

НЕФТЕГАЗОВАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

УДК 551.242+553.981/982

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРХНЕЮРСКИХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ  
В ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

(на примере Игольско-Талового месторождения)

В.А. Конторович<sup>1,2</sup>, Д.В. Аюнова<sup>1</sup>, М.О. Захрямина<sup>1</sup>, Л.М. Калинина<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

Одно из наиболее крупных на юго-востоке Западной Сибири Игольско-Таловое месторождение является эталонным для верхнеюрских залежей этого региона. В работе выполнена комплексная интерпретация сейсмических материалов и данных бурения, создана серия региональных сейсмогеологических разрезов и палеоразрезов, построены наборы структурных карт и карт изопахит сейсмогеологических комплексов, которые послужили основой структурно-тектонического анализа и изучения истории формирования Игольско-Талового куполовидного поднятия, контролирующего верхнеюрскую нефтяную залежь. Сделан вывод о том, что в рельефе кровли юры локальные структуры, осложняющие Игольско-Таловое куполовидное поднятие, были сформированы в неокоме над эрозионно-тектоническими выступами фундамента; объединение куполов в крупную антиклинальную ловушку произошло в кайнозое благодаря региональным тектоническим процессам. Анализ верхнеюрской углеводородной системы и результаты бассейнового моделирования показали, что на исследуемой территории процессы генерации углеводородов нефтепроизводящими породами баженовской свиты начались в туроне, достигли максимума в кайнозое и продолжают в настоящее время, что и предопределило полное заполнение антиклинальной ловушки и формирование одного из наиболее крупных на юго-востоке Западной Сибири Игольско-Талового нефтяного месторождения. Анализ геолого-геофизических материалов по юго-востоку Западной Сибири показал, что по схожему сценарию происходило формирование всех верхнеюрских месторождений этого региона.

*Тектоническое развитие, залежи УВ, васыуганская свита, нефтепроизводящие породы, генерация УВ, Западная Сибирь.*

HISTORY OF UPPER JURASSIC RESERVOIRS IN SOUTHEASTERN WEST SIBERIA  
(case study of Igol'sko-Talovoe oilfield)

V.A. Kontorovich, D.V. Ayunova, M.O. Zakhryamina, and L.M. Kalinina

The Igol'sko-Talovoe oilfield is one of the largest oilfields in southeastern West Siberia, which provides reference for Upper Jurassic reservoirs of the area. The reported studies included integrated interpretation of seismic and well-log data, mapping of tectonic and paleotectonic patterns and sediment thicknesses, as well as seismic-geological and basin modeling. The results were used for tectonic analysis and allowed reconstructing the history of the Igol-Talovoe dome uplift that traps Upper Jurassic oil accumulations. Local uplifts on the Jurassic surface within the Igol-Talovoe dome originated in the Neocomian above basement uplifts produced by erosion and tectonic activity. The local domes merged into a large anticlinal trap as a result of regional-scale vertical crust movements in the Cenozoic. Analysis of the Upper Jurassic hydrocarbon system and basin modeling show that oil generation by the Bazhenov Formation source rocks began in the Turonian, culminated in the Cenozoic, and continues at present. The process has led to complete filling of the anticlinal trap and formation of the large Igol'sko-Talovoe oilfield. Geological and geophysical data suggest the same scenario for all Upper Jurassic reservoirs in southeastern West Siberia.

*Tectonic history, reservoir, source rocks, oil generation, Vasyugan Formation, West Siberia*

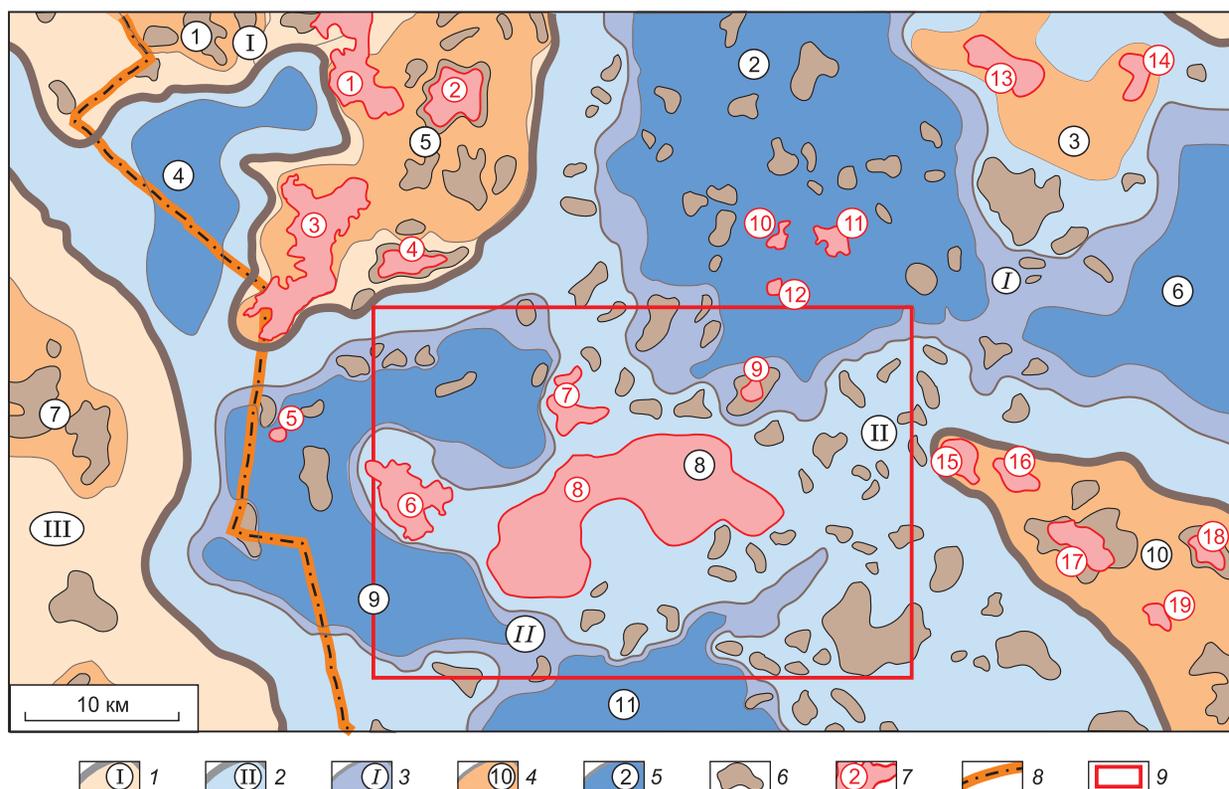
## ВВЕДЕНИЕ

В юго-восточных районах Западной Сибири основные запасы и ресурсы нефти сконцентрированы в верхней юре. В качестве объекта исследований в настоящей работе выступает Игольско-Таловое нефтяное месторождение, являющееся классическим (эталонным) для этого региона. Месторождение расположено на юго-западе Томской области, в южной части Нюрольско-Колтогорского нефтегазоносного района. В тектоническом плане нефтяная залежь приурочена к одноименному куполовидному поднятию, осложняющему южную часть Нюрольской мегавпадины, которая на западе граничит с Каймысовским сводом и Верхнедемьянским мегавалом, на юго-востоке — с Лавровским наклонным валом (рис. 1).

Игольско-Таловое нефтяное месторождение, открытое в 1977 г., по запасам относится к категории крупных и является одним из наиболее значимых на юго-востоке Западной Сибири.

Наиболее перспективный в отношении нефтегазоносности верхнеюрский комплекс пород на исследуемой территории представлен (снизу вверх) васюганской, георгиевской и баженовской свитами [Шурыгин и др., 2000; Решение..., 2004]. В составе васюганской свиты выделены ниже- и верхневасюганская подсвиты. Нижняя подсвита представлена глинистыми разностями, верхняя — переслаивающимися песчаниками, алевролитами и аргиллитами с прослоями углей. Верхневасюганская подсвита, формирование которой происходило преимущественно в прибрежно-морских условиях, разделена на подугольную (регрессивную) и надугольную (трансгрессивную) пачки, между ними залегает континентальная межугольная толща. Совокупность песчаных пластов верхневасюганской подсвиты формирует регионально-нефтегазоносный горизонт Ю<sub>1</sub> [Даненберг и др., 1979, 2006; Шурыгин и др., 2000].

