

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ В МЕЗОЗОЕ И КАЙНОЗОЕ

В.А. Конторович, С.Ю. Беляев, А.Э. Конторович, В.О. Красавчиков, А.А. Конторович,
О.И. Супруненко***

Институт геологии нефти и газа СО РАН, Новосибирск, Россия

* Красноярский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья, Красноярск, Россия

** ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, Английский просп. 1, Россия

Приведены результаты обобщающих региональных исследований территории Западно-Сибирской геосинеклизы. На современном информационном и технологическом уровне составлены структурные карты по подошве плитного комплекса, кровле юрского и нижний мел-туронского комплексов. На основе уточненной классификации тектонических элементов по этим уровням построены тектонические карты, на которых показаны тектонические элементы и дизъюнктивные нарушения, дифференцированные по времени формирования и глубине распространения. Приведены и кратко охарактеризованы структурная и тектоническая карты по кровле юрского структурного яруса. Анализ структурных и тектонических карт, карт изопахит и сейсмических разрезов позволил описать историю тектонического развития Западно-Сибирской геосинеклизы в меловой период и кайнозойскую эру, установить связь с ней нефтегазоносности.

Западно-Сибирская геосинеклиза, флюидоупоры, структурные карты, классификация тектонических элементов, тектонические карты, история тектонического развития, дизъюнктивные нарушения, нефтегазоносность.

TECTONIC STRUCTURE AND HISTORY OF EVOLUTION OF THE WEST SIBERIAN GEOSYNECLISE IN THE MESOZOIC AND CENOZOIC

V.A. Kontorovich, S.Yu. Belyaev, A.E. Kontorovich, V.O. Krasavchikov, A.A. Kontorovich, and O.I. Suprunenko

The results of generalized regional studies of the West Siberian geosyncline are presented. The structural maps for the bottom of the plate complex and top of the Jurassic and Lower Cretaceous-Turonian complexes were compiled at the modern informative and technological level. The refined classification of the tectonic elements allowed compilation of tectonic maps for these levels, in which the tectonic elements and faults differentiated by the time of their formation and depth of occurrence are shown. The structural and tectonic maps for the top of the Jurassic structural stage are presented and briefly described. Analysis of the structural and tectonic maps, isopach maps, and seismic profiles enabled description of the tectonic history of the West Siberian geosyncline during the Cretaceous and Cenozoic in relation to its petroleum potential.

West Siberian geosyncline, seals, structural maps, classification of tectonic elements, tectonic maps, tectonic history, faults, petroleum potential

ВВЕДЕНИЕ

История крупномасштабного систематического изучения геологического строения Западной Сибири насчитывает более пяти десятилетий. За эти годы Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция превратилась в один из крупнейших в мире нефтедобывающих регионов, который, в значительной мере, обеспечивает энергетическую и экономическую безопасность России.

Последнее крупное региональное обобщение геолого-геофизических материалов по территории Западной Сибири было выполнено в 1975 г. и опубликовано в монографии «Геология нефти и газа Западной Сибири». За прошедшие четверть века накоплен гигантский геолого-геофизический материал, обобщение, анализ и осмысление которого может открыть новый этап в истории изучения Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Такие обобщающие региональные исследования в настоящее время проводятся в Институте геологии нефти и газа СО РАН в содружестве со специалистами большого количества научных и производственных геологических организаций.

Одна из задач, которая решается в рамках этих исследований, сводится к построению новых современных схем тектонического районирования мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, изучению истории тектонического развития региона и уточнению тектонических критериев нефтегазоносности бассейна.

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕГАКОМПЛЕКСЫ И СТРУКТУРНЫЕ ПОСТРОЕНИЯ

Еще на ранних этапах изучения Западно-Сибирского бассейна Ф.Г. Гурари, Т.И. Гурова, В.П. Казаринов, А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Г.Э. Прозорович и другие [1968] отметили, что наиболее крупные скопления нефти и газа содержатся в отложениях, перекрытых выдержанными на значительных расстояниях реперными глинистыми пачками - флюидоупорами. Тогда же, в 1968 г., они предложили выделять региональные, зональные и локальные флюидоупоры. Несколько позже в работах Ю.Н. Карогодина [1974], А.Э. Конторовича, Э.Э. Фотиади, В.И. Демина и других [1981] был выделен дополнительный класс флюидоупоров - мегарегиональные.

В осадочном чехле Западной Сибири можно выделить два мегарегиональных флюидоупора - баженовскую и кузнецовскую свиты.

Характерной особенностью этих отложений является то, что они представлены выдержанными по толщине глинистыми пачками, сформировавшимися в эпохи трансгрессий и распространенными на обширных территориях.

Принципиально важно также то, что именно к этим геологическим реперам приурочены наиболее энергетически выраженные отражающие сейсмические горизонты, что позволяет кондиционно картировать поверхности мегарегиональных флюидоупоров, разделяющих структурно-формационные мегакомплексы по результатам сейсморазведочных работ МОГТ.

В рамках проведенных исследований на современном информационном и технологическом уровне выполнены структурные построения по подошве плитного комплекса, кровле юрского (баженовская свита) и нижней мел-туронского (кузнецовская свита) структурно-формационных мегакомплексов на всю территорию Западной Сибири, включая акваторию Карского моря. Именно эти материалы и данные региональных сейсмических профилей легли в основу построения схем тектонического районирования Западно-Сибирской геосинеклизы.

Следует отметить, что анализ структурных поверхностей, построенных по различным реперным горизонтам мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Западной Сибири, позволил отметить в их строении ряд принципиальных отличий. Это обстоятельство ставит под сомнение возможность построения единой схемы тектонического строения мезозойско-кайнозойского осадочного чехла. Вероятно, более корректно выглядит постановка задачи построения серии тектонических схем, которые бы адекватно отображали архитектуру различных структурных ярусов. Именно такой подход и был реализован в настоящей работе.

КРИТЕРИИ КЛАССИФИКАЦИИ ПЛАТФОРМЕННЫХ СТРУКТУР

Вопросы, связанные с историей тектонического развития и районирования Западной Сибири, являвшиеся объектом горячих дискуссий в 50-70-х годах, в последние десятилетия практически не рассматриваются ни на страницах печати, ни на научных совещаниях. Достаточно отметить, что две последние принципиально разные схемы тектонического районирования Западной Сибири под редакцией И.И. Нестерова и В.С. Суркова были построены соответственно в 1974 и 1981 гг.

