

СТРОЕНИЕ КАЙНОЗОЙСКОГО ЧЕХЛА САНЬЦЗЯН-СРЕДНЕАМУРСКОГО ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА (РОССИЯ, КИТАЙ)**Е.П. Развозжаева¹, Ю.В. Талтыкин¹, Чэжоу Юнхэн²**¹ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, ул. Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000; e-mail: rep@itig.as.khb.ru²Шеньянский институт геологии и полезных ископаемых, г. Шеньян, КНР
Поступила в редакцию 17 ноября 2017 г.

На основе карты аномального гравитационного поля с учетом существующих структурных данных построена единая структурная схема Саньцзян-Среднеамурского осадочного бассейна. Она отражает палеогеновый рифтогенный этап эволюции бассейна, когда под действием СЗ-ЮВ сил растяжения образовались многочисленные грабены преимущественно северо-восточной ориентировки. Закономерности в расположении грабенов указывают на то, что бассейн сформировался в условиях взаимодействия правосторонних северо-восточных и левосторонних субширотных и запад-северо-западных сдвигов. Активизированные в палеогене древние северо-восточные разломы образовали краевые Западную и Восточную зоны правосторонних сдвигов. Кулисообразные ряды грабенов в центральной части отмечают положение зачаточных зон левосторонних сдвигов. Проведен анализ внутреннего строения грабенов по материалам прежних и новых сейсморазведочных и скважинных данных. Выявлены общие и индивидуальные черты их строения. Продемонстрировано строение грабенов Западной и Восточной краевых зон. Отмечено, что некоторые грабены перспективны на углеводородное (УВ) сырье. Анализ глубинного строения территории Востока Азии, включающей бассейн, по результатам геофизических исследований последних лет (в первую очередь сейсмотомографии) предполагает наличие зоны апвеллинга.

Ключевые слова: грабены, аномалии гравитационного поля, сейсмические разрезы, сдвиги, сейсмотомография, Саньцзян-Среднеамурский бассейн, Китай, Россия.

ВВЕДЕНИЕ

Саньцзян-Среднеамурский осадочный бассейн (ССОБ) расположен на территории двух государств. Его северо-восточная часть (Среднеамурский бассейн) находится в России, а юго-западная часть (бассейн Саньцзян) – на территории Китая. По материалам исследований Среднеамурского осадочного бассейна (СОБ) издана монография [15]. Толчок к изучению пограничных структур дали совместные проекты. В результате работ по проекту Института тектоники и геофизики (ИТиГ, г. Хабаровск) с учеными Цзилиньского университета появилось несколько публикаций на русском языке, в которых рассматривались мезозойский суббассейн Суйбинь бассейна Саньцзян, грабены Итун-Иланьской ветви системы Тан-Лу, являющиеся северо-западным ограничением ССОБ [12, 13, 18, 23]. В работе [36] рассматривалась мезозойская стратиграфия ССОБ. Появление в последние годы англоязычных публикаций по погранич-

ным территориям Китая, в том числе по бассейну Саньцзян [29, 38, 39, 41], а также сотрудничество с Шеньянским институтом геологии и полезных ископаемых, дает новый толчок для сравнительного анализа пограничных структур. Использование при изучении осадочных бассейнов сейсморазведки открывает дополнительные возможности при изучении строения, разломной тектоники и эволюции [19, 21, 39, 42].

Логическим продолжением исследований является изучение ССОБ как единой структуры, то есть его кайнозойского этапа, поскольку именно в кайнозойе началось его формирование как единого бассейна. Такая попытка сделана в настоящей работе. Для этого использованы карта аномального гравитационного поля, сейсморазведочные и скважинные данные, имеющиеся структурные схемы, анализировались тектоника и глубинное строение бассейнов и сопредельных территорий. При изучении глубинного строения методами гравиразведки, МТЗ, ГСЗ-МОВЗ и сейсмотомографии ставилась задача сравнения особенностей строения

литосферы ССОБ и бассейнов северо-восточного Китая с доказанной нефтегазоносностью.

МОРФОСТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САНЬЦЗЯН-СРЕДНЕАМУРСКОГО БАСЕЙНА ПО МАТЕРИАЛАМ ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Саньцзян-Среднеамурский осадочный бассейн расположен в районе р. Амур и ее притоков – рек Усури и Сунгари. Он протянулся в северо-восточном направлении на 600 км по территории России и Китая при ширине 200–250 км (рис. 1 А). ССОБ является крупным молодым бассейном общего, но неравномерного погружения [15]. Со всех сторон окруженный хребтами, он хорошо выражен в рельефе низменными выровненными участками, нередко заболоченными, с широкими речными долинами, озерами и редкими горными возвышенностями. Эта морфология характеризует современный этап эволюции ССОБ. В палеогене эта территория представляла собой морфоструктуру хребтов и бассейнов – систему горстов и грабенов – приразломных депрессий, заложившихся на более древних разновозрастных образованиях Сихотэ-Алинского орогенного пояса (САОП) и Цзямусы-Ханкайско-Буреинского (ЦХБ) массива (рис. 1 Б). На территории от Шантарских островов до залива Петра Великого грабены образуют Усури-Охотскую зону рифтогенеза (УОЗР), которая представляет собой единую тектонофизическую систему – правосторонний зачаточный сдвиг-раздвиг [19]. УОЗР протягивается субпараллельно современной континентальной окраине. В узлах пересечения ее с системой сдвигов Тан-Лу северо-восточного простирания наблюдается сгущение грабенов с образованием в неогене обширных впадин, ССОБ и Приханкайской [19].

Грабены отчетливо фиксируются локальными гравитационными минимумами, обусловленными низкими плотностями пород их осадочного выполнения. На основе карты аномального гравитационного поля с учетом материалов бурения и редких сейсмо-разведочных профильных данных была построена морфоструктурная схема кайнозойских впадин Приамурья [17]. Эта схема взята за основу при описании структуры кайнозойского чехла в монографии по СОБ [15]. Тектоническое районирование кайнозойского осадочного чехла СОБ было предложено В.Г. Варнавским в 1971 г. Им выделены три зоны грабенов северо-восточного простирания: Западная и Восточная краевые, где грабены образуют последовательные цепочки, и Центральная зона. Зоны отделены друг от друга выступами докайнозойских образований, представленных хребтами или не выходящими на поверхность поднятиями. В дальнейшем в каждой зоне были выделены подзоны, разделенные внутренними подня-

тиями [15]. В работе [19] грабены разделены на простые, небольшие по размерам и обособленные структуры, и сложные, состоящие из нескольких простых грабенов и занимающие промежуточное положение между простыми грабенами и впадиной в целом. Сложные грабены, соответственно, более крупные и глубокие. При обобщении геолого-геофизических материалов в Институте нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН в рамках совместного проекта тектоническая схема была модернизирована согласно принятым в нефтяной геологии критериям [16]. К отрицательным структурам I порядка отнесены грабеновые зоны, аналогичные вышеописанным, отрицательные структуры II порядка – мезопрогибы и мезовпадины, объединяют близкорасположенные отдельные грабены и в большинстве случаев соответствуют сложным грабенам. Грабены относятся к структурам III-IV порядка и названы грабен-впадинами [16].

Принцип построения структурных карт бассейна Саньцзян отличается от такового для СОБ. Как правило, на структурных картах выделены структуры первого порядка, имеющие северо-восточное простирание: юрско-меловой суббассейн Суйбинь, поднятие Фуцзинь и мел-кайнозойский суббассейн Цяньцзинь (рис. 1 А) [38, 39]. На некоторых картах показаны только контуры мезозойских и кайнозойских суббассейнов [41]. Западным ограничением бассейна Саньцзян является Итун-Иланьская ветвь зоны разломов Тан-Лу с расположенным в его пределах преимущественно палеоген-неогеновым грабеном Танюань. Она отделена от суббассейна Суйбинь выступом Цзямусы. На структурных картах Китая грабен Танюань рассматривается в составе Илань-Итунской ветви системы разломов Тан-Лу.

Вещественное выполнение грабенов представлено комплексом угленосных, а иногда и нефтегазоносных, преимущественно песчано-глинистых отложений. По результатам исследований СОБ выделяются два основных этапа в эволюции кайнозойского чехла с соответствующими им осадочными последовательностями: палеогеновый рифтогенный (образование и заполнение отдельных приразломных депрессий) и неогеновый общего погружения (формирование общего чехла), разделенных кратковременной инверсией в середине миоцена, выразившейся в нарушении рифтогенных структур разломами, складками, внутренними поднятиями [15, 19]. Китайские исследователи выделяют те же этапы для KZ стадии эволюции бассейна Саньцзян: палеогеновое растяжение по активизированным разломам СВ направления (системы Тан-Лу), в миоцене – общее погружение со слабым сжатием в середине миоцена [29, 38].