Представленная глинисто-кремнисто-карбонатными породами баженовская свита, являющаяся в Западной Сибири основной нефтепроизводящей формацией [Конторович и др., 1975, 1999], и маломощ-

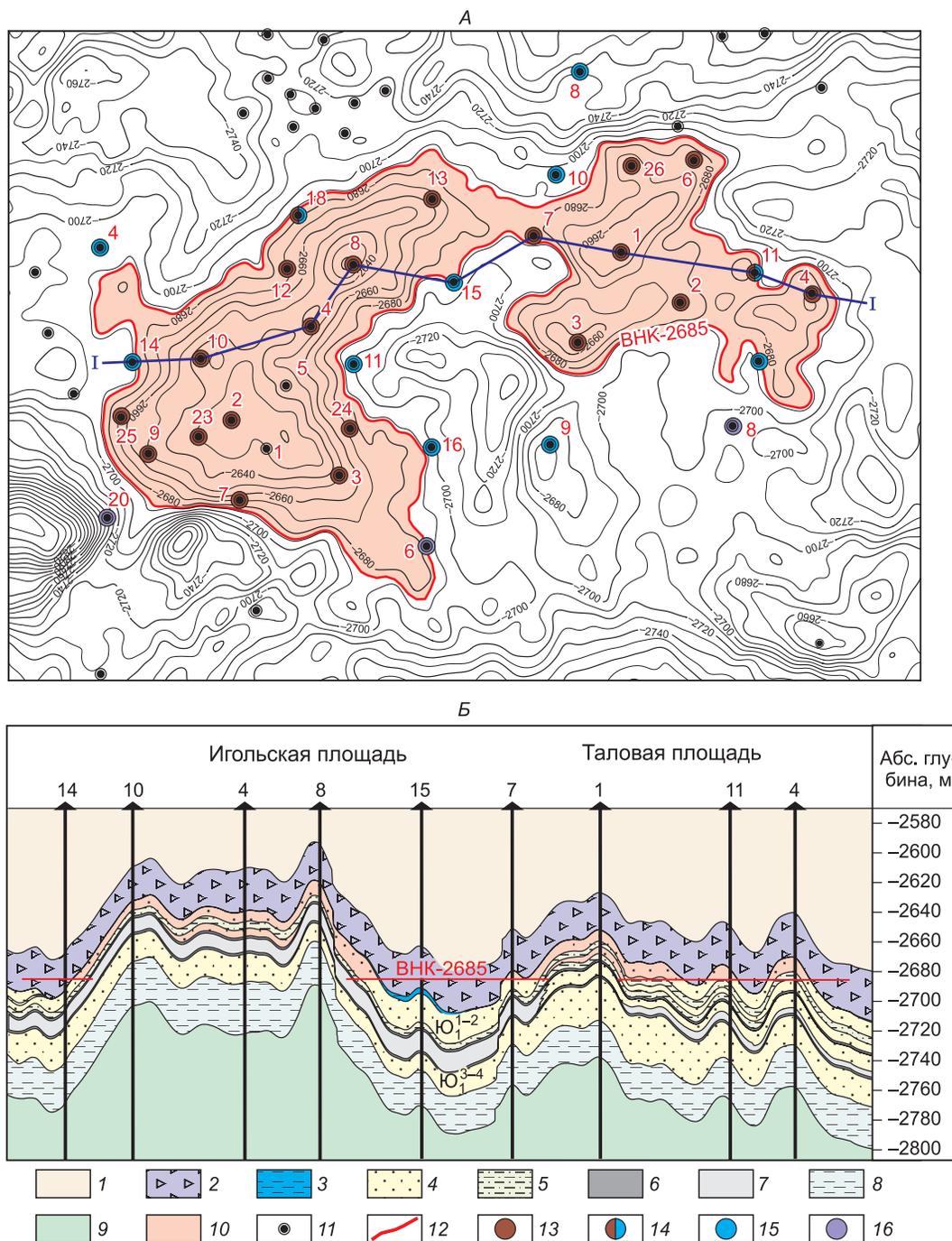


**Рис. 1. Тектоническая карта южной части Каймысовской НГО.**

Структуры I порядка: 1 — положительные, 2 — отрицательные; структуры II порядка: 3 — отрицательные; структуры III порядка: 4 — положительные, 5 — отрицательные; 6 — локальные поднятия; 7 — нефтяные месторождения; 8 — граница Томской области, 9 — район исследований. Структуры I порядка: I — Каймысовский свод, II — Нюрольская мегавпадина, III — Верхнедемьянская мегавпадина; структуры II порядка: I — Центрально-Нюрольская мезовпадина, II — Южно-Нюрольская мезовпадина; структуры III порядка: 1 — Карандашовское КП, 2 — Кулан-Игайская впадина, 3 — Фестивальный вал, 4 — Западно-Крапивинский прогиб, 5 — Крапивинско-Моисеевское КП, 6 — Тамратская впадина, 7 — Ягыл-Яхский вал, 8 — Игольско-Таловое КП, 9 — Осевой прогиб, 10 — Лавровский вал, 11 — Тамянский прогиб. Нефтяные месторождения: 1 — Двуреченское, 2 — Моисеевское, 3 — Крапивинское, 4 — Тагайское, 5 — Западно-Карайское, 6 — Карайское, 7 — Федюшкинское, 8 — Игольско-Таловое, 9 — Налимье, 10 — Глуховское, 11 — Среднеглуховское, 12 — Поньжевое, 13 — Фестивальное, 14 — Северо-Фестивальное, 15 — Западно-Майское, 16 — Майское, 17 — Южно-Майское, 18 — Чагвинское, 19 — Еллейское.

ная толща аргиллитов георгиевской свиты выполняют роль регионального флюидоупора для залежей углеводородов в песчаных пластах горизонта Ю<sub>1</sub>.

На Игольско-Таловом месторождении залежь нефти сконцентрирована в оксфордских песчаных пластах Ю<sub>1</sub><sup>1-2</sup> надугольной пачки и контролируется антиклинальной структурой, ВНК залежи проведен на абсолютной отметке -2685 м. На большей части Игольско-Талового куполовидного поднятия (КП) толщина георгиевской свиты не превышает 1—2 м, и флюидоупором для нефтяной залежи является баженовская свита, перекрывающая оксфордский резервуар. Модель нефтяной залежи Игольско-Талового месторождения приведена на рис. 2.



**Рис. 2.** Игольско-Таловое нефтяное месторождение: залежь песчаных пластов Ю<sub>1</sub><sup>1-2</sup> (А), геологический разрез верхней юры по линии I-I (Б).

1 — меловые отложения, 2 — баженовская свита, 3 — георгиевская свита, 4 — проницаемые песчаники горизонта Ю<sub>1</sub>, 5 — алевриты и аргиллиты, 6 — угли, 7 — межугольная пачка, 8 — нижнеवासюганская подсвита, 9 — тюменская свита, 10 — нефтяная залежь, 11 — скважина, 12 — водонефтяной контакт; испытания: 13 — нефть, 14 — нефть и вода, 15 — вода, 16 — сухо.

## СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции традиционно выделяют юрский, неокомский и апт-альб-сеноманский нефтегазоносные осадочные мегакомплексы, которые перекрыты выдержанными по толщине и получившими широкое распространение на территории Западно-Сибирского бассейна глинистыми пачками — региональными флюидоупорами. Юрский мегакомплекс в кровле экранируется баженовской свитой (верхняя юра, волжский ярус), неокомский (берриас-барремский) — кошайской пачкой (нижний мел, низы апта), апт-альб-сеноманский — кузнецовской свитой (верхний мел, турон). Региональные флюидоупоры обладают аномально низкими относительно вмещающих пород акустическими свойствами и к ним приурочены опорные сейсмические реперы [Конторович, 2009].

Кровля юры контролируется отражающим горизонтом Б, кровля неокома — горизонтом М, кровля апт-альб-сеномана — горизонтом Г.

В верхней части осадочного чехла залегают преимущественно морские отложения турон-маастрихтского и кайнозойского осадочных комплексов, на границе которых формируется отражающий горизонт С (рис. 3).

В рамках проведенных исследований выполнена комплексная интерпретация сейсмических материалов и данных бурения, создана серия региональных сейсмогеологических разрезов и палеоразрезов, построены наборы структурных карт и карт изопахит сейсмогеологических комплексов [Конторович и др., 2011], послуживших основой для структурно-тектонического анализа и изучения истории формирования Игольско-Талового куполовидного поднятия.

## СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

**Кровля и подошва юры** (рис. 4, А, Б). Игольско-Таловое месторождение приурочено к одноименному куполовидному поднятию, которое в рельефе кровли юры имеет подковообразную форму и оконтурено на абсолютной отметке –2660 м. Площадь структуры составляет 506 км<sup>2</sup>, амплитуда — 80 м. На юге и севере Игольско-Таловое поднятие граничит с Центрально-Нюрольской и Южно-Нюрольской мезовпадинами, занимающими наиболее погруженные части Нюрольской мегавпадины.