В последующие годы уточнены схемы тектонического строения отдельных регионов Западной Сибири: Томской и Новосибирской областей (Старосельцев В.С., 1996, отчет),

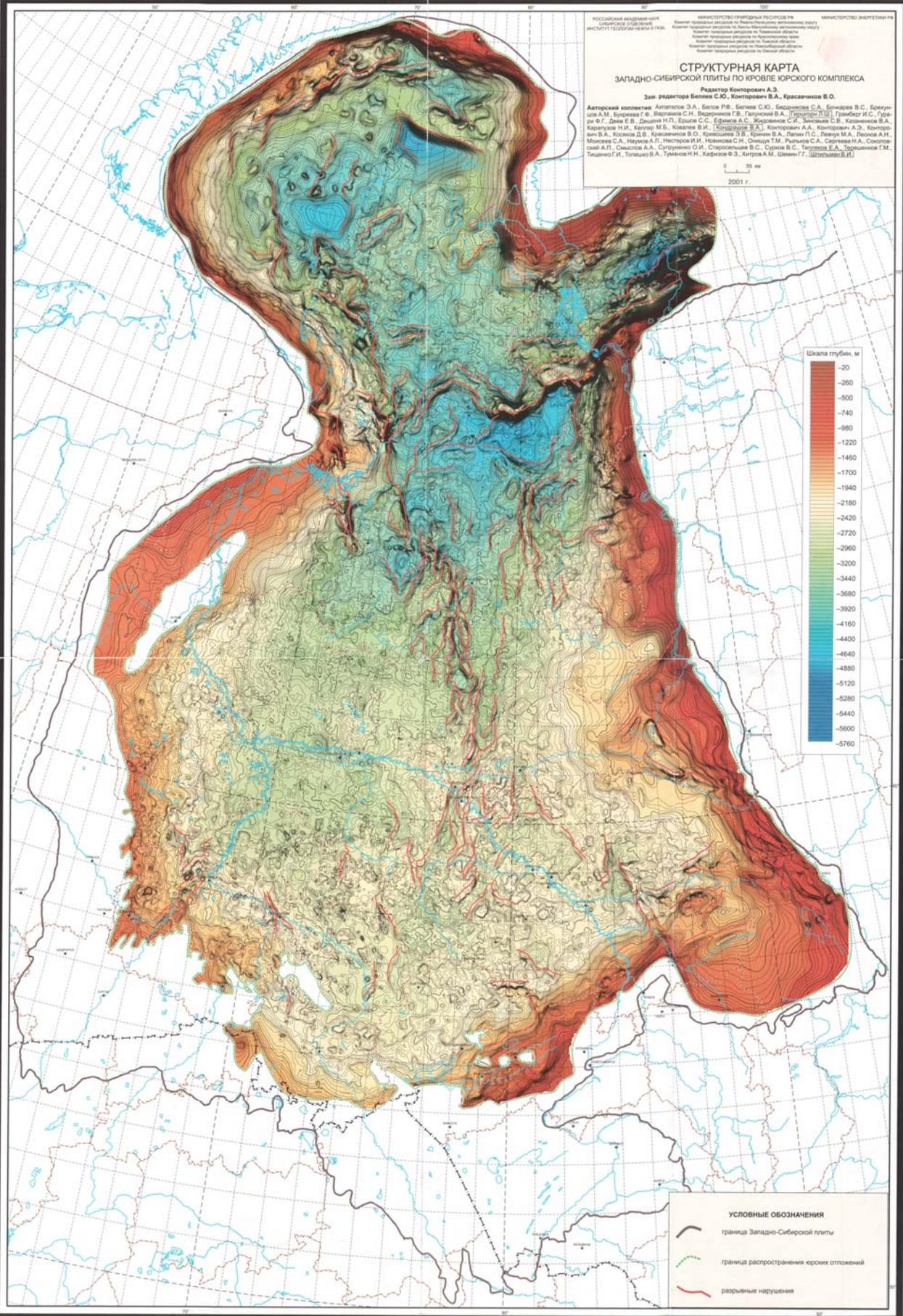
Классификация тектонических элементов мезозойско-кайнозойских платформенных отложений Западно-Сибирской геосинеклизы

Порядок структур	Тектонические элементы											
	Положительные					Отрицательные						
	Замкнутые		Полузамкнутые		Незамкнутые	Замкнутые		Полузамкнутые		Незамкнутые		
	Изометричные	Линейные	Изометричные	Линейные	Линейные	Изометричные	Линейные	Изометричные	Линейные	Изометричные		
Надпорядковые $S > 60\ 000$ — $200\ 000\ \text{км}^2$	Мегаантеклиза	Мегагряда	Мегагемиантеклиза	Наклонная мегагряда	Мегагемигряда	Мегагемиантеклиза	Мегагемигряда	Мегагемиантеклиза	Наклонный мегагемигриб	Мегагемиантеклиза	—	Мегаантеклиза
	Аптеклиза	Гряда	Гемиянтеклиза	Наклонная гряда	Гемиянтеклиза	Синеклиза	Желоб	Синеклиза	Наклонный гемиянтеклиза	Синеклиза	—	Моноклиза
I порядка $S \geq 6000$ — $20\ 000\ \text{км}^2$	Свод	Мегавал	Структурный мегамыс	Наклонный мегавал	Мегавыступ	Мега-впадина	Мегапрогиб	Структурный мегазалив	Наклонный мегапрогиб	Структурный мегазалив	Мегагемиянтеклиза	Мегаантеклиза
	Куполовидное мегаподнятие	Мезовал	Структурный мезомыс	Наклонный мезовал	Мезовыступ	Мезо-впадина	Мезо-прогиб	Структурный мезозалив	Наклонный мезо-прогиб	Структурный мезозалив	Мезо-впадина	Мезоантеклиза
II порядка $S \geq 2000$ — $6000\ \text{км}^2$	Куполовидное поднятие	Вал	Структурный мыс	Наклонный вал	Выступ	Впадина	Прогиб	Структурный залив	Наклонный прогиб	Структурный залив	Врез	Моноклиналь
	Локальное поднятие	—	—	—	—	Локальная впадина	—	—	—	—	—	—

Томской области и прилегающих территорий Ханты-Мансийского автономного округа, Омской и Новосибирской областей [Конторович, 1999], Ямало-Ненецкого автономного округа [Беляев и др., 2000], Ханты-Мансийского автономного округа [Шильман и др., 1999] и т. д., однако общей карты на всю Западную Сибирь не составлялось.

Следует также подчеркнуть, что классификация тектонических элементов для платформенных областей, традиционно используемая в качестве основы при построении тектонических карт Западной Сибири [Решение совещания..., 1963], была разработана в рамках межведомственного совещания, проходившего во ВНИГРИ (г. Ленинград) еще в 1963 г. - в эпоху, когда на территории бассейна не было отработано ни одного профиля МОГТ.

В рамках проведенных исследований на базе анализа современных геолого-геофизических материалов была разработана новая классификация платформенных структур (см. таблицу). Принципиально важным является то, что предлагаемая классификация, с одной стороны, максимально учитывает традиционные подходы, опубликованные в работах В.Д. Наливкина, Ф.Г. Гурари, К.И. Микуленко, М.Я. Рудкевича, Н.Н. Ростовцева, В.С. Старосельцева, В.С. Суркова и многих других, с другой - позволяет существенно детализировать схему тектонического районирования и более однозначно выделять



контуры структур различных порядков.

С использованием разработанной классификации в рамках настоящей работы осуществлено построение тектонических карт по кровле юрского и нижний мелтуронского структурно-формационных комплексов.

На тектонических схемах помимо структур различных порядков показаны разрывные нарушения, основой для выделения которых послужил анализ карт градиентов структурных поверхностей и характер сейсмической записи на региональных временных разрезах.

Учитывая, что при составлении тектонических схем в качестве опорной поверхности традиционно использовалась кровля баженовской свиты и ее аналогов, ниже приведена краткая характеристика тектонического строения юрского структурно-формационного комплекса.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

В рельефе кровли юрского структурно-формационного комплекса (рис. 1, см. вкладку) площадь Западно-Сибирской геосинеклизы составляет 2 692 000 км².

