

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КРУПНЫХ АНТИКЛИНАЛЬНЫХ СТРУКТУР — ЛОВУШЕК ДЛЯ УНИКАЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (на примере Медвежьего месторождения)

В.А. Конторович^{1,2}, Д.В. Конторович¹, Е.С. Сурикова¹

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

²Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

В настоящей работе на примере Медвежьего месторождения рассмотрена история образования высокоамплитудных антиклинальных структур — ловушек для уникальных залежей сеноманского газа. Проведенный анализ показал, что доминирующее влияние на формирование крупнейшей в мире газоносной провинции на севере Западной Сибири оказал турон-кайнозойский этап развития. На этом этапе произошло формирование крупных антиклинальных структур — нефтегазоперспективных объектов, наиболее интенсивно протекали процессы газообразования, предопределившие заполнение этих ловушек, и был сформирован кузнецовский флюидоупор, экранирующий гигантские сеноманские газовые залежи.

Юра, мел, неоком, апт-альб-сеноман, турон-маастрихт, кайнозой, отражающий горизонт, сейсмогеологический мегакомплекс, ловушка, разлом, структура, углеводороды, залежь, флюидоупор, коллектор, резервуар, тектоника.

FORMATION HISTORY OF LARGE ANTICLINAL TRAP STRUCTURES FOR UNIQUE GAS POOLS IN NORTHERN WEST SIBERIA (by the example of Medvezh'e field)

V.A. Kontorovich, D.V. Kontorovich, and E.S. Surikova

We consider the formation history of high-amplitude anticlinal trap structures for unique Cenomanian gas pools using the example of the Medvezh'e field. Analysis shows that the Turonian–Cenozoic was the most crucial stage of formation of the world's largest gas-bearing province in northern West Siberia. This stage was marked by (1) the formation of large anticlinal traps — petroleum-promising objects; (2) the highest intensity of gas formation, which caused the filling of these traps; and (3) the formation of the Kuznetsov seal, which shields the giant Cenomanian gas pools.

Jurassic, Cretaceous, Neocomian, Aptian–Albian–Cenomanian, Turonian–Maastrichtian, Cenozoic, reflector, seismogeologic megacomplex, trap, fault, structure, hydrocarbons, pool, seal, collector, reservoir, tectonics

ВВЕДЕНИЕ

Западная Сибирь является крупнейшей в мире газоносной провинцией. Гигантские залежи газа сосредоточены главным образом в северных и арктических районах провинции на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) и на шельфе Карского моря.

Уникальные скопления биогенного сухого газа — метана сконцентрированы в сеноманских песчаных пластах, в первую очередь, в пласте ПК₁, залегающем под кузнецовским региональным флюидоупором, датироваемым туроном.

В нижележащих юрских, неокомских и апт-альбских отложениях открыты месторождения нефти, конденсата и жирного газа.

Основные запасы сеноманского газа сосредоточены в Уренгойском и Надымском районах Надым-Пурской нефтегазонасной области. В настоящее время в Надым-Пурской НГО открыто более 80 месторождений, в том числе такие уникальные, как Уренгойское, Медвежье, Ямбургское, Комсомольское, Юбилейное, Ямсовейское и др.

Все гигантские газовые залежи приурочены к высокоамплитудным антиклинальным структурам, которые надежно выделяются в рельефе кровли сеномана. Крупные высокоамплитудные структурные ловушки характеризуются полным или даже избыточным заполнением с высотами залежей до 200 м и более. Практически все сеноманские залежи связаны с массивными резервуарами, представленными слабоуплотненными песчаниками и алевролитами. Доминирующий тип ловушек — структурный, редко

с элементами тектонического экранирования, главный тип залежей — массивно-структурный [Конторович и др., 1975; Ермилов и др., 2004].

В настоящей работе на примере Медвежьего месторождения рассмотрена история формирования крупной антиклинальной структуры — ловушки для уникальной залежи сенноманского газа.

Медвежье месторождение в административном плане находится в ЯНАО. Согласно тектонической карте юрского структурного яруса, месторождение приурочено к Медвежьему мезовалу, осложняющему Медвежье-Нумгинский наклонный мегавал, который отделяет Большехетскую мегасинеклизу от Надымской гемисинеклизы [Конторович и др., 2001]. К востоку от мезовала расположена Нерутинская мегавпадина, к югу — Верхнетанловская мегавпадина (рис. 1).

В плане нефтегазогеологического районирования рассматриваемый объект находится в Надымском нефтегазоносном районе Надым-Пурской НГО.