Игольско-Таловое КП осложнено Игольским, Таловым и Восточно-Таловым локальными поднятиями, которые в структурном плане горизонта Б оконтурены на абсолютной отметке –2655 м. Наибо-

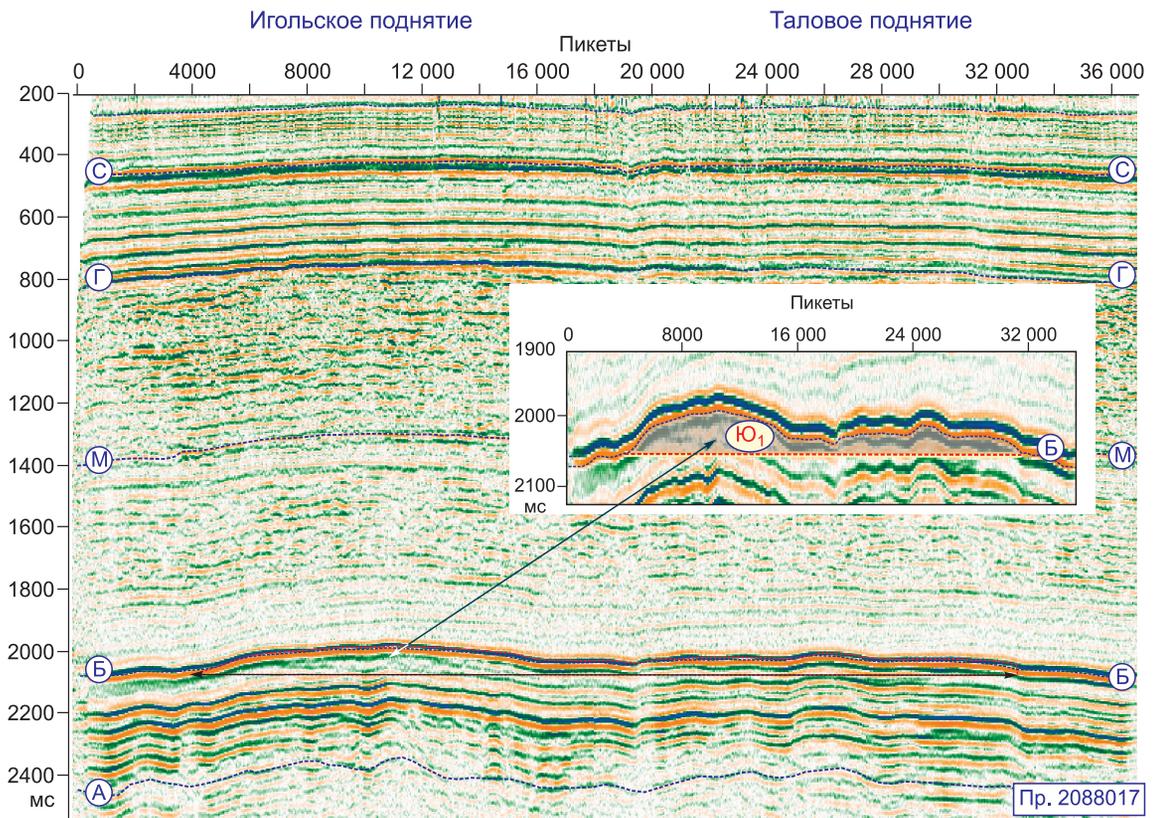
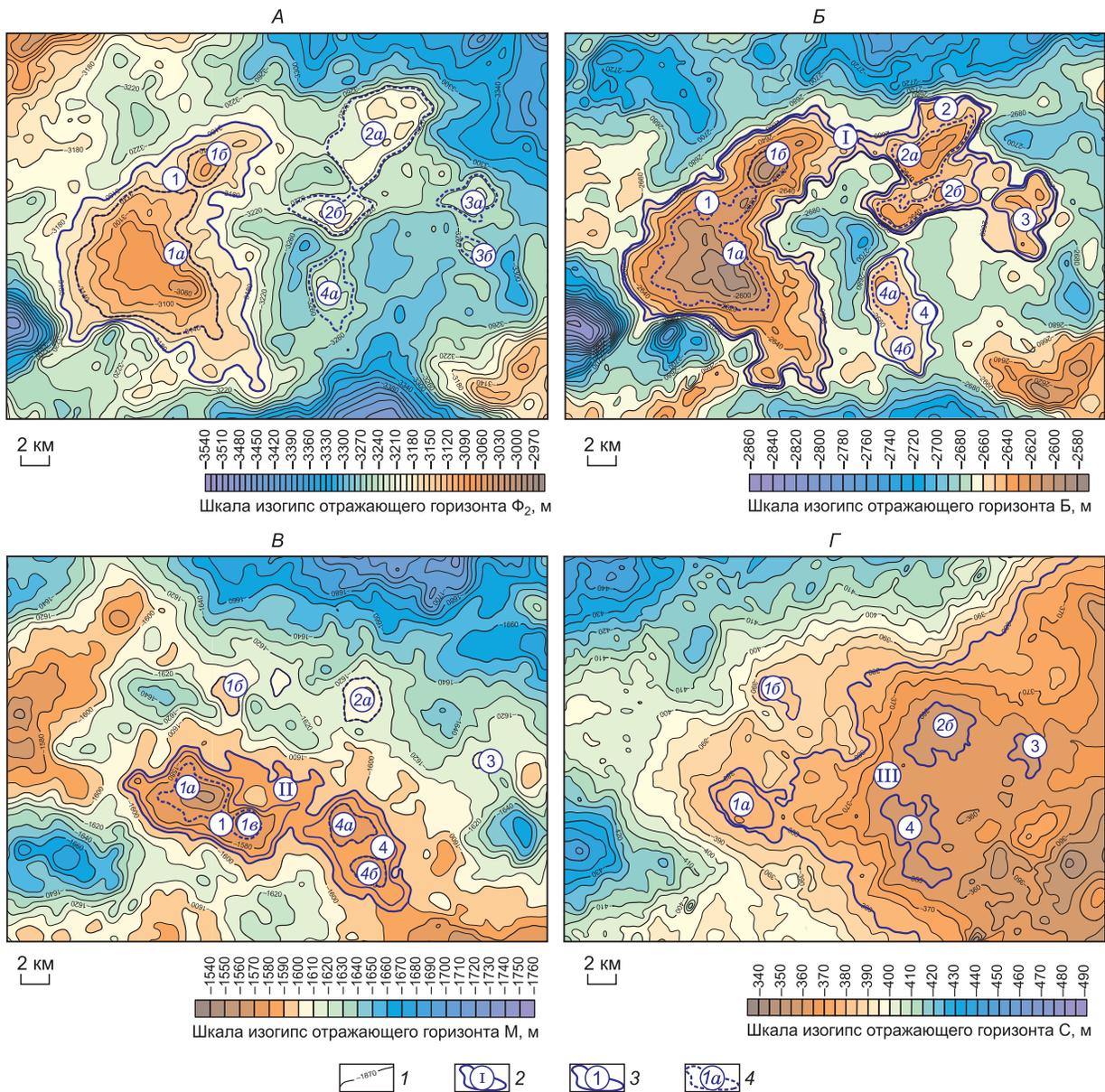


Рис. 3. Сейсмогеологическая характеристика Игольско-Талового месторождения.



**Рис. 4. Структурные карты по кровлям фундамента (А), юры (Б), неокома (В) и мела (Г).**

1 — изогипсы (м), 2 — куполовидные поднятия и валы, 3 — локальные поднятия, 4 — купола. Куполовидные поднятия и валы: I — Игольско-Таловое КП, II — Игольско-Южно-Таловый вал, III — Игольско-Таловый выступ; локальные поднятия и купола: 1 — Игольское поднятие (1а, 1в — южные купола, 1б — северный купол), 2 — Таловое поднятие (2а — северный купол, 2б — южный купол), 3 — Восточно-Таловое поднятие (3а — северный купол, 3б — южный купол), 4 — Южно-Таловое поднятие (4а — северный купол, 4б — южный купол).