На тектонической схеме юрского структурного яруса (рис. 2, см. вкладку), составленной коллективом специалистов ИГНГ СО РАН, выделены 595 тектонических элементов, в том числе 3 региональные структуры, 12 надпорядковых структур, 13 - структур нулевого (0) порядка, 65 - I порядка, 103 - II порядка и 399 - III порядка. Суммарные и средние площади тектонических элементов выглядят следующим образом:

- региональные - $S_{\text{сум}} = 2\,692\,000 \text{ км}^2$ (Западно-Сибирская геосинеклиза); $S_{\text{ср}} = 897\,350 \text{ км}^2$;

- надпорядковые - $S_{\text{сум}} = 1\,710\,000 \text{ км}^2$; $S_{\text{ср}} = 142\,500 \text{ км}^2$;

- 0 порядка - $S_{\text{сум}} = 359\,800 \text{ км}^2$; $S_{\text{ср}} = 27\,700 \text{ км}^2$;

- I порядка - $S_{\text{сум}} = 796\,500 \text{ км}^2$; $S_{\text{ср}} = 12\,250 \text{ км}^2$;

- II порядка - $S_{\text{сум}} = 304\,000 \text{ км}^2$; $S_{\text{ср}} = 2\,950 \text{ км}^2$;

- III порядка - $S_{\text{сум}} = 262\,000 \text{ км}^2$; $S_{\text{ср}} = 660 \text{ км}^2$.

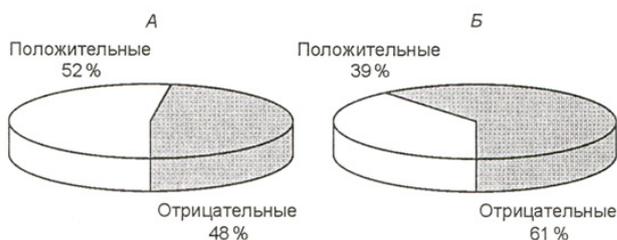


Рис. 3. Распределение количества (А) и суммарных площадей (Б) положительных и отрицательных тектонических элементов.

Среди выделенных структур (без учета региональных) 294 являются положительными, 269 - отрицательными, 29 - промежуточными. Несмотря на то, что количество положительных тектонических элементов на 4% превышает количество отрицательных, их суммарная площадь на 22% меньше (рис. 3).

По «критерию замкнутости» тектонические элементы распределились следующим образом: замкнутых структур

435 шт, полузамкнутых - 39, незамкнутых - 52. В пределах структур различных порядков распределение тектонических элементов по «критерию замкнутости» существенно отличается. Так, доля незамкнутых и полузамкнутых тектонических элементов для надпорядковых структур составляет 75%, для тектонических элементов 0 порядка - 54%, I порядка - 57%, II порядка - 20%, III порядка - 4%.

Суммарная площадь всех замкнутых тектонических элементов, получивших развитие на территории Западной Сибири (здесь и далее - в рамках выполненных построений), составляет 1 191 000 км², полузамкнутых - 354 000 км², незамкнутых - 1 845 000 км² с учетом мегамоноклиз, занимающих практически всю территорию Внешнего пояса и, частично, территорию Внутренней области, и 274 000 км² без учета надпорядковых моноклиналей.

Из 595 тектонических элементов различных порядков, выделенных в рельефе юрского структурно-формационного комплекса, 368 являются изометричными и 227 - линейными («критерий формы»).



Рис. 4. Региональные структуры Западно-Сибирского юрского осадочного бассейна.

Класс региональных структур включает 3 тектонических элемента: Внешний пояс геосинеклизы, Ямало-Карскую региональную депрессию и Среднеобскую региональную ступень (рис. 4). Два последних тектонических элемента в сумме составляют Внутреннюю область геосинеклизы.

Ямало-Карская региональная депрессия представляет собой впадину, контролируемую в рельефе юрских отложений изогипсой минус 2 800 м, т.е. является замкнутым отрицательным тектоническим элементом. Площадь региональной структуры, занимающей 30% территории геосинеклизы, составляет 809 800 км².

Среднеобская региональная ступень, имеющая изометричную форму, в меридиональном сечении представляет собой моноклинал, в широтном - депрессию, т.е. является полузамкнутым отрицательным тектоническим элементом. Эта региональная структура занимает 27% территории геосинеклизы и имеет площадь 716 600 км².

Внешний пояс - единственная показанная на тектонической схеме кольцевая структура, площадью 1 165 600 км², занимает 43% территории геосинеклизы.

Внешний пояс геосинеклизы

Выше было отмечено, что для Внешнего пояса Западно-Сибирской геосинеклизы характерно наличие крупных моноклиналей и незначительное развитие крупных замкнутых положительных и отрицательных структур. В пределах этой тектонической зоны выделены 6 надпорядковых структур сочленения - мегамоноклиз и 1 отрицательная полузамкнутая структура - Тегульдетская мегагеосинеклиза, разделенные незамкнутыми и полузамкнутыми положительными тектоническими элементами I, либо II порядка.

Отнесение Тегульдетской «зоны» к классу отрицательных структур весьма условно. Основанием для этого послужили нелинейная форма этого тектонического элемента и то, что в сечении северо-восточного направления (квазипараллельно обрамлению геосинеклизы) эта структура представляет собой депрессию.

Площади мегамоноклиз, осложняющих Внешний пояс, изменяются в диапазоне от 93 000 км² до 314 300 км², средняя площадь составляет 170 800 км².

Кроме надпорядковых структур в пределах Внешнего пояса выделены 74 тектонических элемента I-III порядка, из которых 43 структуры положительные и 31 - отрицательная. Основная масса этих тектонических элементов представлена замкнутыми структурами III порядка - куполовидными поднятиями и валами, впадинами и прогибами.

Доля незамкнутых и полузамкнутых положительных и отрицательных структур I-III порядков составляет соответственно 25 и 16 %.

Внутренняя область геосинеклизы. Сравнительная характеристика Ямало-Карской региональной депрессии и Среднеобской региональной ступени

В пределах Внутренней области Западно-Сибирской геосинеклизы выделены 512 тектонических элементов, в том числе в пределах Ямало-Карской депрессии - 240, в пределах Среднеобской региональной ступени - 272.

Надпорядковые структуры. Внутренняя область геосинеклизы осложнена 5 надпорядковыми структурами (3 - отрицательные и 2 - промежуточные) суммарной площадью 439 830 км², что составляет 29% от площади Внутренней области.

Отрицательные надпорядковые структуры, представленные Карской, Антипаютинско-Тадебеяхинской и Большехетской мегасинеклизами, расположены в пределах Ямало-Карской региональной депрессии. Мегасинеклизы, занимающие 32% территории региональной структуры, имеют суммарную площадь 257 000 км². Средняя площадь отрицательной надпорядковой структуры составляет 85 350 км².

В пределах обеих региональных структур, осложняющих Внутреннюю область геосинеклизы, расположены промежуточные надпорядковые тектонические элементы: Южно-Надымская мегамоноклиза в Ямало-Карской региональной депрессии и Краснотенинская мегамоноклиза в Обской региональной ступени. Площади этих тектонических элементов приблизительно одинаковы и составляют соответственно 166 600 и 163 200 км².

В процентном отношении Южно-Надымская и Краснотенинская мегамоноклизы занимают соответственно 21 и 23% площадей осложняемых ими региональных структур.

Структуры 0 порядка. Анализ структурной поверхности по кровле юрского структурно-формационного комплекса позволил выделить на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции 2 моноклизы и 11 «знаковых» (положительных + отрицательных) тектонических элементов 0 порядка, площади которых лежат в диапазоне от 24 500 до 58 200 км², и все они расположены во Внутренней области геосинеклизы.

