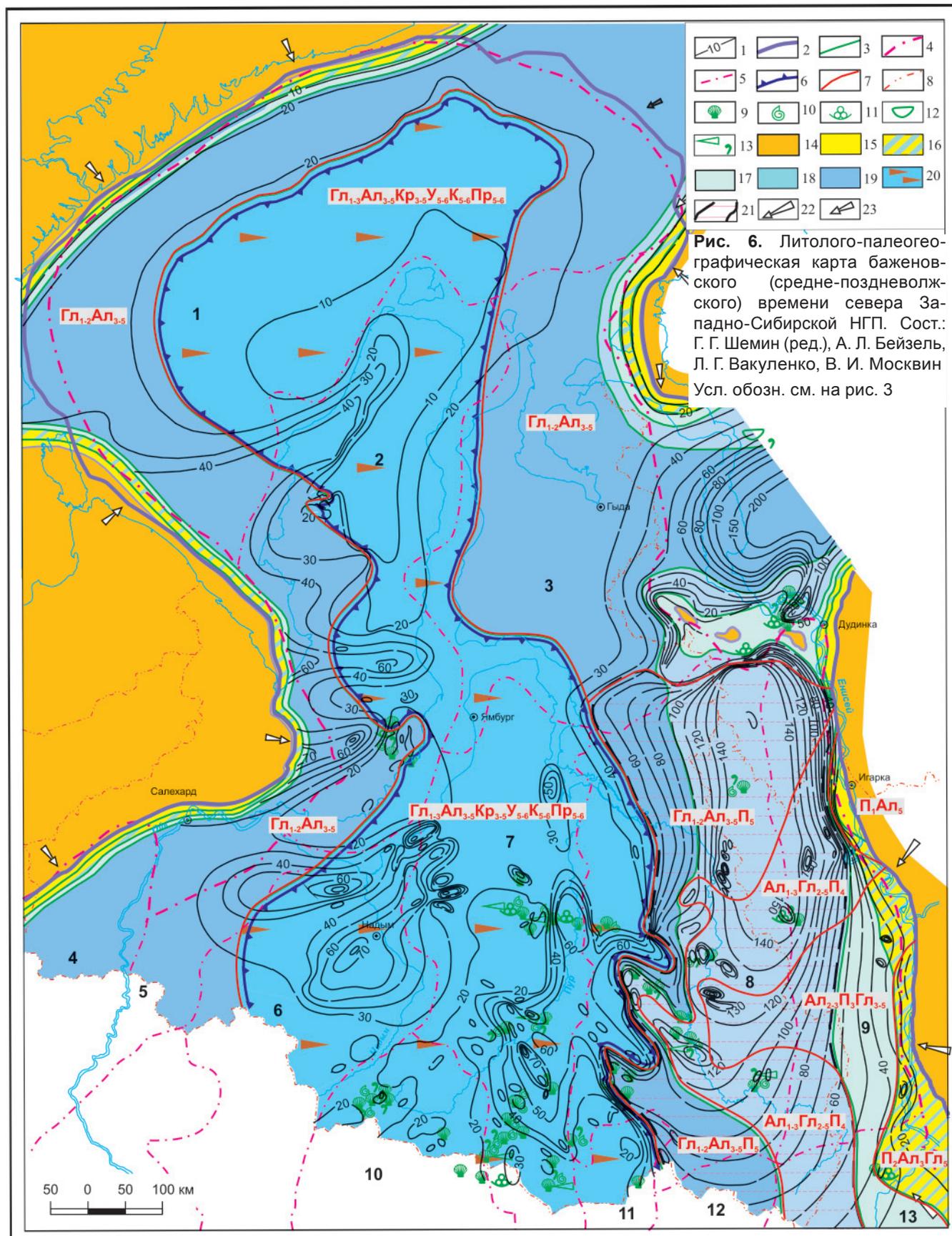


Рис. 6. Литолого-палеогеографическая карта баженовского (средне-поздневожского) времени севера Западно-Сибирской НГП. Сост.: Г. Г. Шемин (ред.), А. Л. Бейзель, Л. Г. Вакуленко, В. И. Москвин Усл. обозн. см. на рис. 3

гиевского и баженовского времени северной части Западно-Сибирской НГП базируются на результатах детальной корреляции отложений и материалах геологических, литолого-фациальных, геохимических и палеонтологических исследований.