лее крупное по размерам Игольское локальное поднятие расположено в западной части структуры и осложнено двумя куполами. Площадь Игольского поднятия составляет 290 км<sup>2</sup>, амплитуда — 75 м. К востоку от Игольского расположено Таловое локальное поднятие, его площадь составляет 92 км<sup>2</sup>, амплитуда — 30 м. Расположенное на востоке Игольско-Талового КП Восточно-Таловое поднятие вытянуто в северном направлении, имеет площадь 28 км<sup>2</sup> и амплитуду 30 м. Все локальные структуры, в свою очередь, осложнены куполами. К югу от Игольско-Талового КП, южнее Таловой структуры расположено Южно-Таловое поднятие, оконтуренное изогипсой –2620 м, имеющее площадь 56 км<sup>2</sup> и амплитуду 30 м.

В структурном плане кровли доюрского основания Игольско-Таловое куполовидное поднятие в качестве замкнутой положительной структуры не выделяется. В то же время в рельефе этой поверхности получили развитие все выделенные на рассматриваемой территории локальные поднятия — Иголь-

ское, Таловое, Восточно-Таловое и Южно-Таловое. Игольская и Южно-Таловая структуры практически повторяют очертания поднятий, выделенных в рельефе кровли юры, на Таловой и Восточно-Таловой площадях получили развитие по два самостоятельных, необъединенных в замкнутые структуры купола.

Следует отметить, что если в рельефе кровли юры все структуры Игольско-Талового куполовидного поднятия, обладая различными амплитудами, оконтурены на одном гипсометрическом уровне, то в структурном плане кровли доюрского основания в направлении с запада на восток они последовательно погружаются. Игольское поднятие оконтурено на абсолютной глубине –3180 м, Таловое –3210 м, Восточно-Таловое –3240 м.

**Кровля неокома (горизонт М).** В рельефе кровли неокомского комплекса рассматриваемая территория имеет принципиально иное строение (см. рис. 4, В). В структурном плане этой поверхности выделяется вытянутый в северо-западном направлении вал, оконтуренный на абсолютной глубине –1585 м и включающий южный купол Игольского локального поднятия и Южно-Таловую структуру. Оба поднятия вытянуты в северо-западном направлении, оконтурены изолиниями, проведенными на отметке –1585 м, имеют площади соответственно 85 и 54 км<sup>2</sup> и амплитуды 27 и 12 м.

К северу от вала выделяется погружающаяся в направлении центральной части Нюрольской мезовадины моноклинал, осложненная незначительными по размерам и амплитуде куполами.

**Кровля сеномана и мела (горизонты Г и С).** Структурные планы кровли сеномана и мела в значительной мере подобны, но существенно отличаются от нижележащих горизонтов (см. рис. 4, Г). В рельефах этих поверхностей на востоке рассматриваемой территории выделяется крупная полузамкнутая структура — Игольско-Таловый выступ, который вытянут в широтном направлении и оконтурен на едином гипсометрическом уровне на севере, западе и юге. На востоке вал размыкается и здесь происходит региональное воздымание территории в восточном и юго-восточном направлениях — в направлении обрамления Западно-Сибирской геосинеклизы. По периферии наклонного вала отмечается погружение горизонтов Г и С в направлении Центрально- и Южно-Нюрольской мезовадин.

В рельефе кровли сеномана небольшие малоамплитудные купола выделяются в районе южного купола Игольской структуры, а также в районе Талового и Южно-Талового поднятий.

В структурном плане кровли мела аналогичные небольшие по размерам и амплитуде поднятия расположены на месте северного купола Игольской структуры, на Таловой, Восточно-Таловой и Южно-Таловой площадях. Амплитуды куполов, выделенных в структурных планах горизонтов Г и С, не превышают 10 м.

Подводя итог структурной характеристике исследуемой территории, отметим основные моменты:

1. Структурные поверхности реперных мезозойско-кайнозойских горизонтов принципиально отличаются друг от друга.

2. Замкнутые положительные структуры II порядка на рассматриваемой территории получили развитие только в рельефах кровли юры и неокома, и эти поднятия в плане существенно смещены относительно друг друга:

— в рельефе кровли юры Игольско-Таловое куполовидное поднятие имеет подковообразную форму и осложнено Игольским, Таловым и Восточно-Таловым локальными поднятиями, Южно-Таловое поднятие не входит в состав замкнутой положительной структуры II порядка;

— в структурном плане кровли неокома выделяется вытянутый в северо-западном направлении вал, который объединяет южный купол Игольской структуры и Южно-Таловое локальное поднятие.

3. В структурных планах кровли сеномана и мела отмечается региональное погружение территории в западном и северо-западном направлениях, и в рельефах этих поверхностей выделяется вытянутая в широтном направлении полузамкнутая положительная структура — Игольско-Таловый выступ.

## ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИГОЛЬСКО-ТАЛОВОГО КУПОЛОВИДНОГО ПОДНЯТИЯ

Изучение истории тектонического развития исследуемой территории в мезозое и кайнозое выполнялось с использованием «метода мощностей» [Белоусов, 1940; Гарецкий, Яншин, 1960].

Залегающие в кровлях осадочных мегакомплексов морские трансгрессивные глинистые пачки распространены на большей части Западно-Сибирского бассейна, выдержаны по толщине и формировались в эпохи тектонического покоя в условиях снивелированного рельефа. Эти обстоятельства позволяют рассматривать их в качестве квазиизохронных поверхностей выравнивания и использовать при палеотектонических реконструкциях [Конторович, 2009]. В рамках этого подхода характер изменения толщин осадочных комплексов позволяет в первом приближении восстановить тектонические процессы, протекавшие на разных этапах развития территории, при этом зонам увеличенных толщин комплексов будут отвечать области относительного прогибания, зонам пониженных толщин — области, испытывавшие тенденцию к относительному росту.

В региональном плане на протяжении всей мезозойско-кайнозойской истории Западно-Сибирский осадочный бассейн погружался относительно структур складчатого обрамления и за это время в

**Мезозойско-кайнозойские осадочные мегакомплексы**

Комплекс	Начало форми- рования	Окончание фор- мирования	Время форми- рования	Мини- мальная толщина	Макси- мальная толщина	Средняя толщина	Темп осадко- накопления
	млн лет			м			м/млн лет
Мезозойско-кайно- зойский	199.6	2.6	197.0	2775	3775	3239	16
Юрский	199.6	145.5	54.1	330	770	554	10
Берриас-барремский (неокомский)	145.5	120.0	25.5	960	1210	1062	42
Апт-альб- сеноманский	120.0	93.6	26.4	800	980	884	33
Турон-маастрихтский	93.6	58.7	34.9	305	375	339	10
Кайнозойский	58.7	2.6	56.1	380	440	401	7

южной части Нюрольской мегавпадины накопилось в среднем 3240 м осадков, средний темп осадконакопления составил 16 м/млн лет. В таблице приведены сведения о толщинах основных осадочных комплексов, времени их формирования и темпах осадконакопления.

**Доюрский этап развития.** На территории Западной Сибири этапу формирования отложений осадочного чехла предшествовал процесс раннетриасового рифтогенеза [Сурков, Жеро, 1981]. На рубеже палеозоя и мезозоя в центральной части Западной Сибири был сформирован Колтогорско-Уренгойский грабен-рифт, пересекающий территорию бассейна в меридиональном направлении. С запада и востока рифт ограничен глубинными разломами и заполнен мощной толщей эффузивов основного и среднего составов. Это толща базальтов вместе с дислоцированными породами палеозоя на большей части Западной Сибири рассматривается в составе фундамента Западно-Сибирской плиты [Сурков, Жеро, 1981].