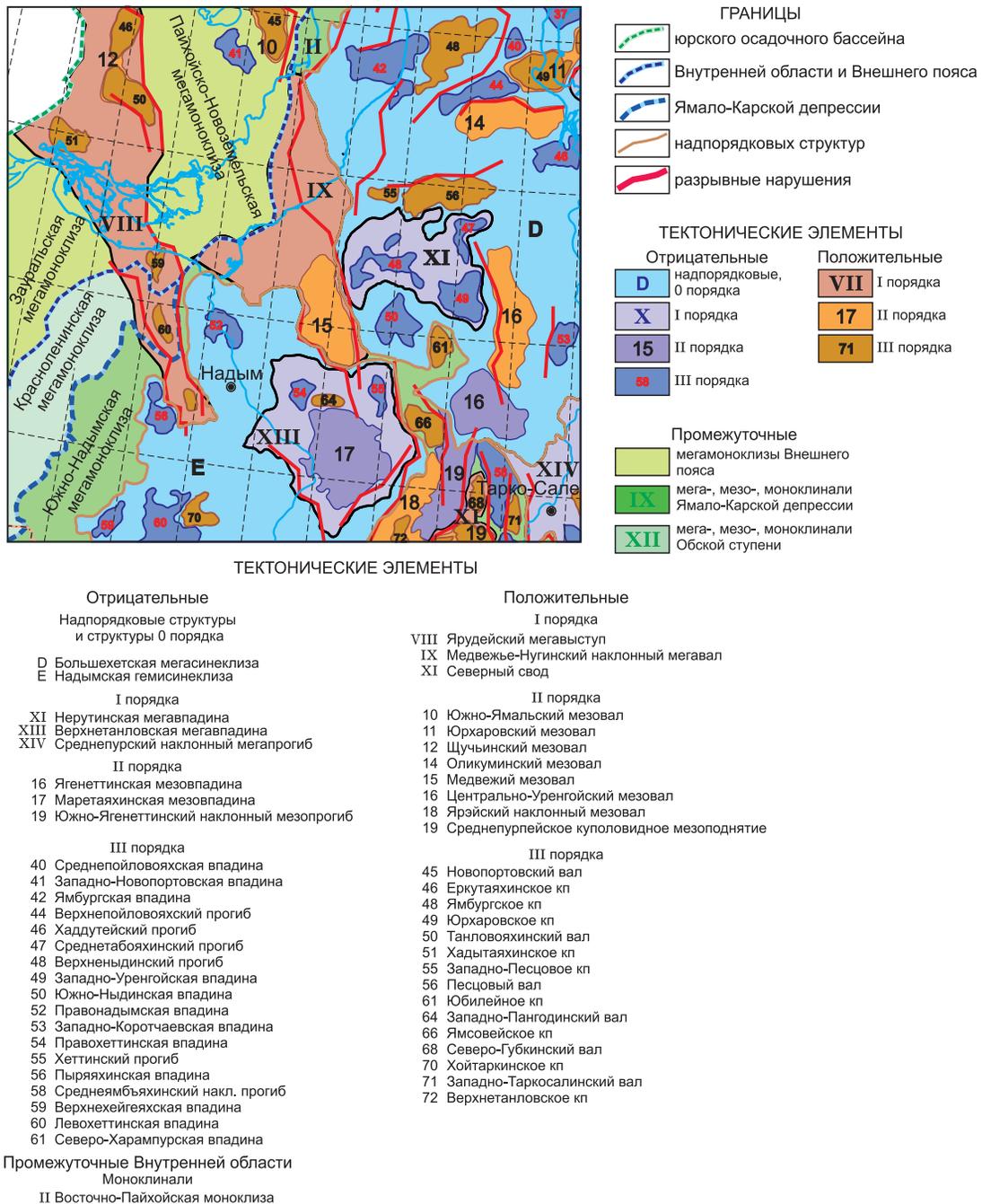


Рис. 1. Выкопировка из карты тектонического районирования кровли юрского комплекса Западно-Сибирской геосинеклизы [Конторович, 2001].

Медвежье месторождение открыто в 1967 г. поисковой скважиной № 2, пробуренной в северной части структуры на Ныдинском поднятии. При испытании сеноманских песчаных пластов получен фонтан газа дебитом порядка 2000—2500 тыс. м³/сут. В том же году поисковой скв. № 1, пробуренной на расположенном к югу Медвежьем поднятии, получен фонтан газа дебитом 793.3 тыс. м³/сут.

В процессе дальнейших геолого-разведочных работ на этих площадях была выделена единая для Медвежьего и Ныдинского поднятий уникальная сеноманская залежь с общим газоводяным контактом (ГВК), плоскость которого несколько наклонена в северном направлении [Ермилов и др., 2004]. Ловушка структурная; резервуар массивный; залежь массивно-сводовая, водоплавающая, приурочена к линейной структуре субмеридионального простирания.

В составе свободного газа, сконцентрированного в пласте ПК₁, преобладает метан — 98.39 %, содержание этана составляет 0.28 %, азота — 0.98 %, углекислого газа — 0.30 %, гелия — 0.015 %, аргона — 0.028 %, фиксируются следы пропана и бутана, сероводород отсутствует.

Медвежье месторождение находится в разработке с 1972 г., по состоянию на начало XXI в. накопленная добыча газа превысила 1.5 млрд м³.

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В разрезе мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Западной Сибири выделяется серия сейсмогеологических мегакомплексов — интервалов временных разрезов, отображающих толщи пород, характеризующихся различными условиями осадконакопления (рис. 2). Кровлей сейсмогеологических комплексов служат сформированные в условиях тектонического покоя трансгрессивные глинистые пачки, выдержанные по толщине и развитые на большей части Западно-Сибирского бассейна. Эти глинистые пачки обладают аномально низкими относительно вмещающих пород акустическими характеристиками

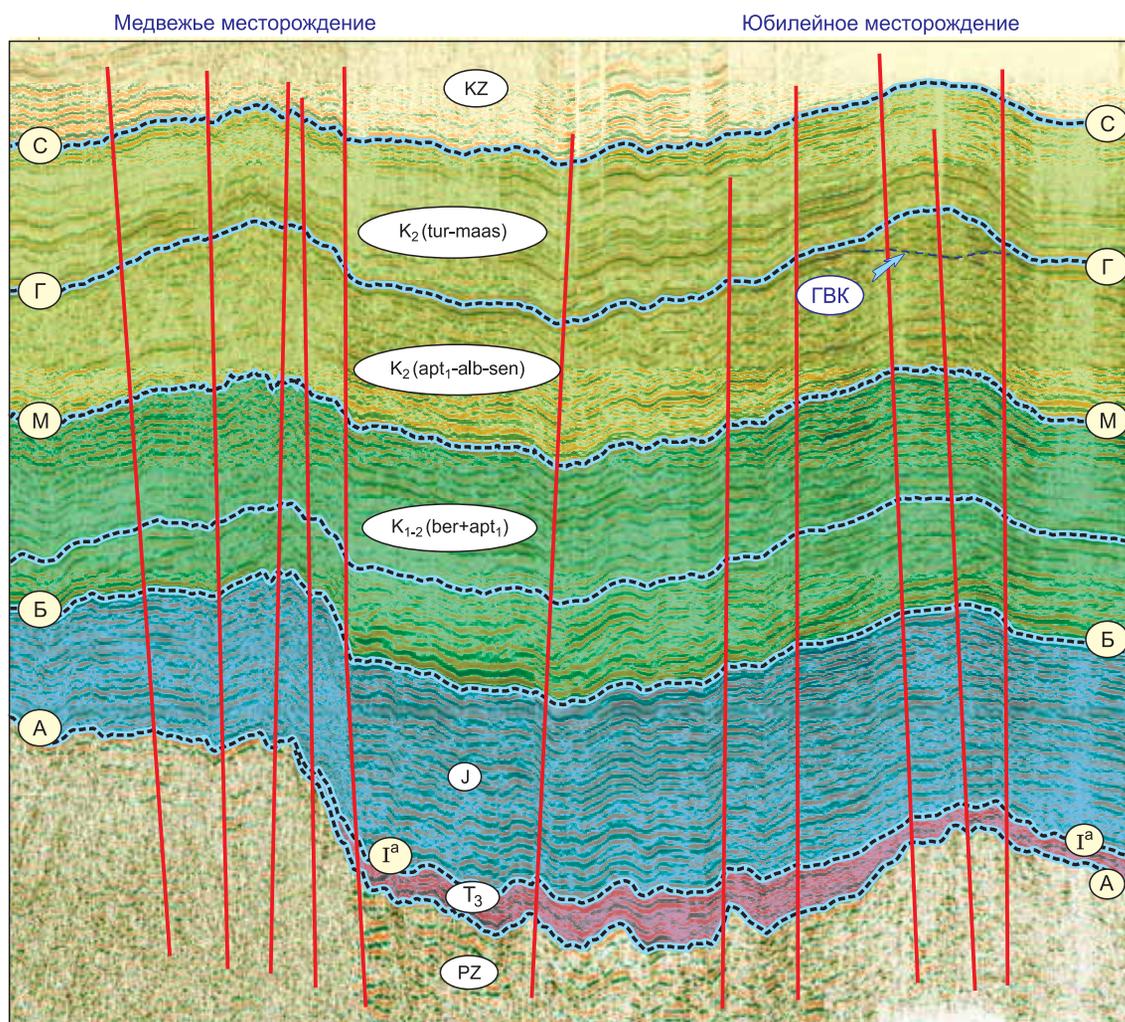


Рис. 2. Сейсмогеологическая характеристика разреза.