Обе моноклиальные зоны 0 порядка расположены в Ямало-Карской региональной депрессии и представляют собой зоны сочленения Внешнего пояса и синклиальных зон, осложняющих центральную часть региональной структуры. Общая площадь тектонических элементов составляет 92 120, средняя - 46 070 км².

В пределах Ямало-Карской региональной депрессии также выделены 3 полузамкнутых тектонических элемента 0 порядка: 1 положительный (Мессояхская наклонная гряда) и 2 отрицательных (Среднепурский наклонный желоб и Надымская гемисинеклиза).

Суммарная площадь тектонических элементов 0 порядка, расположенных в пределах региональной структуры, составляет 186 800 км² - 21% площади Ямало-Карской депрессии. Средняя площадь структур 0 порядка - 37 360 км².

Большая часть тектонических элементов 0 порядка выделены в пределах Среднеобской региональной ступени. Здесь расположены 4 структуры, 3 из которых положительные (Обь-Васюганская, Куржинская гряды и Хантейская гемаинтеклиза) и 1 отрицательная (Мансийская синеклиза).

Из четырех структур 2 имеют изометричную форму, 2 - линейную. Суммарная площадь тектонических элементов, занимающих 42% территории Среднеобской региональной ступени, составляет 300 700 км², средняя - 37 590 км².

Отношение площадей структур 0 порядка, расположенных в Ямало-Карской региональной депрессии, к площадям тектонических элементов того же порядка в Среднеобской региональной ступени составляет 0,6.

Структуры I порядка. На построенной тектонической карте на территории Внутренней области Западно-Сибирской геосинеклизы показаны 57 тектонических элементов I порядка. Общая площадь структур I порядка, занимающих 46% территории Внутренней области бассейна, составляет 707 870 км², средняя площадь - 12 400 км².

Промежуточные структуры. На территории Внутренней области геосинеклизы расположены 10 промежуточных тектонических элементов I порядка, по 5 в каждой из региональных структур.

В Ямало-Карской региональной депрессии структуры сочленения представлены 2 мегаседловинами и 3 мегамоноклиналями, в Среднеобской региональной ступени развиты 4 мегамоноклинали и 1 мегаседловина. Суммарная площадь промежуточных

тектонических элементов I порядка, расположенных в Ямало-Карской депрессии, составляет 96 550 км², средняя - 19 300 км², в Среднеобской региональной ступени соответственно - 68 670 и 13 730 км².

Анализируя положение структур сочленения, можно отметить присущую им особенность.

В Ямало-Карской региональной депрессии все мегамоноклинали приподнятой частью примыкают к границе Внутренней области геосинеклизы, т.е. представляют собой структуры сочленения Внешнего пояса с крупными депрессионными зонами, осложняющими внутренние части региональной структуры.

В Среднеобской региональной ступени 3 из 4 моноклиналильных зон расположены во внутренней части бассейна и являются структурами сочленения крупных положительных и отрицательных структур.



Рис. 5. Распределение структур I порядка по критерию „знака“ (А) и „формы“ (Б) в пределах Среднеобской региональной ступени и Ямало-Карской региональной депрессии.

Положительные структуры. Внутренняя область Западно-Сибирской геосинеклизы осложнена 24 положительными структурами I порядка, из которых 15 находятся в Среднеобской региональной ступени и лишь 9 в Ямало-Карской региональной депрессии (рис. 5, А). Суммарные площади положительных тектонических элементов I порядка, расположенных в пределах этих тектонических зон, также отличаются почти на 50%. И это при том, что в Ямало-Карской депрессии средние площади структур больше, чем в Среднеобской региональной ступени (11 800 против 10 200 км²).

Принципиально отличаются положительные структуры I порядка, расположенные в северной и южной частях Западной Сибири, по критериям «формы» (см. рис. 5, Б) и «замкнутости».

Из 15 положительных структур I порядка, расположенных в пределах Среднеобской региональной ступени:

- 9 являются замкнутыми, 5 полузамкнутыми и 1 незамкнутая - доминируют замкнутые структуры;

- 7 являются изометричными и 7 линейными - равномерное распределение.

Из 9 положительных структур I порядка, расположенных в Ямало-Карской региональной депрессии:

- замкнутая (Северный свод), 4 - полузамкнутые и 4 - незамкнутые - доминируют незамкнутые и полузамкнутые структуры;

- 1 изометричная (Северный свод) и 8 линейные - доминируют линейные структуры.

Если к этому добавить, что площадь Северного свода - единственной замкнутой изометричной положительной структуры I порядка на территории Ямало-Карской депрессии составляет 5 870 км², т.е. согласно разработанной классификации находится на «границе перехода» между структурами I и II порядка, то можно сделать вывод о том, что для этой региональной структуры положительные замкнутые изометричные тектонические элементы I порядка абсолютно не характерны.

Между положительными тектоническими элементами I порядка южной и северной частей Западной Сибири существует еще ряд принципиальных отличий.

В Ямало-Карской региональной депрессии подавляющее большинство структур примыкают основанием к Внешнему поясу, и они не объединены в тектонические элементы более низких порядков - антеклизы и гряды.

В пределах Среднеобской региональной ступени развиты структуры как примыкающие к границе Внешнего пояса, так и осложняющие внутреннюю часть региональной структуры. При этом 8 из 15 положительных структур I порядка формируют тектонические элементы 0 порядка - гряды и антеклизы.

Отрицательные структуры. Если при характеристике положительных структур был сделан вывод о том, что их количество в пределах Среднеобской региональной ступени на 40% больше, чем в Ямало-Карской региональной депрессии, то с отрицательными ситуация является противоположной.

Согласно выполненным построениям, в пределах Ямало-Карской депрессии получили развитие 14 отрицательных структур I порядка, в то время как в Среднеобской ступени - только 9. Несколько больше и суммарная площадь отрицательных тектонических элементов, расположенных в северных районах Западной Сибири (148 600 против 125 550 км²).

Сохраняется здесь также и обратная зависимость между количеством структур и их средними площадями. Средняя площадь отрицательных тектонических элементов, осложняющих Среднеобскую региональную ступень, выше и составляет 13 950 км² против 10 600 км² в Ямало-Карской региональной депрессии.

По критериям «формы» и «замкнутости», в отличие от положительных тектонических элементов, в обеих региональных структурах доминируют отрицательные замкнутые изометричные формы (см. рис. 5). В Ямало-Карской региональной депрессии отношение количества изометричных структур к количеству линейных составляет 2,0, количества замкнутых структур к незамкнутым и полузамкнутым - 3,6; в Среднеобской региональной ступени эти показатели составляют соответственно 2,5 и 3,5.

Структуры II порядка. На территории Внутренней области Западно-Сибирской геосинеклизы выделено 86 тектонических элементов II порядка, суммарная площадь которых составляет 356 250 км², средняя - 2 950 км².

В пределах обеих региональных структур расположено по 43 структуры II порядка. В каждой из зон тектонические элементы примерно одинаково распределены по критерию «знака»: в Ямало-Карской депрессии сосредоточены: 19 положительных структур, 22 отрицательные и 2 промежуточные, в Среднеобской региональной ступени - 19 положительных, 19 отрицательных и 5 промежуточных.

Формально по критерию «формы» тектонические элементы также распределены приблизительно равномерно - на севере и юге Западной Сибири количество линейных структур составляет соответственно 23 и 21, изометричных - 20 и 22.