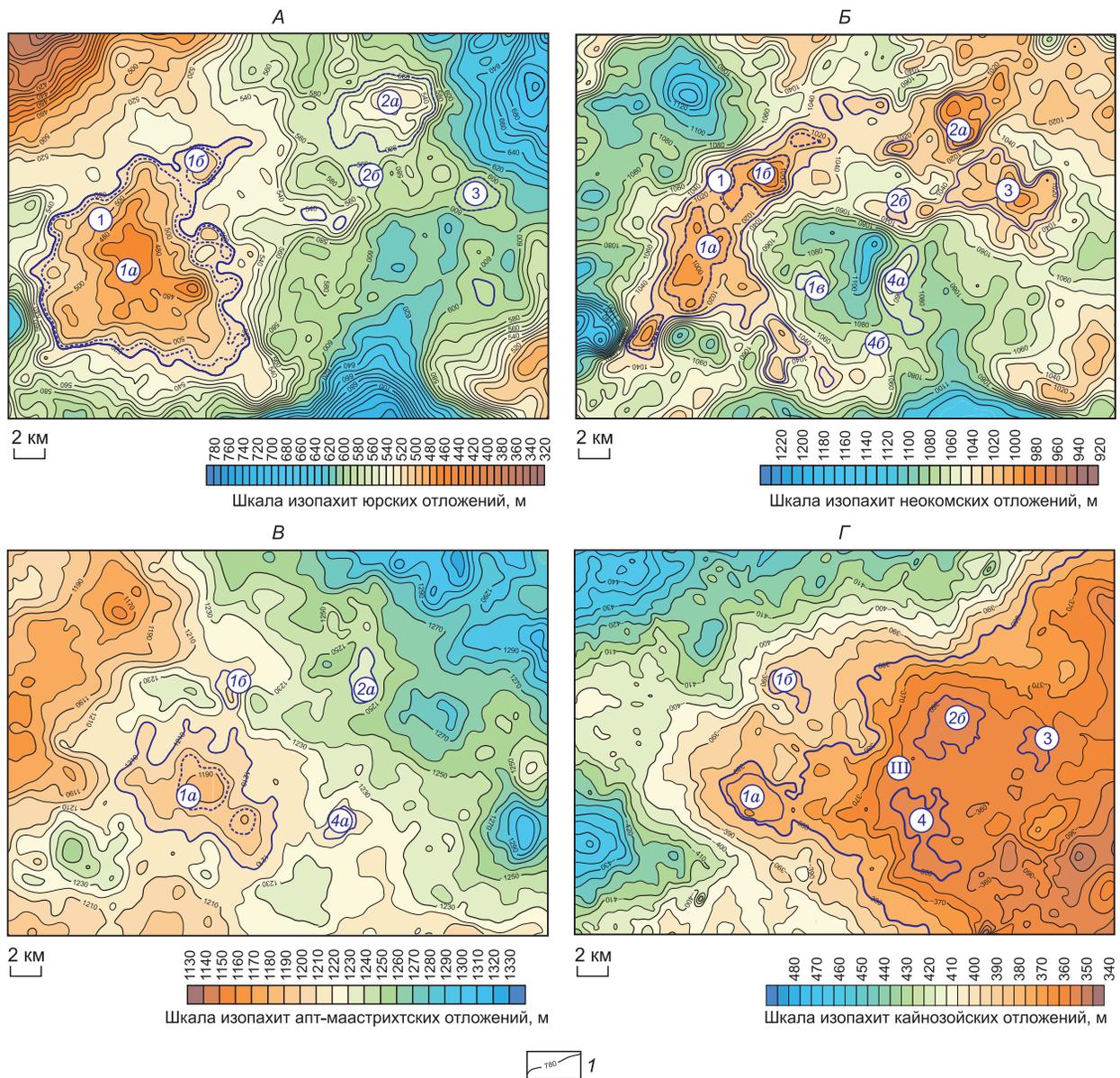
Раннетриасовая рифтовая зона испытывала тенденцию к относительному прогибанию на протяжении всего мезозойско-кайнозойского времени, но наиболее интенсивно погружалась в ранней юре и кайнозое. Благодаря этим процессам на юго-востоке Западной Сибири, над южным окончанием рифта была сформирована Нюрольская мегавпадина, к западу и востоку от которой были образованы крупные положительные структуры — Каймысовский свод и Пудинский мегавал [Конторович, 2002; Конторович и др., 2011]. К началу формирования отложений осадочного чехла внутририфтовая зона была разбита большим количеством второстепенных разнонаправленных разломов, контролирующих как опущенные, так и относительно небольшие по размерам приподнятые блоки доюрского основания — эрозионно-тектонические выступы. Аналогичную блочную структуру имели и сопредельные с Нюрольской мегавпадиной крупные положительные структуры.

**Юра.** На рассматриваемой территории толщина юрских отложений изменяется в диапазоне от 330 до 770 м (рис. 5, А), время формирования комплекса составляет 54.1 млн лет, средний темп осадконакопления — 10 м/млн лет. Анализ истории тектонического развития юго-восточных районов Западной Сибири показал, что в подавляющем большинстве случаев в этом регионе локальные поднятия, выделяемые в современных рельефах юрских и меловых горизонтов, сформированы над эрозионно-тектоническими выступами доюрского основания. К серии таких приподнятых эрозионно-тектонических блоков приурочена и Игольско-Таловая структура.

Анализ карты изопакит юрских отложений свидетельствует о том, что в юре наиболее интенсивно формировалось Игольское поднятие, приуроченное к относительно контрастному для депрессионной зоны эрозионно-тектоническому блоку (см. рис. 5, А). К концу юры в рельефе палеозоя Игольская палеоструктура имела практически современные очертания, и ее амплитуда составляла 70 м. Учитывая, что в современном рельефе горизонта А амплитуда этого поднятия составляет 135 м, можно констатировать, что в постюрское время его контрастность увеличилась почти в 2 раза. В юрское время тенденцию к менее интенсивному росту также испытывали Таловое и Восточно-Таловое поднятия, приуроченные к слабоконтрастным выступам фундамента.

В целом волжский палеорельеф доюрского основания на Игольско-Таловой площади в значительной мере повторял очертания современного структурного плана кровли палеозоя. На карте изопакит юрских отложений находят отражения Игольское поднятие и купола Таловой и Восточно-Таловой структур, которые по аналогии с современным рельефом кровли доюрского основания последовательно погружаются с запада на восток и не объединены в куполовидное поднятие.

**Неоком.** Анализ карты изопакит берриас-барремских отложений свидетельствует о том, что в неокоме Игольско-Таловое куполовидное поднятие в качестве единой замкнутой положительной структуры не развивалось (см. рис. 5, Б). В то же время на этом этапе развития активно формировалось Игольское локальное поднятие, и тенденцию к росту продолжали испытывать купола, расположенные на



**Рис. 5. Карты изопахит юрского (А), неокомского (Б), апт-маастрихтского (В) и кайнозойского (Г) сейсмокомплексов.**

1 — изолинии (м). Остальные усл. обозн. см. на рис. 4.

Таловой, Восточно-Таловой и Южно-Таловой площадях. К западу, северо-западу и югу от Игольско-Таловой площади в это время формировались депрессионные зоны, а погружение территории в северном направлении, в направлении современной осевой части Нюрольской мегавпадины происходило менее интенсивно.

В целом в раннеаптском палеорельефе кровли юры локальные палеоструктуры, осложняющие современное Игольско-Таловое поднятие, уже существовали. На момент формирования кошайской пачки амплитуда Игольского палеоподнятия в рельефе баженовской свиты составляла 55 м, Талового, Восточно-Талового и Южно-Талового — 30 м.

Следует отметить, что образование этих структур происходило на фоне чрезвычайно интенсивного формирования осадков. На исследуемой территории толщина берриас-барремских отложений составляет в среднем 1062 м, время формирования комплекса 25.5 млн лет, средний темп осадконакопления 42 м/млн лет.

**Апт-альб-сеноманский и турон-маастрихтский** этапы развития характеризовались невысокой активностью вертикальных тектонических движений.

В апт—альб—сеномане происходило региональное погружение территории в восточном и северо-восточном направлениях и продолжалось формирование куполов Игольского локального поднятия. На этом этапе развития формирование осадков происходило преимущественно в континентальных условиях, и за 26.5 млн лет в южной части Нюрольской мегавпадины накопилась в среднем 880-метровая толща терригенных пород, темп осадконакопления составил 33 м/млн лет.

Турон-маастрихтский этап развития характеризовался еще более слабой интенсивностью тектонических движений. Мощность отложений комплекса изменяется в диапазоне 305—375 м, перепад толщин — 70 м, темп осадконакопления — 10 м/млн лет. На этом этапе развития эпицентр прогибания территории несколько сместился на север, и продолжалось относительное погружение восточных и северных районов рассматриваемой территории. Поднятия Игольско-Таловой площади в это время не формировались.

В целом в апт—альб—сеномане и турон—маастрихте происходило региональное погружение территории в восточном и северо-восточном направлениях, а в северо-западной части рассматриваемого района формировалась вытянутая в северо-восточном направлении приподнятая зона. На Игольско-Таловой площади в это время тенденцию к относительному росту испытывала только Игольская структура и незначительно развивались купола Таловой и Южно-Таловой площадей (см. рис. 5, В).