и на них формируются наиболее энергетически выраженные устойчивые отражающие сейсмические горизонты — сейсмические реперы, которые позволяют выделять на временных сейсмических разрезах сейсмогеологические комплексы, по объему соответствующие осадочным и нефтегазоперспективным мегакомплексам (см. рис. 2) [Конторович и др., 2001, 2009].

Характеристика отражающих горизонтов

Отражающий горизонт А приурочен к подошве осадочного чехла. Изменчивость литологического состава и акустических свойств горных пород, слагающих доюрское основание и перекрывающих его разновозрастных толщ, блочное строение палеозойских отложений, а также обилие разрывных нарушений, секущих эту поверхность, отрицательно влияют на устойчивость волнового поля. Отражающий горизонт А характеризуется динамической неоднородностью и носит прерывистый характер. Надежная корреляция этого горизонта требует, по возможности, большей опоры на результаты глубокого бурения. Несколько выше горизонта А внутри триас-юрского сейсмогеологического комплекса развит горизонт I^a, приуроченный к подошве юры и, соответственно, к кровле терригенного триаса.

Отражающий горизонт Б формируется на кровле баженовской свиты (верхняя юра, волжский ярус). Благодаря аномальности акустических свойств, выдержанности толщины свиты на значительных территориях и ее широкому распространению, отражающий горизонт Б обладает высоким энергетическим уровнем, динамической выразительностью, надежно коррелируется на временных разрезах и является основным сейсмическим репером на территории Западной Сибири.

Отражающий горизонт М, приуроченный к кошайской глинистой пачке, залегающей в исследуемом районе в кровле танопчинской свиты (нижний мел, апт), является наименее устойчивым среди постюрских реперных горизонтов. Энергетическая выразительность горизонта существенно меняется по площади, при этом в ряде случаев происходит перераспределение энергии между различными фазами волнового пакета — фазы, имеющие наибольшие амплитуды в одной части площади, теряют энергетическую выразительность в другой, и наоборот. Несмотря на это, и в региональном плане и на локальных площадях этот горизонт довольно надежно прослеживается по сейсмическим данным.

Отражающий горизонт Г, формирующийся на 30—40-метровой глинистой пачке кузнецовской свиты (кровля сеномана), наряду с горизонтом Б, является наиболее надежным сейсмогеологическим репером в мезозойско-кайнозойском разрезе Западной Сибири. Горизонт, как правило, обладает высоким энергетическим уровнем и легко поддается корреляции.

Отражающий горизонт С приурочен к кровле ганькинской свиты (верхний мел, маастрихт), залегающей в кровле мела. Горизонт обладает высоким энергетическим уровнем и однозначно прослеживается на временных сейсмических разрезах.

Наличие опорных сейсмических реперов позволяет выделить в разрезе мезозойско-кайнозойского осадочного чехла пять сейсмогеологических мегакомплексов, по объему соответствующих осадочным комплексам — триас-юрский, берриас-нижнеаптский, апт-альб-сеноманский, турон-маастрихтский и кайнозойский.

В основании мезозойско-кайнозойского чехла выделяется *триас-юрский мегакомплекс*, который в пределах изучаемой территории контролируется отражающими горизонтами А в подошве и Б в кровле.

На рассматриваемой территории терригенные отложения триаса представлены тампейской серией, юра — береговой, ягельной, черничной, котухинской, тюменской, васюганской (абалакской) и баженовской свитами. Баженовская свита является основной нефтепроизводящей толщей на территории Западно-Сибирского бассейна и одновременно выполняет роль регионального флюидоупора для залежей углеводородов в триас-юрском комплексе пород. В отложениях триаса и нижней—средней юры выделяются углисто-глинистые пачки, обогащенные органическим веществом, которые являются источником жирных газов и конденсатов.

Перекрывающий юрские отложения *берриас-нижнеаптский (неокомский) мегакомплекс* в пределах исследуемой территории включает отложения сортымской и тангаловской свит. Основание мегакомплекса контролируется отражающим горизонтом Б, кровля — горизонтом М.

На Медвежьем месторождении нижняя берриас-валанжинская часть разреза имеет клиноформное строение — на временных разрезах фиксируется серия косослоистых отражающих горизонтов, последовательно налегающих на горизонт Б (см. рис. 2). Готтерив-нижнеаптские отражающие горизонты залегают субпараллельно горизонту М, приуроченному к кошайской глинистой пачке, являющейся региональным флюидоупором для залежей углеводородов в берриас-нижнеаптском мегакомплексе.

Апт-альб-сеноманский мегакомплекс в изучаемом районе представлен танопчинской, яронской и марресалинской свитами. К подошве мегакомплекса приурочен отражающий горизонт М, к кровле — горизонт Г. Мегакомплекс сложен переслаивающимися песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Непосредственно под кузнецовским флюидоупором, к подошве которого приурочен горизонт Г, залегают

пласт (группа пластов) ПК₁, с которым связаны основные сеноманские залежи. В нижней части покурской свиты получили развитие угленосные формации, которые являются источником биогенного газа, заполняющего сеноманские ловушки [Ермилов и др., 2004; Конторович и др., 2013].

Турон-маастрихтский мегакомплекс представлен кузнецовской, березовской и ганькинской свитами. На временных разрезах мегакомплекс контролируется отражающим горизонтом Г в подошве и С в кровле. Залегающая в нижней части турон-маастрихтского мегакомплекса кузнецовская свита, представленная 40-метровой пачкой глин, как было отмечено ранее, является региональным флюидоупором как для апт-альб-сеноманских залежей углеводородов в целом, так и для уникальных скоплений сеноманского газа в песчаном пласте ПК₁. Березовская свита представлена опоками и глинами, ганькинская свита преимущественно глинами.