Реально это не совсем так. В пределах Среднеобской региональной ступени для положительных структур отношение количества линейных структур к изометричным составляет 1,1, для отрицательных - 1,3, т.е. имеет место близкое к равновеликому распределение. В Ямало-Карской депрессии, как и в случае структур I порядка, среди отрицательных тектонических элементов II порядка доминируют изометричные формы, среди положительных - линейные. Для положительных структур отношение количества линейных структур к изометричным составляет 2,8, для отрицательных - 0,47.

Можно отметить еще два отличия среди тектонических элементов II порядка, осложняющих северную и южную части Внутренней области геосинеклизы.

Первое заключается в том, что при приблизительно одинаковых средних площадях положительных структур (на севере - 2 650 км², на юге - 2 700 км²) «ямало-карские» отрицательные тектонические элементы существенно меньше «среднеобских» - 2 880 против 3 480 км.

Вторым отличием является то, что если в Среднеобской региональной ступени большинство положительных тектонических элементов входит в состав более крупных положительных структур, то в Ямало-Карской депрессии большая их часть являются «самостоятельными», не входящими в состав однознаковых структур более низких порядков.

Структуры III порядка. В пределах Внутренней области Западно-Сибирской геосинеклизы в рельефе юрских отложений выделена 351 структура III порядка общей площадью 249 200 км².

В Ямало-Карской региональной депрессии получили развитие 84 положительные, 75 отрицательных и 1 промежуточная структуры, в Среднеобской региональной ступени - 100 положительных и 91 отрицательная. Отношение количества положительных структур к отрицательным составляет соответственно 1,12 и 1,1. Средние площади тектонических элементов в пределах отдельных региональных структур также изменяются незначительно и составляют 660 км².

По критерию «формы» тектонические элементы III порядка также имеют приблизительно одинаковое распределение в обеих региональных структурах. В Ямало-Карской депрессии выделены 112 изометричных и 48 линейных тектонических элементов, в Среднеобской региональной ступени соответственно 124 и 67.

Таким образом, можно констатировать, что характер строения и распределения тектонических элементов III порядка в пределах Ямало-Карской депрессии и Обской региональной ступени не имеет существенных отличий.

ИСТОРИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ В МЕЛОВОЙ ПЕРИОД И КАЙНОЗОЙСКУЮ ЭРУ

Выше было отмечено, что мезозойско-кайнозойские сейсмогеологические реперы квазиизохронны, развиты на обширных территориях и представлены выдержанными по толщине глинистыми пачками, образование которых происходило в эпохи крупных трансгрессий. Учитывая генезис этих отложений, можно сделать вывод о том, что на момент формирования они представляли собой поверхности, близкие к региональным поверхностям выравнивания.

В этом случае характер изменения толщин мегакомплексов (направленность и контрастность), заключенных между этими поверхностями, будут отображать тектонические движения на различных этапах развития территории - зоны увеличенных толщин мегакомплексов будут отвечать палеодепрессиям (областям прогибания), зоны уменьшенных - палеоподнятиям (областям воздымания).

Анализ изменения толщин ранний мел-туронского и коньяк-кайнозойского мегакомплексов и палеотектонические реконструкции, выполненные по временным сейсмическим разрезам, легли в основу изучения истории тектонического развития Западной Сибири в меловой период и кайнозойскую эру.

Анализ карт изопахит ранний мел-туронских и коньяк-кайнозойских отложений позволил сделать вывод о том, что при унаследованном развитии территории в целом, которое проявилось в погружении внутренней части бассейна относительно обрамления и северных районов относительно южных, ранний мел-туронский и коньяк-кайнозойский этапы развития имели ряд принципиальных отличий.

Ранний мел-туронский этап развития - этап формирования изометричных структур. В это время происходило активное погружение северной части геосинеклизы, в результате которого была сформирована Ямало-Карская региональная депрессия и все осложняющие ее отрицательные надпорядковые структуры: Карская, Антипаютинско-Тадебяхинская и Большехетская мегасинеклизы. При этом современные контуры всех надпорядковых отрицательных структур, а также Мессояхской наклонной гряды - крупной положительной структуры 0 порядка были сформированы уже к концу туронского века.

В туронском палеорельефе волжских отложений Среднеобская региональная ступень представляет собой квазигоризонтальную, не имеющую регионального наклона поверхность, осложненную структурами разных порядков.

В ранний мел-туронское время в пределах Среднеобской региональной ступени тенденцию к относительному росту испытывали изометричные положительные структуры, приуроченные к относительно монолитным выступам домезозойского основания, в пределах которых мощности домеловых платформенных отложений, как правило, сокращены и «над ними сформированные» более крупные тектонические элементы I порядка. Анализ геолого-геофизических материалов показал, что по размерам монолитные эрозионно-тектонические блоки отвечают тектоническим элементам II и III порядков.

К структурам, испытывающим тенденцию к росту в ранний мел-туронское время, в частности, относятся Сургутский, Нижневартовский, Александровский своды - тектонические элементы, «в основании которых» лежат положительные изометричные структуры II-III порядков. В то же время в туронском палеорельефе кровли юрского структурного яруса гипсометрическое положение сводов относительно друг друга было далеко от современного.

Анализ структурной карты по кровле юрского структурно-формационного комплекса позволяет отметить ступенчатое погружение рельефа по линии Александровский свод (оконтуривающая изогипса - минус 2380 м) - Нижневартовский свод (минус 2520 м) - Сургутский свод (минус 2740 м). Кроме того, в туронском палеорельефе волжских отложений контрастного прогиба, разделяющего Александровский и Нижневартовский своды, не существовало (рис. 6), и эти две структуры входили в состав единого тектонического элемента 0 порядка - Александровско-Нижневартовской палеоантеклизы. Сургутский свод, хотя и был расположен гипсометрически несколько ниже, однако перепад отметок глубин между ним и Александровским сводом был в три раза меньше современного.

Принципиальным отличием туронского палеорельефа юрского структурного яруса от современного является практически полное отсутствие линейно-вытянутых структур, приуроченных к бортовым частям Колтогорского мезопргиба и Среднепурского желоба (северной части Колтогорско-Уренгойского регионального мегажелоба).

Характер распределения толщин ранний мел-туронских отложений позволяет констатировать, что в это время в пределах Ямало-Карской региональной депрессии тенденцию к относительному воздыманию испытывали лишь Мессояхская наклонная гряда, структуры, осложняющие Южно-Карскую мегаседловину, и Северный свод -

единственная замкнутая изометричная структура I порядка, выделенная в составе регионального тектонического элемента.

Завершая характеристику ранний мел-туронских тектонических процессов, еще раз подчеркнем, что в этот период тенденцию к относительному росту испытывали структуры изометричной формы, приуроченные к монолитным эрозионно-тектоническим выступам. Так, анализ материалов по юго-восточным районам Западной Сибири позволил сделать вывод о том, что в пределах этой территории уже к концу апта большая часть положительных структур II-III порядка была сформирована, однако они не были объединены в современные тектонические элементы более низких рангов.

Коньяк-кайнозойский этап развития - этап формирования линейных структур. В это время зона активного прогибания, имевшая место в ранний мел-туронское время, существенно расширилась на юге, в районе Среднепурского желоба и особенно Южно-Надымской мегамоноклизы.