Они представлены на литолого-палеогеографических картах м-ба 1:2 000 000, на которых выделены области размыва (суша высокая с расчлененным рельефом, суша низкая с выровненным рельефом) и области седиментации континентального



(прибрежная аллювиальная равнина), переходного (прибрежная равнина, временами заливавшаяся морем) и морского (мелководье, мелководный шельф, глубоководный шельф и глубоководная часть бассейна) осадконакопления, а также впервые показаны территории некомпенсированного прогибания и клиноформного строения за счет бокового заполнения бассейна осадками.

Суша с высоким расчлененным рельефом существовала на протяжении всего келловей-позднеюрского периода на Сибирской платформе, Енисейском кряже и примыкающих к ним весьма ограниченных участках Западно-Сибирского бассейна. Она была основным источником поступления алевритово-песчаного материала в бассейн седиментации. Суша с низким выровненным рельефом в это время располагалась в пределах Полярного Урала, Новой Земли и Таймыра. Здесь формировались коры выветривания, поставлявшие алевритово-глинистый материал в бассейн седиментации.

Территориальное положение, рельеф отмеченных областей сноса и интенсивность поступления с них обломочного материала предопределили распределение осадков в бассейне осадконакопления по гранулометрическому составу, их толщины и глубины моря.

На юго-востоке осадочного бассейна в Пур-Енисейском междуречье в келловей-позднеюрское время накапливался преимущественно алеврито-песчаный материал, поступающий с высокой расчлененной суши восточного обрамления бассейна и почти полностью компенсировавший тектоническое прогибание. Современные толщины келловей-верхнеюрских отложений на отмеченной территории обычно изменяются от 150–200 до 600 м с тенденцией возрастания в восточном направлении. В этой части бассейна и на более западном участке (Надым-Пурском междуречье) в поздневасюганское время, в период максимальной регрессии моря, в условиях мелководья сформировался песчаный горизонт Ю₁, с которым связаны основные перспективы нефтегазоносности верхнеюрских отложений. В последующий георгиевско-баженковский этап развития в восточной половине этой территории осуществлялось боковое заполнение бассейна осадками.

На остальной, существенно большей, площади бассейна, в его западной и северных частях, в келловей-позднеюрский период в условиях некомпенсированного тектонического прогибания накапливались маломощные алевритово-глинистые осадки, поступавшие из смежных областей размыва: Полярного Урала, Новой Земли и Таймыра. При этом в центральной, наиболее глубокой части георгиевского и баженковского бассейнов в условиях некомпенсированного прогибания накапливались тонкоотмученные глины, а в последнем – также углеродистые глины и глини-

сто-кремнистые осадки. Современные толщины келловей-верхнеюрских отложений на исследуемой территории осадочного бассейна составляют 60–100 м. В ее пределах вблизи источников сноса возможно очаговое распространение песчаного горизонта Ю₁ небольшой толщины.

В рассматриваемый интервал времени на большей части бассейна существовали области морского осадконакопления, контуры которых значительно изменялись. В ранневасюганском бассейне наиболее широко была распространена глубокая часть шельфа, меньше – мелководная его часть и еще меньше – мелководье. В поздневасюганское время в связи с регрессией морского бассейна соотношение между отмеченными областями морского осадконакопления было примерно равное. В георгиевское и баженовское время отмечается постепенное углубление бассейна и увеличение областей глубоководного шельфа и псевдоабиссальной его части, и в конце этого периода глубоководная область (200–600 м) занимала большую часть бассейна.

Полученные результаты являются основой для оценки качества георгиевского-баженовского и нижневасюганского флюидоупоров, продуктивного горизонта Ю₁, а также для оценки перспектив нефтегазоносности келловей-верхнеюрских отложений исследуемой территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бочкарев, В. С.** Палеобатиметрия Западно-Сибирского бассейна на конец времени накопления баженовской свиты [Текст] / В. С. Бочкарев, Ю. Н. Федоров // Строение и нефтегазоносность баженитов Западной Сибири. – Тюмень : ЗапСибНИГНИ, 1985. – С. 35–41.
2. **Высокоразрешающая** стратиграфия нефтегазоносных отложений нижней и средней юры северных районов Западной Сибири [Текст] / Г. Г. Шемин, А. Л. Бейзель, Л. В. Рябкова [и др.] // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 5. – С. 749–765.
3. **Детальная** корреляция нефтегазоносных отложений келловей и верхней юры северных районов Западной Сибири [Текст] / Г. Г. Шемин, А. Л. Бейзель, М. А. Левчук [и др.] // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41, № 6. – С. 1131–1144.
4. **Литолого-палеогеографические** реконструкции раннеюрской эпохи севера Западной Сибири и прилегающей акватории Карского моря [Текст] / Г. Г. Шемин, А. Л. Бейзель, Л. Г. Вакуленко, В. И. Москвин // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013 : Тр. Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология». Т. 1. – Новосибирск : СГГА, 2013. – С. 13–18.
5. **Методические** указания по составлению литолого-фациальных и палеогеографических



карт [Текст] / М. М. Алиев, Е. А. Гофман, Л. Т. Климова [и др.]. – М. : ИГИРГИ, 1967. – 25 с.