Кайнозойский мегакомплекс, контролируемый в подошве горизонтом С, включает отложения талицкой, серовской, ирбитской, юрковской, тавдинской, атлымской, новомихайловской и корликовской свит.

Рассмотренные выше триас-юрский, берриас-нижнеаптский и апт-альб-сеноманский мегакомплексы являются основными нефтегазоносными комплексами на территории Западной Сибири. При этом с юрскими и берриас-нижнеаптскими резервуарами связаны преимущественно нефтяные месторождения, в апт-альб-сеноманских отложениях сконцентрированы газовые залежи.

Отложения верхов мела и кайнозоя, представленные турон-маастрихтским и кайнозойским мегакомплексом, в исследуемом районе интереса в отношении нефтегазоносности не представляют. В то же время геологические процессы, происходившие на этих этапах развития, оказали существенное влияние на нефтегазоносность Западно-Сибирского бассейна [Конторович, 2009].

СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Для анализа структурно-тектонического строения района в процессе проведенных исследований на базе комплексной интерпретации данных сейсморазведки и глубокого бурения было осуществлено построение набора структурных карт по основным отражающим горизонтам.

Кровля и подошва юры. В структурном плане горизонта А на Медвежьей и Ныдинской площадях линейной структуры не существует и Медвежий мезовал в качестве тектонического элемента не выделяется (рис. 3, а). В рельефе этой поверхности в южной части Медвежьей площади расположено крупное изометричной формы поднятие, к северу от которого получили развитие два небольших купола. Контрастным прогибом северо-западного простирания эти структуры отделены от расположенного к северу Ныдинского поднятия. К западу от Медвежьей и Ныдинской площадей фиксируется региональное воздымание территории в направлении обрамления Западно-Сибирского бассейна, к востоку — региональное погружение в направлении Нерутинской мегавпадины.

В рельефе кровли юры (кровля баженовской свиты), как и в структурном плане подошвы осадочного чехла, Медвежья и Ныдинская структуры не объединены в единый тектонический элемент (см. рис. 3, б). В то же время в рельефе этой поверхности локальные поднятия, расположенные на Медвежьей площади, оконтурены единой изогипсой и формируют вытянутую в северном направлении структуру — Медвежий вал.

С востока, юго-запада и запада Медвежий вал и Ныдинское поднятие граничат с депрессионными зонами. При этом в пределах рассматриваемой территории находящаяся к востоку от Медвежьей и Ныдинской площадей Нерутинская мегавпадина значительно глубже Верхнетанловской мегавпадины, расположенной к югу и юго-западу от Медвежьей структуры. К северо-востоку от Ныдинского поднятия фиксируется региональное воздымание юрских поверхностей в направлении обрамления Западно-Сибирской плиты.

В целом в структурных планах кровли и подошвы юры на Медвежьей и Ныдинской площадях отмечается некоторое погружение территории в северном направлении. Наиболее высокое гипсометрическое положение занимает Южно-Медвежий купол, в наиболее погруженной зоне расположено Ныдинское локальное поднятие.

Меловые и кайнозойские структурные поверхности. Структурные поверхности кровли берриас-нижнеаптского и апт-альб-сеноманского мегакомплексов в значительной мере идентичны между собой, но отличаются от рельефа кровли юры (см. рис. 3, в, г).

Здесь также выделяются Медвежий вал и Ныдинское поднятие, которые с запада и востока ограничены депрессиями, и к северо-западу от Ныдинской площади фиксируется региональный подъем территории в направлении Сандибинской площади.

Принципиальное отличие этих поверхностей от кровли юры заключается в том, что здесь Медвежий вал и Ныдинское поднятие оконтурены единой изогипсой и формируют более крупный вытянутый в северном направлении тектонический элемент — Медвежий мезовал.