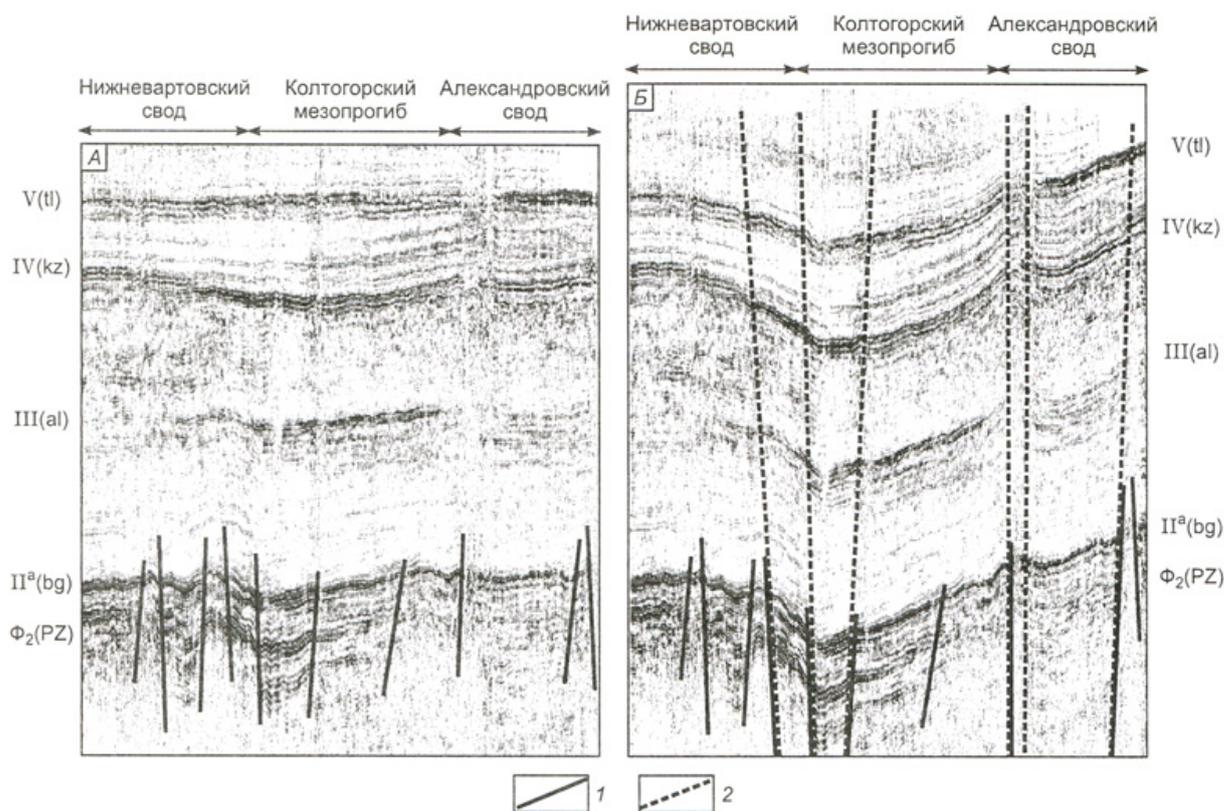


Рис. 6. Палеоразрез, выравненный по кошайской пачке (А), и современный разрез (Б) по линии Нижневартовский свод—Колтогорский мезопрогиб—Александровский свод.

1 — разрывные нарушения, проникающие в нижний мел, 2 — разрывные нарушения, проникающие в кайнозой.

Относительное прогибание западной, примыкающей к Красноленинской мегамоноклизе, части Западно-Сибирской геосинеклизы и одновременное существенно более активное, чем в ранний мел-туронское время, воздымание юго-восточных районов обусловило образование в пределах Среднеобской ступени регионального наклона структурной поверхности кровли юры в северо-западном направлении.

Это привело к тому, что все структуры, расположенные к востоку от Колтогорско-Уренгойского регионального мегажелоба (Колтогорско-Нюрольский желоб + Среднепурский наклонный желоб), в современном рельефе юрского структурного яруса расположены гипсометрически выше «западных». Благодаря этим процессам Александровский свод «поднялся» над Нижневартовским, «разорвав» единую замкнутую палеоантеклизу, а Сургутский свод еще более опустился относительно Александровского и Нижневартовского.

Процесс «распада» Александровско-Нижневартовской палеоантеклизы сопровождался активным формированием линейно-вытянутой депрессии Колтогорского мезопрогиба (см. рис. 6).

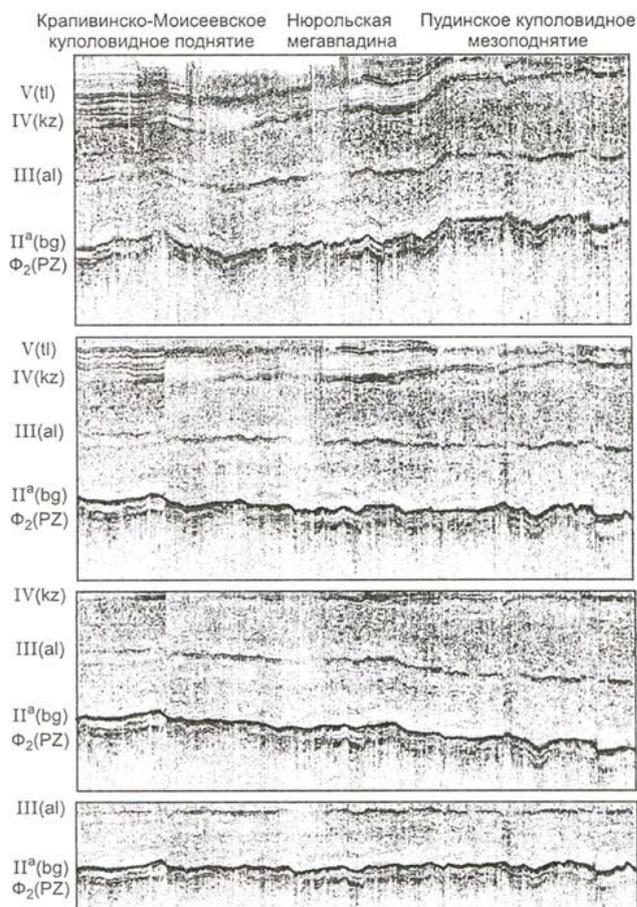


Рис. 7. Палеоразрезы, выравненные по кошайской пачке (нижний мел, апт), кузнецовской свите (верхний мел, турон), талицкой свите (палеоген, ранний палеоцен), и современный разрез по региональному профилю IX (Томск).

В южных районах Западной Сибири процесс относительного воздымания юго-восточных районов Среднеобской региональной ступени над северо-западными протекал не менее активно. Приведенные на рис. 7 палеоразрезы и современный разрез по профилю IX (Томск) наглядно свидетельствуют о том, что именно в коньяк-кайнозойское время Пудинское мезоподняtie «поднялось» над Каймысовским сводом благодаря чему был сформирован и современный облик разделяющей их отрицательной структуры I порядка - Нюрольской мегавпадины.

Процесс регионального воздымания юго-восточных районов Среднеобской региональной ступени над северо-западными сопровождался активным прогибанием, а точнее, формированием Колтогорского мезопрогиба и Среднепурского желоба (северной части Колтогорско-Уренгойского регионального мегажелоба), на фоне которого были сформированы все примыкающие к линейной депрессии вытянутые в северном направлении положительные структуры - Часельский наклонный мегавал, Вынгапуровский, Етыпуровский, Центрально-Уренгойский, Айтульский мезовалы и т.д.