**Кайнозой.** На исследуемой территории мощность кайнозойских отложений изменяется в диапазоне от 380 до 440 м (см. рис. 5, Г), время формирования комплекса 56.1 млн лет, средний темп осадконакопления 7 м/млн лет. На кайнозойском этапе развития направленность региональных тектонических движений сменилась на противоположную. Если в юрское и меловое время восточные и юго-восточные районы рассматриваемой территории погружались относительно западных и северо-западных, то в кайнозой эти зоны стали испытывать тенденцию к относительному воздыманию. Фиксируемая на Игольско-Таловой площади направленность кайнозойских тектонических движений является отголоском регионального для Западно-Сибирского бассейна процесса погружения его центральной части относительно структур юго-восточного обрамления плиты [Конторович, 2002; Конторович и др., 2011]. Как было отмечено выше, в это время на рассматриваемой территории формировался вытянутый в западном направлении выступ, а локальные поднятия практически не испытывали тенденцию к росту.

Проведенный анализ истории формирования Игольско-Талового куполовидного поднятия позволяет сделать следующие основные выводы:

1. В мезозое и кайнозойе рассматриваемая территория развивалась абсолютно неунаследованно, и Игольско-Таловое куполовидное поднятие в качестве единой замкнутой положительной структуры не испытывало тенденцию к росту ни на одном из этапов развития.

2. Локальные поднятия, осложняющие Игольско-Таловое куполовидное поднятие, начали активно формироваться в юре над эрозионно-тектоническими выступами фундамента, унаследованно развивались в неокоме, существенно менее интенсивно формировались в апт—альб—сеномане и практически не развивались в конце позднего мела и кайнозойе.

3. В юрское и меловое время восточные и юго-восточные районы рассматриваемой территории испытывали тенденцию к относительному погружению. В кайнозойе направленность тектонических движений сменилась на противоположную, и восточная часть исследуемой территории стала интенсивно воздыматься относительно западной.

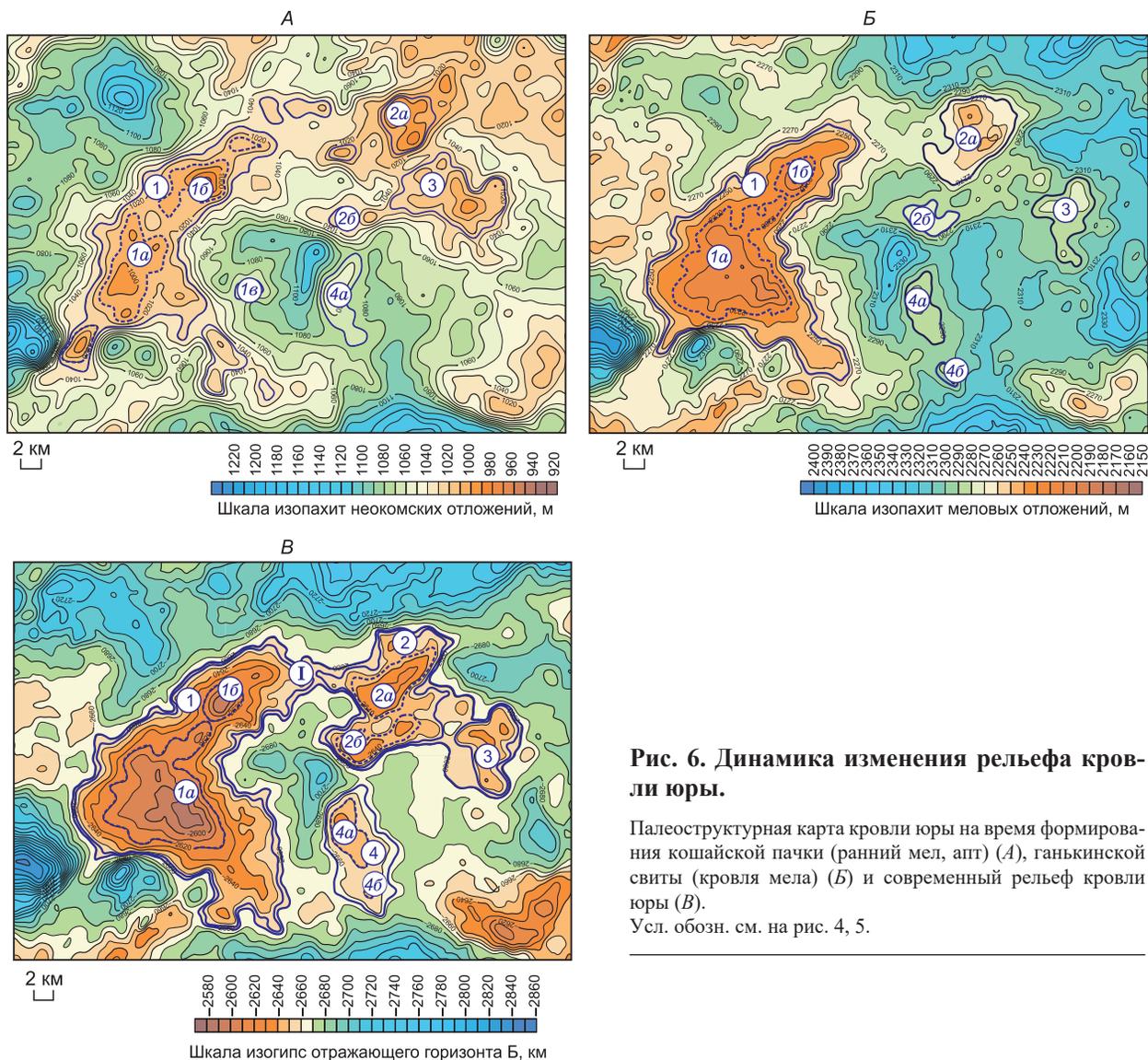
## ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИГОЛЬСКО-ТАЛОВОГО КУПОЛОВИДНОГО ПОДНЯТИЯ

Учитывая, что верхнеюрская залежь Игольского-Талового месторождения контролируется куполовидным поднятием, выделенным в рельефе кровли оксфордского резервуара, остановимся на динамике формирования этой структуры (рис. 6).

Выше было показано, что в неокоме наиболее интенсивно формировалась Игольская структура, расположенная в западной части Игольско-Талового куполовидного поднятия. В раннеаптском палеорельефе кровли юры амплитуда этой структуры составляла 55 м — 75 % от амплитуды Игольского поднятия в современном рельефе кровли баженовской свиты. К моменту образования кошайской пачки также были сформированы Таловое, Восточно-Таловое и Южно-Таловое поднятия, амплитуды которых составляли 30 м — 100 % от амплитуд современных структур (см. рис. 6, А).

В целом в палеорельефе баженовской свиты, образовавшемся к началу апта, локальные поднятия Игольско-Таловой площади были уже сформированы, располагались на одинаковых глубинах, но не были объединены в единое куполовидное поднятие.

В апт—альб—сеномане было практически завершено формирование современного облика всех локальных поднятий Игольско-Таловой площади, а процесс регионального погружения восточной части рассматриваемой территории привел к тому, что Таловое поднятие погрузилось относительно Игольского, а Восточно-Таловое относительно Талового. На карте толщин берриас-сеноманских отло-



**Рис. 6.** Динамика изменения рельефа кровли юры.

Палеоструктурная карта кровли юры на время формирования кошайской пачки (ранний мел, апт) (А), ганькинской свиты (кровля мела) (Б) и современный рельеф кровли юры (В).

Усл. обозн. см. на рис. 4, 5.

жений Игольское поднятие оконтурено изопахитой 1920 м, а Таловая и Восточно-Таловая структуры соответственно изопахитами 1930 и 1945 м. В турон—маастрихте относительное погружение восточных и северо-восточных районов продолжалось, а процессы структурообразования носили еще более вялый характер. Таким образом, этот этап развития практически не оказал влияния на конфигурацию и амплитуды структур, но привел к тому, что Таловое и Восточно-Таловое поднятия еще больше погрузились относительно Игольской структуры. На карте изопахит меловых отложений Игольское поднятие оконтурено изолинией 2245 м, Таловая и Восточно-Таловая структуры соответственно изолиниями 2270 м и 2290 м (см. рис. 6, Б).

Кайнозойская смена направленности региональных тектонических движений на противоположную, а именно воздымание восточных и юго-восточных районов рассматриваемой территории относительно западных привело к тому, что Таловая и Восточно-Таловая структуры вышли на один гипсометрический уровень с Игольским поднятием, что и предопределило формирование в рельефе кровли юры крупной замкнутой положительной структуры II порядка — Игольско-Талового куполовидного поднятия (см. рис. 6, В).

### БАСЕЙНОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Моделирование процессов формирования нефтяной залежи Игольско-Талового месторождения выполнялось в программном комплексе PetroMod, разработанном компанией Shlumberger и позволяющим осуществить прогноз времени и масштабов генерации углеводородов, анализировать пути миграции и выполнять оценку наиболее вероятного положения в разрезе и на площади залежей нефти и газа

[Керимов и др., 2011]. В рамках реализации этого этапа исследований специалистами ИНГГ СО РАН была построена 3D модель осадочного чехла рассматриваемой территории, в которой были учтены результаты структурных построений, литологические модели основных осадочных комплексов; геохимические параметры нефтепроизводящих толщ, палеогеографические, палеоклиматические и палеотемпературные условия формирования осадков и т. д.

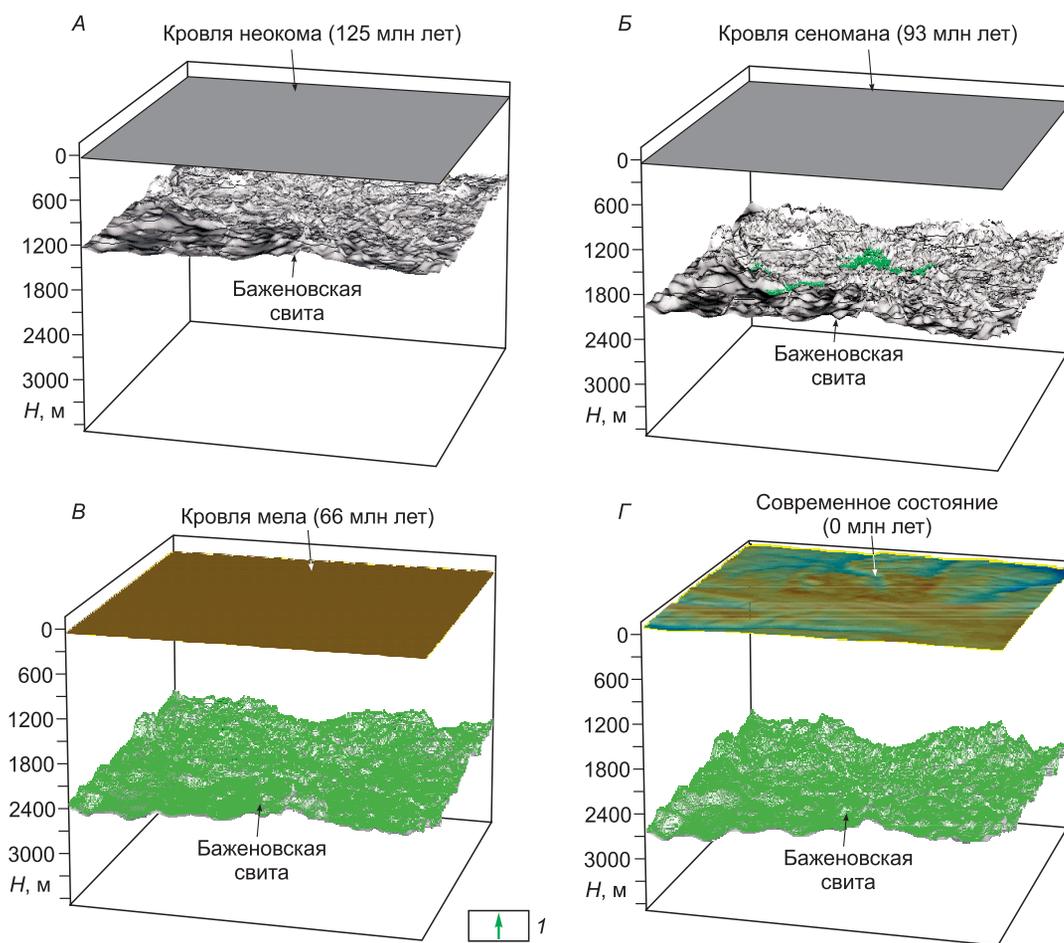
Выше было отмечено, что на юго-востоке Западной Сибири и, в частности, на Игольско-Таловом месторождении наиболее перспективным в отношении нефтегазоносности является верхнеюрский комплекс пород, представленный васюганской, георгиевской и баженовской свитами и включающий все необходимые для формирования залежей углеводородов компоненты: резервуар, флюидоупор и нефтепроизводящие породы.

Остановимся несколько подробнее на характеристике верхнеюрской углеводородной системы.

**Нефтепроизводящие породы, региональный флюидоупор.** Баженовская свита — уникально обогащенная аквагенным органическим веществом черносланцевая формация, являющаяся основным источником углеводородов для залежей в верхней юре, в Нюрольской мегавпадине имеет толщину 20–40 м и залегает на глубинах 2580—2860 м, отвечающих главной зоне нефтеобразования (градации катагенеза  $МК_1^1$ ,  $МК_1^2$ ) [Фомин, 2011]. На этой территории содержание органического углерода в баженовской свите составляет 10—12 %, современная температура в кровле юры — 100—120 °С.

На Игольско-Таловом месторождении сложенная глинисто-кремнисто-карбонатными породами баженовская свита одновременно является надежной покрывкой, способной экранировать залежи нефти и газа в оксфордских песчаниках.

**Резервуары.** В качестве резервуаров для залежей углеводородов на исследуемой территории выступают оксфордские песчаные пласты горизонта  $Ю_1$ , залегающие в верхней части васюганской свиты.



**Рис. 7. Интенсивность генерации жидких углеводородов нефтепроизводящими породами баженовской свиты на время формирования кошайской пачки (А), кузнецовской свиты (Б), талицкой свиты (В) и современное состояние (Г) (Нюрольская мегавпадина).**

1 — масштабы генерации и миграции жидких УВ.

На Игольско-Таловой площади и сопредельных территориях Нюрольской мегавпадины эффективные толщины надугольных песчаных пластов Ю<sub>1</sub><sup>1-2</sup> составляют 5—15 м, подугольных пластов Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup> — 15—25 м. Пористость и проницаемость оксфордских песчаников изменяется в широких пределах и зависит от палеоструктурных и палеогеографических условий их формирования. На исследуемой территории наиболее типичными являются следующие значения:  $K_{\text{пор}} = 15\text{—}18\%$ ,  $K_{\text{прон}} = 1\text{—}5$  мД.

Фактором, предопределившим региональную нефтеносность горизонта Ю<sub>1</sub> на юго-востоке Западной Сибири, является также то, что на этой территории баженовская свита повсеместно перекрыта 200—250-метровой толщей глин куломзинской свиты, которые формировались в мелководно-морских условиях, содержат незрелую органику и не являются нефтепроизводящими. Куломзинские глины «запечатывают» баженовскую свиту сверху и препятствуют миграции углеводородов в неокомские резервуары, что создает дополнительные предпосылки для формирования нефтяных залежей в верхнеюрских песчаных пластах.

Все эти особенности строения верхнеюрского нефтегазоносного комплекса были учтены при бассейновом моделировании — моделировании процессов генерации, миграции и аккумуляции углеводородов.

Результаты этого этапа исследований показали:

— на время раннеаптской трансгрессии (120 млн лет), в эпоху формирования кошайской пачки, контролирующей неокомский комплекс, баженовская свита еще не вошла в главную зону нефтеобразования и процессы генерации углеводородов не происходили (рис. 7, А);

— в конце туронского века (90 млн лет) во время формирования куломзинской свиты мощность осадков, перекрывающих баженовскую свиту, в депрессионных зонах достигла 1950 м; Центрально-Нюрольская и Южно-Нюрольская мезовпадины, осложняющие наиболее погруженные части Нюрольской мегавпадины, вошли в главную зону нефтеобразования, и в них начались процессы генерации (см. рис. 7, Б);

— к концу мела — началу кайнозоя (65 млн лет) баженовская свита погрузилась на глубины 2200—4000 м и на всей исследуемой территории вошла в главную зону нефтеобразования, интенсивность генерации жидких углеводородов существенно возросла и начался процесс заполнения ловушек (см. рис. 7, В);

— процессы нефтеобразования и эмиграции углеводородов из баженовской свиты, протекавшие на протяжении всего кайнозоя и продолжающиеся в настоящее время (см. рис. 7, Г), привели к полному заполнению Игольско-Таловой ловушки, на которой ВНК нефтяной залежи совпадает с оконтуривающей изогипсой структуры (см. рис. 2).