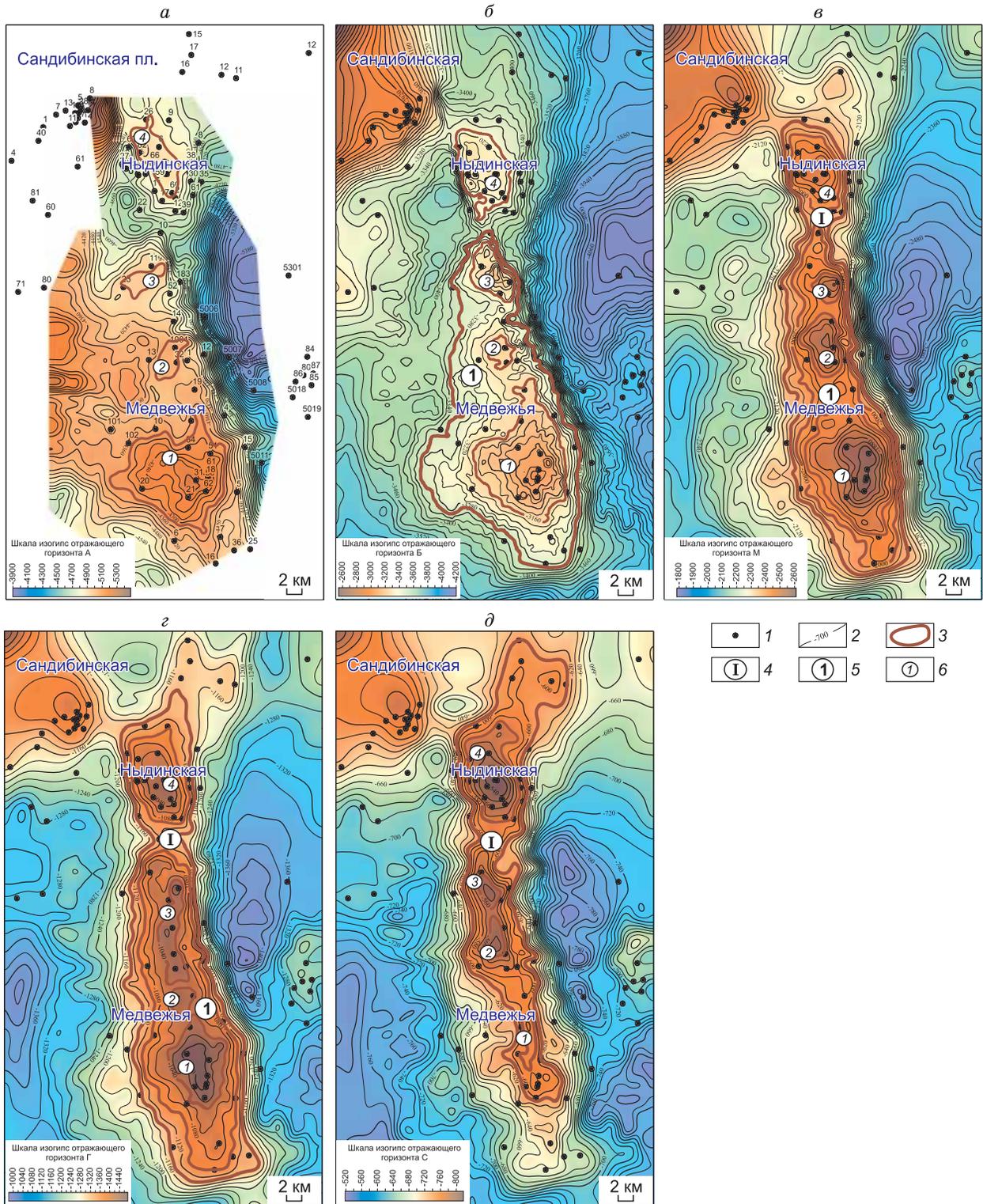


Рис. 3. Структурные карты по отражающим горизонтам А — кровля доюрского основания (а), Б — кровля баженовской свиты, верхняя юра/волжский ярус (б), М — кровля танопчинской свиты, нижний мел/апт (в), Г — кузнецовская свита, верхний мел/турон (г), С — кровля ганькинской свиты, верхний мел/маастрихт (д).

1 — скважины поисковые и разведочные; 2 — изогипсы отражающих горизонтов (м); 3 — контуры положительных структур; 4 — номера структур II порядка (Медвежий мезовал); 5 — номера структур III порядка (Медвежий вал); 6 — номера локальных поднятий: 1 — Южно-Медвежье, 2 — Центрально-Медвежье, 3 — Северо-Медвежье, 4 — Ныдинское.

В рельефах отражающих горизонтов М и Г Медвежий мезовал сужается и имеет ярко выраженную линейную форму. В практике тектонического районирования линейные положительные структуры — мегавалы, мезовалы и валы выделяются в случае, когда отношение длинной оси структуры к короткой превышает 3:1. В Надым-Пурском междуречье получили развитие линейные поднятия с отношением осей, достигающим 10:1. Такая ситуация имеет место и на Медвежьем месторождении.

Следует также отметить, что если в структурном плане кровли берриас-нижнеаптского мегакомплекса в пределах Медвежьего мезовала наиболее высокое гипсометрическое положение, по-прежнему, занимает Южно-Медвежье поднятие, а наиболее погружена Ныдинская структура, то в рельефе кровли сеномана эти поднятия находятся практически на одном гипсометрическом уровне.

В структурном плане кровли мела Медвежий мезовал также выделяется замкнутой линейной, вытянутой в северном направлении, однако его строение несколько меняется. В рельефе горизонта С мезовал несколько сокращается на юге и увеличивается на севере (см. рис. 3, д). При этом в наиболее приподнятой зоне оказывается северная часть структуры, в пределах которой находится Ныдинское поднятие, а в наиболее погруженной Южно-Медвежья структура, которая существенно уменьшается в размерах.

В структурном плане горизонта М, как и в рельефах кровли и подошвы юры, прогиб, ограничивающий Медвежью структуру на востоке, по размерам и глубине превосходит депрессию, расположенную в юго-западной части исследуемой территории. По горизонтам Г и С, приуроченным соответственно к кровле сеномана и мела, прогиб, расположенный в западной части Нерутинской мегавпадины, уменьшается в размерах и его северная часть несколько воздымается. Депрессия, ограничивающая Медвежий мезовал на юго-западе, напротив, несколько вытягивается в северном направлении и становится существенно более глубокой.

На северо-западе рассматриваемой территории в структурных планах меловых и кайнозойских горизонтов, так же как и для юрских поверхностей, фиксируется региональное воздымание территории в северо-западном направлении, в направлении обрамления плиты.

Подводя итог структурно-тектонической характеристике исследуемой территории, отметим, что в пределах Медвежьей и Ныдинской площадей юрские и вышележащие меловые и кайнозойские структурные поверхности заметно отличаются. В структурных планах юрских горизонтов Медвежий мезовал в качестве единого тектонического элемента не выделяется, в то время как в рельефах меловых и кайнозойских реперных уровней получило развитие вытянутое в северном направлении контрастное линейное поднятие — Медвежий мезовал, осложненный в северной, центральной и южной частях локальными поднятиями.

ИСТОРИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

В основу изучения истории тектонического развития исследуемой территории и определения основных этапов формирования Медвежьего мезовала был положен анализ временных сейсмических разрезов и карт изопахит сейсмогеологических комплексов.

Залегающие в кровлях осадочных мегакомплексов трансгрессивные глинистые пачки, к которым приурочены основные отражающие горизонты, формировались в эпохи тектонического покоя в условиях сnivelированного рельефа, выдержаны по толщине и получили развитие на обширных территориях Западной Сибири. Это позволяет рассматривать их в качестве квазиизохронных поверхностей выравнивания и использовать при палеотектонических реконструкциях.

На протяжении всего мезозоя и кайнозоя Западно-Сибирский осадочный бассейн и, в частности, исследуемая территория монотонно погружались относительно структур обрамления, что предопределило отсутствие в мезозойско-кайнозойском разрезе значимых перерывов в осадконакоплении. В этих условиях характер распределения толщин мегакомплексов позволяет выделять зоны, испытывавшие на разных этапах развития тенденцию к относительному воздыманию и погружению, определять основные этапы формирования структур различных порядков и восстанавливать историю тектонического развития территории в целом [Конторович и др., 2001, 2009].

Триас-юрский этап. Как было показано выше, в современном рельефе подошвы осадочного чехла на Медвежьей площади выделяются три локальных поднятия, не объединенные в единый тектонический элемент, к северу от которых расположена Ныдинская структура.

Анализ карты толщин юрских отложений показал, что на момент формирования баженовской свиты в структурном плане доюрского основания этих структур не существовало (рис. 4, а). На территории современного мезовала располагалась погружающаяся в западном направлении моноклираль, не осложненная положительными структурами.