Особо подчеркнем, что эти структуры, как правило, не унаследуют эрозионно-тектонические выступы домезозойского основания, а имеют инверсионную природу.

Этот вывод наглядно подтверждается временным разрезом, пересекающим Айтульский вал, на котором фиксируется значительное увеличение мощностей юрских и меловых отложений и существенное сокращение коньяк-кайнозойских в пределах современной структуры (рис. 8).

Выше было отмечено, что в ранний мел-туронское время некоторую тенденцию к росту имел Северный свод. В то же время анализ глубинного разреза по региональному профилю 23 позволяет констатировать, что эта структура, хотя и развивалась унаследованно, также наиболее активно формировалась в посттуронское время.

Подводя итог характеристике тектонических процессов, имевших место на территории Западной Сибири в постюрское время, сформулируем некоторые выводы.

На протяжении мелового периода и кайнозойской эры происходило унаследованное погружение центральной части геосинеклизы относительно обрамления и Ямало-Карской региональной депрессии относительно Среднеобской региональной ступени.

Современный облик надпорядковых отрицательных структур, расположенных в северной части геосинеклизы, к концу туронского века был в значительной степени сформирован.

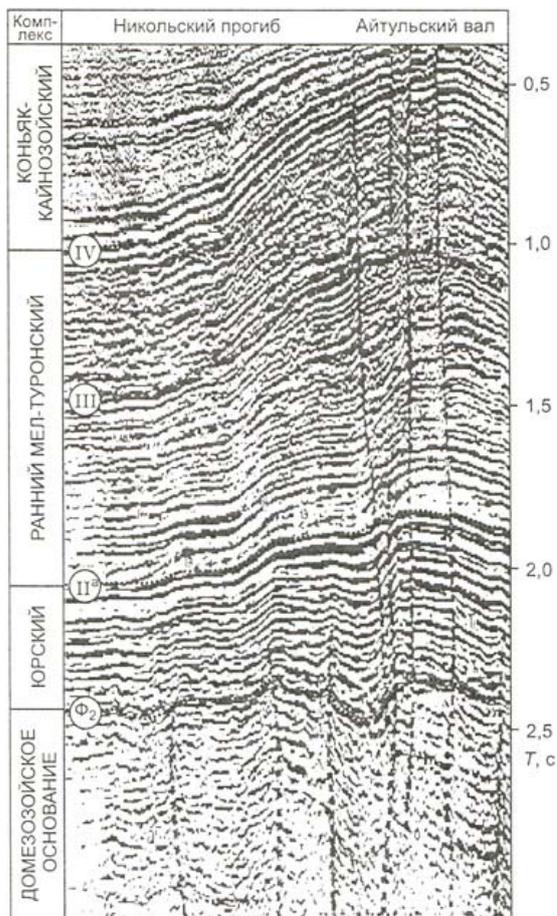


Рис. 8. Фрагмент временного разреза по линии I—I (Никольский прогиб — Айтульский вал).

В ранний мел-туронское время Среднеобская региональная ступень представляла собой плато, осложненное изометричными положительными и отрицательными структурами.

На посттуронском этапе развития происходило опускание северо-западной части Среднеобской ступени и, напротив, активное воздымание юго-восточной. Эти процессы привели к тому, что положительные структуры, расположенные к востоку от Колтогорско-Уренгойского регионального мегажелоба (Александровский свод, Средневасюганский мегавал, Пудинское мезоподняние) в современном рельефе кровли юры расположены гипсометрически выше западных (Нижневартовский свод, Сургутский свод). Благодаря этому процессу также была сформирована Хантейская гемиянтеклиза - положительная полузамкнутая структура 0 порядка.

В ранний мел-туронское время тенденцию к росту испытывали структуры, сформированные над относительно монолитными эрозионно-тектоническими выступами домезозойского основания. Эти тектонические элементы, как правило, унаследованно развивались в течение всего мезозойско-кайнозойского времени.

В коньяк-кайнозойское время происходило активное погружение и увеличение амплитуды северной части Колтогорско-Уренгойского регионального мегажелоба. На фоне этого процесса были сформированы контрастные линейно-вытянутые структуры - Часельский наклонный мегавал, Вынгапуровский, Етыпуровский, Централно-Уренгойский, Айтульский мезовалы и т.д., имеющие, как правило, инверсионную природу.

Северный свод - единственная замкнутая положительная структура I порядка, выделенная в пределах Ямало-Карской региональной депрессии, хотя и носит унаследованный характер развития, наиболее активно формировалась в кайнозойское время.

ДИЗЬЮНКТИВНАЯ ТЕКТОНИКА

Методика выделения и картирования разломов. Выше было отмечено, что в рамках настоящих исследований выделение и трассирование разломов, а также их дифференциация по времени формирования и глубине проникновения осуществлялись посредством анализа региональных сейсмических разрезов, структурных карт, карт изопахит и карт градиентов структурных поверхностей и толщин мегакомплексов.

В основу выделения разрывных нарушений на временных разрезах были положены классические сейсмостратиграфические критерии: нарушение осей синфазности отражающих горизонтов, наличие дифрагированных волн, падение энергетического уровня сейсмической записи и т.д.

На картах градиентов структурных поверхностей разломам соответствуют относительно протяженные узкие линейные зоны увеличенных значений параметра.

Для дифференциации разрывных нарушений по глубине проникновения и времени формирования, помимо сейсмических разрезов, на которых фиксировались «уровни затухания» разломов, были использованы карты изопахит и градиентов изопахит мегакомплексов.

Этапы формирования постъюрских разрывных нарушений. Формирование разрывных нарушений связано с интенсивностью тектонических процессов, имевших место на разных этапах развития региона. Очевидно, что протяженность и характер (сдвиг, смещение, амплитуда и т.д.) разломов определяются, в первую очередь, размерами блоков, испытывающих на себе различного рода тектонические воздействия и приходящих в движение.

Выше было отмечено, что в ранний мел-туронское, а точнее в берриас-аптское время активно развивались изометричные относительно небольшие по размерам структуры, приуроченные к монолитным выступам доюрского основания, и «наложенные» на них положительные структуры I порядка.

Анализ сейсмических материалов свидетельствует о том, что в пределах значительного количества таких структур на временных разрезах фиксируются разломы, проникающие в меловые горизонты.

Учитывая, что в ранний мел-туронское время вертикальные тектонические движения испытывали относительно монолитные выступы домезозойского основания, отвечающие по размерам структурам III-II порядков, можно сделать вывод о том, что сформировавшиеся в это время разрывные нарушения характеризуются разнонаправленностью и незначительной протяженностью (до 50-60 км).

В коньяк-кайнозойское время имели место два важнейших процесса: региональное относительное опускание северо-западных и соответственно воздымание юго-восточных районов Среднеобской региональной ступени и формирование линейных структур на фоне активного погружения северной части Колтогорско-Уренгойского регионального мегажелоба.

Анализ структурной карты по кровле ранний мел-туронского мегакомплекса свидетельствует о том, что в результате первого процесса был сформирован региональный наклон структурной поверхности кровли юры в северо-западном направлении. Этот процесс не сопровождался активными вертикальными тектоническими движениями и, как следствие, не привел к формированию разрывных нарушений.