6. **Михайлова, Н. А.** Методика составления крупномасштабных литолого-фациальных и палеогеографических карт [Текст] / Н. А. Михайлова. – М. : Наука, 1973. – 54 с.

7. **Нежданов, А. А.** Некоторые теоретические вопросы циклической седиментации [Текст] / А. А. Нежданов // Литостратиграфические закономерности размещения резервуаров и залежей углеводородов. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 60–79.

8. **Объяснительная** записка к атласу литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1:5 000 000 [Текст] / Под ред. И. И. Нестерова). – Тюмень : ЗапСибНИГНИ, 1976. – 85 с.

9. **Палеобиофации** нефтегазоносных волжских и неокомских отложений Западно-Сибирской плиты [Текст] / С. П. Булыникова, А. В. Гольберт, И. Г. Климова [и др.]; под ред. А. В. Гольберта, А. Э. Конторовича. – М. : Недра, 1978. – 87 с.

10. **Палеогеография** Севера СССР в юрском периоде [Текст] / В. А. Захаров, М. С. Месежников, З. З. Ронкина [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1983. – 191 с.

11. **Решение** 6-го межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири : Объяснительная записка [Текст] / Ред. Ф. Г. Гулари [и др.]. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 2004. – 114 с.

12. **Северное** Приобье Западной Сибири. Геология и нефтегазоносность неокома (системно-литмологический подход) [Текст] / Ю. Н. Кародин, В. А. Казаненков, С. А. Рылькова, С. В. Ершов. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 200 с.

13. **Систематика** и классификация осадочных пород и их аналогов [Текст] / В. Н. Шванов, В. Т. Фролов, Э. И. Сергеева [и др.]. – СПб. : Недра, 1998. – 352 с.

14. **Условные** обозначения и методические указания по составлению атласа литолого-палеогеографических карт СССР [Текст] / Под ред. А. П. Виноградова. – М. : Гостоптехиздат, 1962. – 45 с.

15. **Шемин, Г. Г.** Высокорастворимая корреляция нефтегазоносных отложений юры северных районов Западной Сибири [Текст] / Г. Г. Шемин, А. Л. Бейзель, А. Ю. Нехаев // Горные ведомости. – 2012. – № 1. – С. 60–83.

© Г. Г. Шемин, А. Л. Бейзель, Л. Г. Вакуленко, В. И. Москвин, Н. В. Первухина, А. А. Сюрин, 2014

ШЕМИН Георгий Георгиевич

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (ИНГГ СО РАН), Новосибирск, зав. лабораторией, д. г.-м. н.

E-mail: SheminGG@ipgg.nsc.ru

БЕЙЗЕЛЬ Александр Леович

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (ИНГГ СО РАН), Новосибирск, ст. науч. сотр., к. г.-м. н.

E-mail: BeiselAL@ipgg.sbras.ru

ВАКУЛЕНКО Людмила Галериевна

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (ИНГГ СО РАН), Новосибирск, вед. науч. сотр., к. г.-м. н., доцент

E-mail: VakulenkoLG@ipgg.sbras.ru

МОСКВИН Валерий Иванович

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (ИНГГ СО РАН), Новосибирск, вед. науч. сотр., д. г.-м. н.

E-mail: MoskvinVI@ipgg.sbras.ru

ПЕРВУХИНА Наталья Владимировна

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (ИНГГ СО РАН), Новосибирск, мл. науч. сотр.

E-mail: PervuhinaNV@ipgg.sbras.ru

СЮРИН Антон Александрович

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (ИНГГ СО РАН), Новосибирск, мл. науч. сотр.

E-mail: SurinAA@ipgg.nsc.ru

SHEMIN Georgii, DSc, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia

E-mail: SheminGG@ipgg.nsc.ru

BEYZEL Aleksandr, PhD, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia

E-mail: BeiselAL@ipgg.sbras.ru

VAKULENKO Lyudmila, PhD, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia

E-mail: VakulenkoLG@ipgg.sbras.ru

MOСКВИН Valerii, DSc, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia

E-mail: MoskvinVI@ipgg.sbras.ru

PERVUKHINA Natalya, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia

E-mail: PervuhinaNV@ipgg.sbras.ru

SYURIN Anton, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia

E-mail: SurinAA@ipgg.nsc.ru