Характер сейсмической записи на временных сейсмических разрезах также свидетельствует о том, что мощность триас-юрских отложений постепенно уменьшается в западном направлении, причем

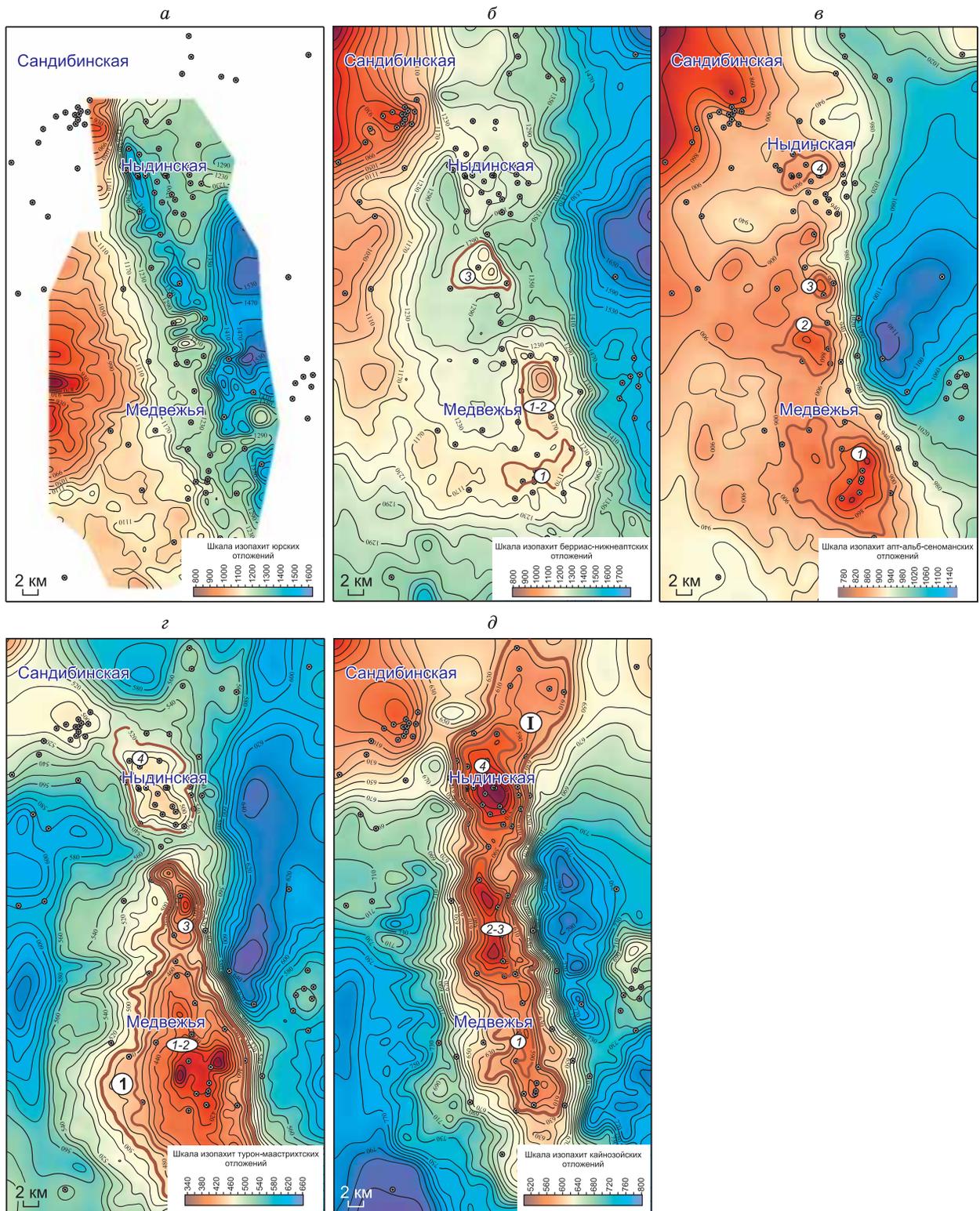


Рис. 4. Карты изопахит (а) юрских, берриас-нижнеаптских (б), апт-альб-сеноманских (в), турон-маастрихтских (г) и кайнозойских (д) отложений.

Усл. обозн. см. на рис. 3.

терригенный триас, представленный в рассматриваемом районе тампейской серией, выклинивается на домезойское основание на уровне осевой части современного Медвежьего мезовала (см. рис. 2).

Таким образом, анализ геолого-геофизических материалов позволяет сделать два важных вывода.

1. В позднем триасе и юре в рассматриваемом районе происходило региональное погружение территории в восточном направлении, на фоне которого локальные структуры не формировались.

2. Современный Медвежий мезовал и осложняющие его поднятия не приурочены к эрозионно-тектоническим выступам фундамента, а следовательно, все эти структуры являются бескорневыми [Наливкин и др., 1956].

Берриас-нижнеаптский (неокомский) этап. В берриас-раннеаптское время существенных перестроек структурного плана не происходило (см. рис. 4, б). На этом этапе в рассматриваемом районе продолжала формироваться моноклиальная зона, и восточная часть исследуемой территории монотонно погружалась относительно западной. В это время на Медвежьей площади в пределах моноклинали была сформирована серия террас, на которых образовывались малоамплитудные незначительные по размерам купола.

Апт-альб-сеноманский этап. В апт-альб-сеномане ситуация заметно изменилась (см. рис. 4, в). Хотя тренд регионального погружения территории в восточном направлении сохранился, на этом этапе начал закладываться прогиб, ограничивающий современный Медвежий мезовал с востока и активно формировалось Южно-Медвежье поднятие. В это время незначительный относительный рост также испытывали Центрально-Медвежий купол и Ныдинское поднятие.

В апт-альб-сеномане все выделенные на исследуемой территории палеоструктуры имели изометричную форму, а Медвежий мезовал в качестве самостоятельного тектонического элемента не формировался.

На северо-востоке рассматриваемой территории в это время активно образовывалась депрессионная зона, а западные и северо-западные районы, напротив, интенсивно воздымались.

Турон-маастрихтский этап. Образование линейной, вытянутой в северном направлении крупной положительной структуры началось в позднем мелу, в посттуронское время (см. рис. 4, г).

На этом этапе наибольшую тенденцию к относительному росту испытывала южная часть современной структуры, в пределах которой был сформирован вытянутый в северном направлении Медвежий вал, объединивший Южно-Медвежье и Центрально-Медвежье площади. Несколько менее интенсивно на этом этапе развивались Северо-Медвежье и Ныдинское поднятия.

На востоке и западе рассматриваемой территории в это время активно образовывались вытянутые в северном направлении прогибы, отвечающие соответственно восточной части современной Нерутинской мегавпадины и северо-западной части Верхнетанловской мегавпадины.

К западу от Медвежьего мезовала в это время продолжал формироваться расширяющийся в северном направлении прогиб субмеридионального простирания, отделяющий Медвежий мезовал от Зауральской мегамоноклизы.