Принципиально иначе обстоит дело в районе, где формировались линейные структуры. Здесь, по бортам Колтогорско-Уренгойского регионального мегажелоба и по склонам линейных положительных структур, были сформированы высокоамплитудные разрывные нарушения север-северо-восточного простирания, формирующие региональную систему разломов, протягивающуюся на сотни километров от Среднеवासюганского мегавала и Каймысовского свода на юге до Мессояхской наклонной гряды и далее на север. При этом амплитуды смещений по разломам увеличиваются в северном направлении.

Завершая описание процессов дизъюнктивной тектоники, отметим, что по результатам проведенного анализа выделены два класса постъюрских разрывных нарушений:

- проникающие в нижнемеловые горизонты (время формирования - берриас-баррем);
- проникающие в кайнозойские отложения (время формирования - поздний палеоцен).

Для первого класса разрывных нарушений характерны разнонаправленность и незначительная протяженность - 50-60 км. Кайнозойские тектонические нарушения, напротив, четко ориентированы в север-северо-восточном направлении и их протяженность (в сумме) достигает сотен километров.

На тектонической схеме (см. рис. 2, вкладка) показаны все разрывные нарушения, выделенные как по результатам анализа временных сейсмических разрезов, так и анализа градиентов структурных поверхностей и толщин мегакомплексов.

ДИЗЬЮНКТИВНАЯ ТЕКТНИКА И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ

В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции основная масса залежей углеводородов связана с меловыми отложениями. В то же время исследования геохимии углеводородов, посвященные, в частности, проблеме изучения связей «нефтематеринские породы - нефть» [Конторович, 1999], проводившиеся в последнее десятилетие в ИГНГ СО РАН, показали, что свыше 80 % общей массы геологических ресурсов западно-сибирской нефти и газа генетически связаны с кремнисто-глинистыми породами баженовской свиты.

Учитывая, что на большей части Западной Сибири отложения баженовской свиты перекрыты подачимовскими аргиллитами, являющимися надежным флюидоупором, препятствующим миграции углеводородов из нефтепроизводящих пород в меловые песчаные горизонты, логично предположить, что именно разрывные нарушения могли выполнять роль каналов для миграции. Заметим, что еще в 1966 г. в работе «О роли дизъюнктивных нарушений в процессе формирования нефти и газа в юрских и меловых отложениях Западно-Сибирской низменности» Ф.Г. Гурари, А.Э. Конторович, Г.Б. Острый [1966] высказывали аналогичное предположение.

Берриас-антские разломы были сформированы в то время, когда баженовская свита, основной «генератор» углеводородов, находилась на относительно небольших глубинах. К моменту, когда отложения баженовской свиты оказались в главной зоне нефтеобразования, эти разрывы, вероятно, были уже «залечены» и, следовательно, они, скорее, могут выполнять роль тектонических экранов, чем каналов для миграции.

Время формирования *коньяк-кайнозойских разломов* совпало с моментом, когда нефтематеринские породы находились в главной зоне нефтеобразования, а коэффициент эмиграции углеводородов достиг максимума [Геология нефти..., 1975]. Вероятно, именно эти разрывные нарушения могли служить каналами для миграции углеводородов из баженовской свиты в вышележащие меловые горизонты.

Характер распределения открытых на территории Западной Сибири залежей нефти и газа свидетельствует о том, что большая часть меловых месторождений тяготеют к северной части Колтогорско-Уренгойского регионального мегажелоба, где вертикальные тектонические движения происходили чрезвычайно активно. При этом в южной и западной частях Западной Сибири, где кайнозойские разрывные нарушения не формировались, месторождения сосредоточены главным образом в юрских отложениях, а ресурсы углеводородов, сконцентрированных в мелу, незначительны.

Что же касается сеноманских залежей, то большая их часть не только тяготеет к высокоамплитудным кайнозойским разломам, но и сосредоточена в антиклинальных структурах, сформировавшихся синхронно с разрывными нарушениями.

Для этих объектов совпали по времени: максимум генерации углеводородов, максимум эмиграции углеводородов, образование каналов для миграции углеводородов и формирование ловушек для залежей углеводородов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований решены следующие задачи.

1. Построены на современном технологическом и информационном уровне структурные карты Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции по подошве плитного комплекса, кровле юрского комплекса, кровле нижний мел-туронского комплекса и карты изопакит юрских, берриас-туронских и коньяк-кайнозойских отложений.

2. На основе анализа карт градиентов структурных поверхностей и региональных сейсмических профилей выделены основные разрывные нарушения, осуществлена их дифференциация по времени формирования.

3. Проведен статистический анализ площадей замкнутых тектонических элементов, формализованы принципы выделения структур, уточнены критерии классификации тектонических элементов применительно к молодым платформенным областям.

4. Построены схемы тектонического строения подошвы плитного комплекса, кровли юрского и нижний мел-туронского структурно-формационных комплексов.

5. Проанализирована история тектонического развития Западно-Сибирской геосинеклизы в меловой период и кайнозойскую эру, установлены основные этапы формирования структур различных порядков.

6. Уточнены тектонические критерии нефтегазоносности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурари Ф.Г., Гурова Г.Н., Казаринов В.П. и др. Литолого-геохимические факторы формирования и размещения залежей нефти в мезозойских отложениях Западно-Сибирской плиты // Материалы по литологии и геохимии нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск, 1968, с. 5-10.

2. Каргодин Ю.Н. Ритмичность осадконакопления и нефтегазоносность. М., Недра, 1974, 196 с.

3. Прогноз месторождений нефти и газа / А.Э. Конторович, Э.Э. Фотиади, В.И. Демин и др. М., Недра, 1981, 307 с.

4. Конторович В.А. История тектонического развития юго-восточных районов Западной Сибири в юрский период // Геология нефти и газа, 1999, № 1-2, с. 7-16.

5. Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Красавчиков В.О. и др. Тектоника юрского комплекса мезозойско-кайнозойского осадочного чехла севера Западно-Сибирской плиты // Общие вопросы тектоники. Тектоника России. М., Геос, 2000, с. 46-48.

6. Шильман В.И., Солопахина Л.А., Пятков В.И. Новая тектоническая карта центральных районов Западной Сибири // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Ханты-Мансийск, 1999, с. 96-116.

7. Решение совещания по классификации платформенных структур (март 1963 г.). Л., 1963, 17 с.

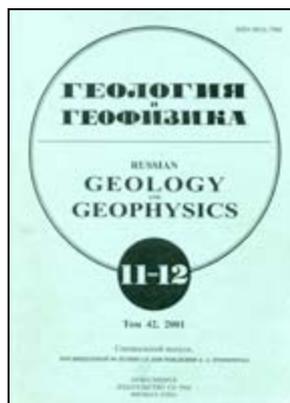
8. Конторович А.Э., Данилова В.П., Костырева Е.А. и др. Нефтематеринские формации Западной Сибири: старое и новое видение проблемы // Органическая геохимия нефтепроизводящих пород Западной Сибири. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 1999, с. 10-12.

9. Гурари Ф.Г., Конторович А.Э., Острый Г.Б. О роли дизъюнктивных нарушений в процессе формирования залежей нефти и газа в юрских и меловых отложениях Западно-Сибирской низменности // Геология нефти и газа, 1966, № 2, с. 5-11.

10. Геология нефти и газа Западной Сибири / А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов и др. М., Недра, 1975, 679 с.

Поступила в редакцию 10 мая 2001 г.

Ссылка на статью:



Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Красавчиков В.О., Конторович А.А., Супруненко О.И. Тектоническое строение и история развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 11-12. С. 1832-1845.