Рассчитанная с использованием пакета PetroMod динамика генерации и аккумуляции нефти в оксфордских резервуарах Игольско-Талового месторождения, с одной стороны, отвечает реальной геологической модели залежи, с другой, — полностью согласуется с моделями нефтеобразования и формирования нефтяных месторождений, опубликованными в работе [Конторович и др., 1975].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В юго-восточных районах Западной Сибири, включающих Томскую, Новосибирскую области и юго-западную часть Красноярского края, наиболее перспективным в отношении нефтегазоносности является верхнеюрский комплекс пород. В настоящее время в этих регионах открыто 145 месторождений, из которых на 120 в оксфордских песчаных пластах сконцентрированы промышленные залежи углеводородов. Анализ геолого-геофизических материалов по юго-востоку Западной Сибири позволяет сделать вывод о том, что анализируемое в работе Игольско-Таловое месторождение может рассматриваться в качестве эталонного и в этом регионе по схожему с ним сценарию происходило формирование всех сконцентрированных в песчаных пластах горизонта Ю<sub>1</sub> залежей углеводородов.

Общие для всех верхнеюрских месторождений нефти и газа особенности формирования можно сформулировать следующим образом:

1. Подавляющее большинство залежей углеводородов, локализованных в песчаных пластах горизонта Ю<sub>1</sub>, контролируется антиклинальными ловушками — структурами III и IV порядков, их площади не превышают 2000 км<sup>2</sup>.

2. В рельефе кровли юры локальные поднятия были сформированы над эрозионно-тектоническими выступами доюрского основания, которые испытывали тенденцию к росту в юре и унаследованно развивались в неокоме.

3. Интенсивное погружение центральной части Западно-Сибирского бассейна и катаклизмы волжского века предопределили формирование на большей части Западной Сибири и в рассматриваемом регионе, в частности, уникально обогащенной аквагенным органическим веществом глубоководной толщи глинисто-кремнисто-карбонатных пород баженовской свиты, которая является основной нефте-

производящей формацией Западно-Сибирского бассейна и одновременно выполняет роль регионального флюидоупора для залежей в оксфордских песчаных резервуарах [Конторович и др., 1975, 1999].

4. Апт-альб-сеноманский этап развития, существенным образом не повлиявший на современное структурно-тектоническое строение рассматриваемого региона, сопровождался интенсивным прогибанием Западно-Сибирского бассейна относительно структур обрамления и высоким темпом осадконакопления ( $>30\text{ м/млн лет}$ ), что в значительной мере обеспечило погружение баженовской свиты в главную зону нефтеобразования. На юго-востоке Западной Сибири на территориях, перспективных в отношении нефтегазоносности, баженовская свита вошла в главную зону нефтеобразования 65—90 млн лет в конце мезозоя — начале кайнозоя и в настоящее время залегает на глубинах, отвечающих градациям катагенеза МК<sub>1</sub>—МК<sub>2</sub> [Фомин, 2011].

5. На юго-востоке Западной Сибири в кайнозой происходило два принципиально важных тектонических процесса: региональное погружение центральной части Западно-Сибирского бассейна относительно юго-восточного обрамления плиты и формирование в структурных планах мезозойско-кайнозойских горизонтов контрастной линейной надрифтовой депрессии — Колтогорско-Нюрольского мегажелоба, осложненного Нюрольской мегавпадиной и Колтогорским мегапрогибом [Конторович, 2009]. Эти процессы практически не сказались на локальных поднятиях (их площади не превышают 200 км<sup>2</sup>), и неоднозначно повлияли на антиклинальные структуры III порядка, с которыми связаны наиболее крупные на юго-востоке Западной Сибири нефтяные и газовые месторождения.

На Игольско-Таловой площади процесс регионального воздымания юго-восточного обрамления плиты привел к тому, что оконтуренные на разных абсолютных отметках Игольское, Таловое и Восточно-Таловое поднятия вышли на один гипсометрический уровень, сформировав крупную замкнутую антиклинальную ловушку для нефтяной залежи. Аналогичная ситуация имела место при формировании одного из наиболее крупных на юго-востоке Западной Сибири Первомайско-Весеннего месторождения, расположенного в северной части Каймысовского НГР. В этой зоне региональное кайнозойское погружение Юганской мегавпадины относительно Каймысовского свода предопределило то, что Первомайское, Весеннее и Верхневесеннее локальные поднятия в рельефе кровли юры заняли одинаковый гипсометрический уровень, благодаря чему был сформирован Первомайско-Весенний вал — крупная ловушка, в пределах которой ВНК залежи в оксфордских песчаных пластах Ю<sub>1</sub><sup>1-2</sup> надугольной пачки горизонта Ю<sub>1</sub> совпадает с оконтуривающей изогипсой структуры.

Противоположная ситуация имела место в юго-восточной части Нюрольской мегавпадины, где к концу мела в палеорельефе кровли юры была сформирована крупная замкнутая положительная структура — Лавровский вал, осложненный Майским, Северо-Майским, Еллейским, Еллей-Игайским и Водораздельным локальными поднятиями [Конторович, 2002]. Протекавшее в кайнозой региональное погружение Нюрольской мегавпадины относительно юго-восточного обрамления Западно-Сибирского бассейна привело к тому, что на этом этапе развития Лавровский вал разомкнулся на юго-востоке и превратился в полузамкнутую структуру, а в качестве антиклинальных ловушек стали выступать только осложняющие его относительно малоамплитудные и незначительные по площади локальные поднятия. Аналогичные трансформации происходили со структурами, находящимися на склонах крупных положительных структур, расположенных к востоку от Колтогорско-Нюрольского желоба. В частности, находящиеся на западном склоне Александровского свода Проточное, Александровское и Полуденно-Чапаевское куполовидные поднятия в результате происшедшего в кайнозой регионального погружения Колтогорского мегапрогиба относительно осевой части Александровского свода разомкнулись на востоке и превратились в полузамкнутые тектонические элементы, перестав существовать в качестве крупных антиклинальных ловушек для залежей углеводородов [Конторович и др., 2014].

## ЛИТЕРАТУРА

**Белоусов В.В.** Мощность отложений как выражение режима колебательных движений земной коры // Советская геология, 1940, № 2—3, с. 14—28.

**Гарецкий Р.Г., Яншин А.Л.** Тектонический анализ мощностей. Методы изучения тектонических структур. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 115—166.

**Даненберг Е.Е., Маркова Л.Г., Белозеров В.Б., Иванов И.А., Коптяев Н.В., Миндигалеев А.С., Нарута Ю.С., Огарков А.М., Пастухова Т.Н., Ростовцев В.Н., Скуратенко А.В., Тищенко Г.И., Ткачева Л.Г., Худорожков Г.П.** Расчленение и типы разрезов юрских отложений западной части Томской области // Вопросы биостратиграфии и детальной корреляции мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской равнины. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1979, с. 77—83. (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 141).

**Даненберг Е.Е., Белозеров В.Б., Брылина Н.А.** Геологическое строение и нефтегазоносность верхнеюрско-нижнемеловых отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты (Томская область). Томск, Изд-во ТПУ, 2006, 291 с.

**Керимов В.Ю., Хантшел Т., Соколов К., Сидорова М.С.** Применение технологии бассейнового моделирования — программного пакета PetroMod в учебном процессе РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина // Нефть, газ и бизнес, 2011, № 4, с. 38—47.

**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, 700 с.

**Конторович А.Э., Данилова В.П., Костырева Е.А., Меленевский В.Н., Москвин В.И., Фомин А.Н., Махнева Е.Н.** Нефтематеринские формации Западной Сибири: старое и новое видение проблемы // Тезисы докладов научного совещания «Органическая геохимия нефтепроизводящих пород Западной Сибири». Новосибирск, Изд-во СО РАН, 1999, с. 10—12.

**Конторович В.А.** Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002, 253 с.

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

**Конторович В.А., Соловьев М.В., Калинина Л.М., Калинин А.Ю.** Роль мезозойско-кайнозойской тектоники в формировании залежей углеводородов в южных частях Каймысовского свода и Ньюрольской мегавпадины // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (8), с. 1075—1092.

**Конторович В.А., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Соловьев М.В.** Влияние мезозойско-кайнозойских тектонических процессов на формирование верхнеюрских и меловых залежей углеводородов в северной части Александровского свода // Геология и геофизика, 2014, т. 55 (5—6), с. 847—861.

**Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири (г. Новосибирск, 2003 г.).** Новосибирск, СНИИГГиМС, 2004, 114 с., прил. 3 на 31 листе.

**Сурков В.С., Жеро О.Г.** Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. М., Недра, 1981, 142 с.

**Фомин А.Н.** Катагенез органического вещества и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирского бассейна. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2011, 331 с.

**Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятов В.П., Ильина В.И., Меледина С.В., Гайдебурова Е.А., Дзюба О.С., Казаков А.М., Могучева Н.К.** Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000, 480 с.

*Рекомендована к печати 6 июля 2016 г.  
А.Э. Конторовичем*

*Поступила в редакцию  
6 июля 2016 г.*