В целом в турон-маастрихте Медвежий вал и Ныдинское поднятие формировались обособленно, и к концу позднего мела в рельефе кровли сеномана приподнятая зона, к которой приурочены эти структуры, погружалась в северном направлении. Наиболее высокое гипсометрическое положение занимало Южно-Медвежье поднятие, в наиболее погруженной зоне располагалась Ныдинская палеоструктура.

Кайнозойский этап. После формирования ганькинской свиты тектоническая обстановка в пределах исследуемого района вновь изменилась. На этом этапе Южный купол современной Медвежьей структуры формировался значительно менее интенсивно, а Центральный и, в особенности, Ныдинский купола активно развивались.

Это привело к тому, что все купола, осложняющие современный Медвежий мезовал, в рельефе кровли сеномана вышли на один гипсометрический уровень, благодаря чему и была сформирована крупная, вытянутая в северном направлении структура II порядка — Медвежий мезовал.

Проведенный анализ карт изопахит мезозойско-кайнозойских отложений в пределах исследуемого района показал, что Медвежья структура не приурочена к эрозионно-тектоническому выступу домезойского основания. В качестве единого тектонического элемента Медвежий мезовал начал активно формироваться только в конце сеномана и был полностью сформирован в кайнозое. Причем в турон-маастрихтское время наибольшую тенденцию к росту испытывала южная часть структуры, а в кайнозое северная. Эти разнонаправленные процессы и предопределили образование крупной антиклинальной ловушки для залежи сеноманского газа.

В рамках настоящих исследований для анализа истории тектонического развития Медвежьего поднятия также были построены двумерные сейсмогеологические модели.

На рис. 5 приведен современный временной разрез и палеоразрезы по сейсмическому профилю № 2890027, пересекающему Медвежий мезовал в широтном направлении.

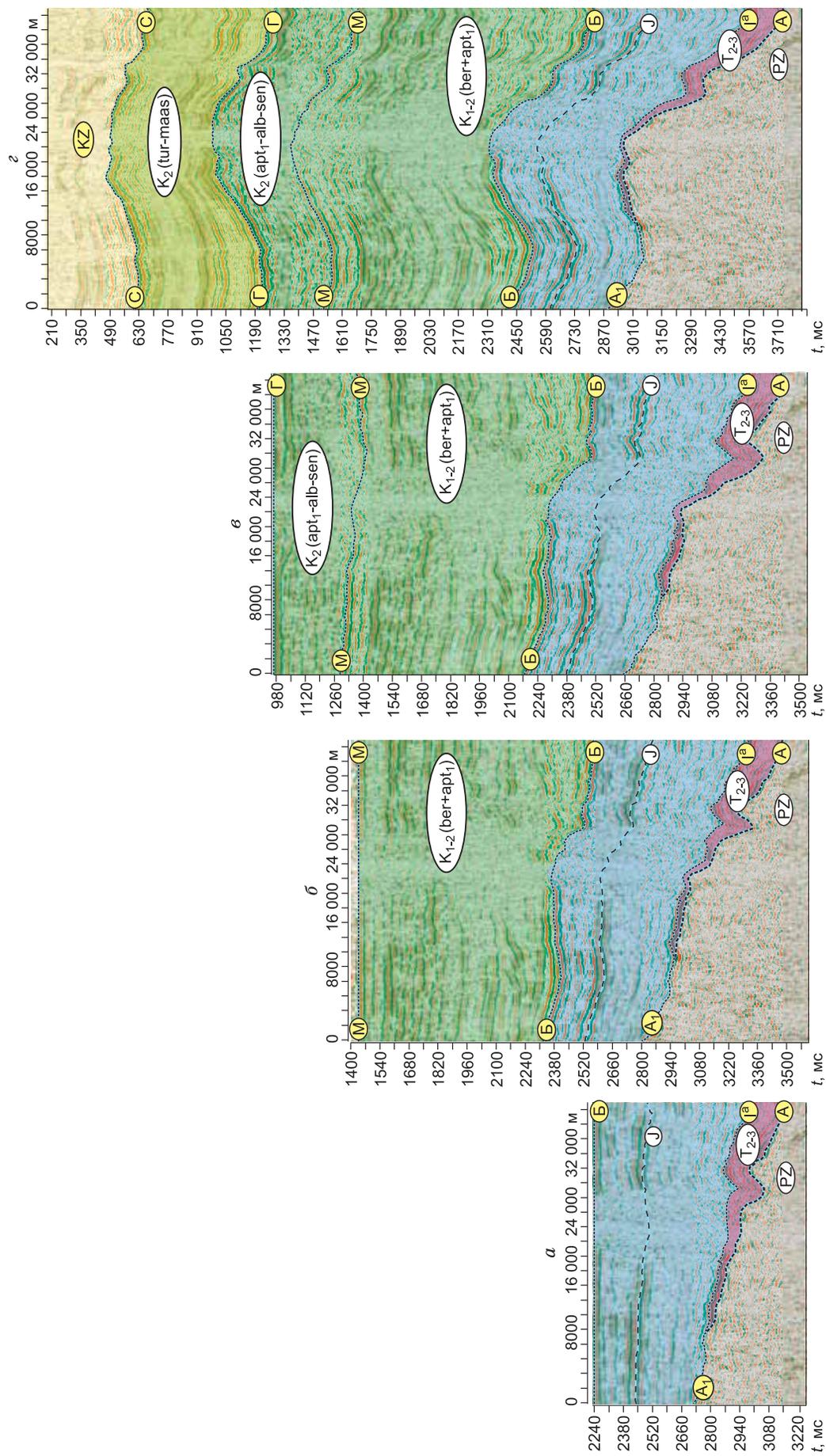


Рис. 5. Палеоразрезы, выровненные по кровлям юрского (*a*), берриас-нижеаптского (*б*), апт-альб-сенманского (*в*) мегакомплексов, и современный временной разрез (*г*) по профилю 2890027 (Медвежье месторождение).

Приведенные палеоразрезы характеризуют структурные планы нижележащих горизонтов на момент формирования баженовской, тангаловской, кузнецовской и ганькинской свит — региональных флюидоупоров, к которым приурочены реперные отражающие сейсмические горизонты.

Приведенные материалы иллюстрируют сделанные ранее выводы и однозначно свидетельствуют о турон-кайнозойском времени формирования Медвежьей структуры в рельефах всех мезозойско-кайнозойских отражающих горизонтов.

Анализ геолого-геофизических материалов по территории Надым-Пурской НГО позволяет сделать вывод о том, что в этом регионе по аналогичному сценарию развивалось большинство антиклинальных структур, к которым приурочены уникальные газовые месторождения.

Выше (см. рис. 2) приведен временной разрез по композитному профилю, пересекающему Медвежье и Юбилейное месторождения. Амплитуда Юбилейного поднятия по аналогии с Медвежьей структурой по отражающим горизонтам Г и С, приуроченным соответственно к кровлям сеномана и мела не меньше амплитуд структур, выделенных в рельефе отражающего горизонта Б, формирующегося на кровле юры. Это свидетельствует о том, что формирование Юбилейного поднятия в структурных планах мезозойских отложений также происходило главным образом в конце позднего мела — кайнозое. Характер сейсмической записи на этих временных разрезах позволяет картировать на Юбилейном месторождении газоводяной контакт сеноманской залежи. На временных разрезах, характеризующих Медвежье месторождение, газоводяные контакты не выделяются. Связано это с тем, что сеноманская залежь на Медвежьей структуре находится в эксплуатации на протяжении четырех десятилетий и в значительной степени обводнена.

ТЕКТНИКА И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ

На севере Западно-Сибирского бассейна нефтепроизводящими породами для формирования сухого газа, заполняющего сеноманские резервуары, являются угленосные, обогащенные рассеянной органикой формации апта [Ермилов и др., 2004; Конторович и др., 1975, 2013]. Источником нефти, конденсата и жирного газа, которые сконцентрированы в юре и неокоме, служили обогащенные органическим веществом триас-нижнесреднеюрские, верхнеюрские и, возможно, палеозойские отложения.

Образование сухого биогенного газа связано с верхней зоной интенсивного газообразования. Для сапропелево-гумусового органического вещества эта зона расположена на глубинах менее 2500 м, при этом с наибольшей интенсивностью генерация метана происходит на глубине порядка 1400 м [Конторович и др., 1975].

Интенсивная генерация жирных газов в нижней зоне начинается с глубины 5000 м и достигает максимума на глубине 5500 м [Конторович и др., 1975].

На исследуемой территории крупные антиклинальные структуры, в частности Медвежье поднятие, являются зонами аккумуляции углеводородов, в то время как расположенные к юго-западу и востоку от него Танловская и Нерутинская мегавпадины выступают в качестве основных зон генерации.

На рассматриваемой территории осадочные комплексы, представляющие интерес с позиции процессов нефтегазообразования, занимают следующее гипсометрическое положение.

1. На Медвежьем месторождении базальные горизонты осадочного чехла находятся на глубине 4200—4400 м, в Нерутинской мегавпадине — 5300—5400 м.

2. Баженовская свита на Медвежьем поднятии залегает на абсолютной глубине 3100—3300 м, в Нерутинской мегавпадине — на глубине 3800—4100 м, в северной части Танловской мегавпадины — на глубине 3500—3700 м.

3. Подошва покурской свиты, выше которой залегают основные угленосные формации, на Медвежьей площади находится на глубине 1850—2100 м, в Нерутинской и Танловской мегавпадинах — 2400—2550 м.

4. Мощность кайнозоя составляет на Медвежьей площади 550—650 м, в сопредельных депрессиях — 700—750 м.

Эти данные позволяют сделать вывод о том, что в настоящее время угленосные формации в низах покурской свиты и в триас-нижнесреднеюрских отложениях находятся в интервалах интенсивной генерации газообразных углеводородов, отвечающих соответственно верхней и нижней зонам газообразования, а баженовская свита еще не вышла из главной зоны нефтеобразования. Учитывая мощность кайнозойских осадков, можно сделать вывод о том, что наиболее интенсивная генерация сухого газа приходится на начало кайнозоя.

Следует также отметить, что выполненные в ИНГГ СО РАН исследования, посвященные, в частности, процессам уплотнения глинистых пачек, показали, что в рассматриваемом районе литификация кузнецовской свиты до стадии флюидоупора произошла приблизительно 65 млн лет назад, т.е. в начале палеоцена [Конторович и др., 2013].

Таким образом, интенсивная генерация углеводородов на рассматриваемой территории по времени практически совпала с формированием крупных антиклинальных структур — ловушек углеводородов и образованием туронского регионального флюидоупора, экранирующего уникальные сеноманские залежи.

Этап турон-кайнозойской тектонической активизации сопровождался активным образованием разрывных нарушений, секущих практически весь мезозойско-кайнозойский осадочный чехол (см. рис. 2) [Конторович, 2009]. Такими разломами осложнены расположенные в Надым-Пурском междуречье Медвежье, Ямсовейское, Уренгойское, Ямбургское и др. месторождения. Вероятно, эти разрывные нарушения могли служить каналами для миграции углеводородов вверх по разрезу, способствовали заполнению сеноманских резервуаров и предопределили перетоки углеводородов из триас-юрских нефтепроизводящих толщ в верхнеюрские и меловые песчаные пласты.

Подводя итог проведенному анализу, отметим, что доминирующее влияние на формирование уникальных залежей углеводородов на севере Западной Сибири оказал турон-кайнозойский этап развития. Именно на этом этапе произошло формирование осложненных разломами крупных антиклинальных структур — нефтегазоперспективных объектов, наиболее интенсивно протекали процессы газообразования, предопределившие заполнение этих ловушек, и был сформирован кузнецовский флюидоупор, экранирующий сверху уникальные сеноманские газовые залежи.

ЛИТЕРАТУРА

Ермилов О.М., Карогодин Ю.Н., Конторович А.Э., Тер-Саакян Ю.Г., Агалаков С.Е., Беляев С.Ю., Борисова Л.С., Букреева Г.Ф., Бурштейн Л.М., Гордеев В.Н., Дмитрук В.В., Жилина И.В., Конторович В.А., Красавчиков В.О., Супруненко О.И., Чупова И.М., Фурсенко Е.А. Особенности геологического строения и разработки уникальных залежей газа крайнего севера Западной Сибири // Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2004, 140 с.

Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири. М., Недра, 1975, 680 с.

Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Малышев Н.А., Сафронов П.И., Гуськов С.А., Ершов С.В., Казаненков В.А., Ким Н.С., Конторович В.А., Костырева Е.А., Меленевский В.Н., Лившиц В.Р., Поляков А.А., Скворцов М.Б. Историко-геологическое моделирование процессов нефтидогенеза в мезозойско-кайнозойском осадочном бассейне Карского моря (бассейновое моделирование) // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 1179—1226.

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.

Конторович В.А. Мезозойско-кайнозойская тектоника и нефтегазоносность Западной Сибири // Геология и геофизика, 2009, т. 50 (4), с. 461—474.

Наливкин В.Д., Розанов Л.Н., Фотиади Э.Э. Волго-Уральская нефтеносная область. Тектоника // Труды ВНИГРИ, 1956, вып. 100, 312 с.

*Поступила в редакцию
22 ноября 2013 г.*