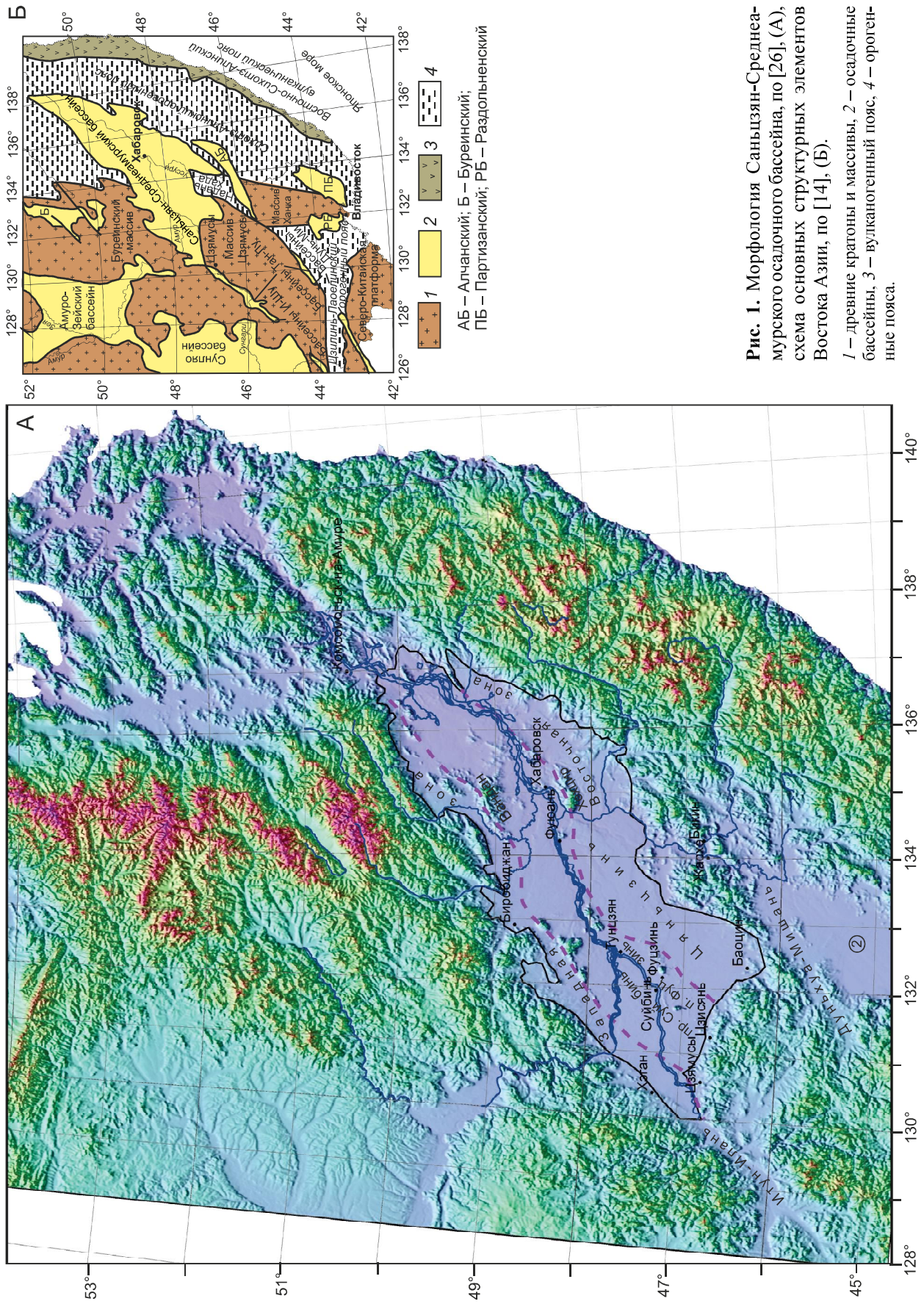
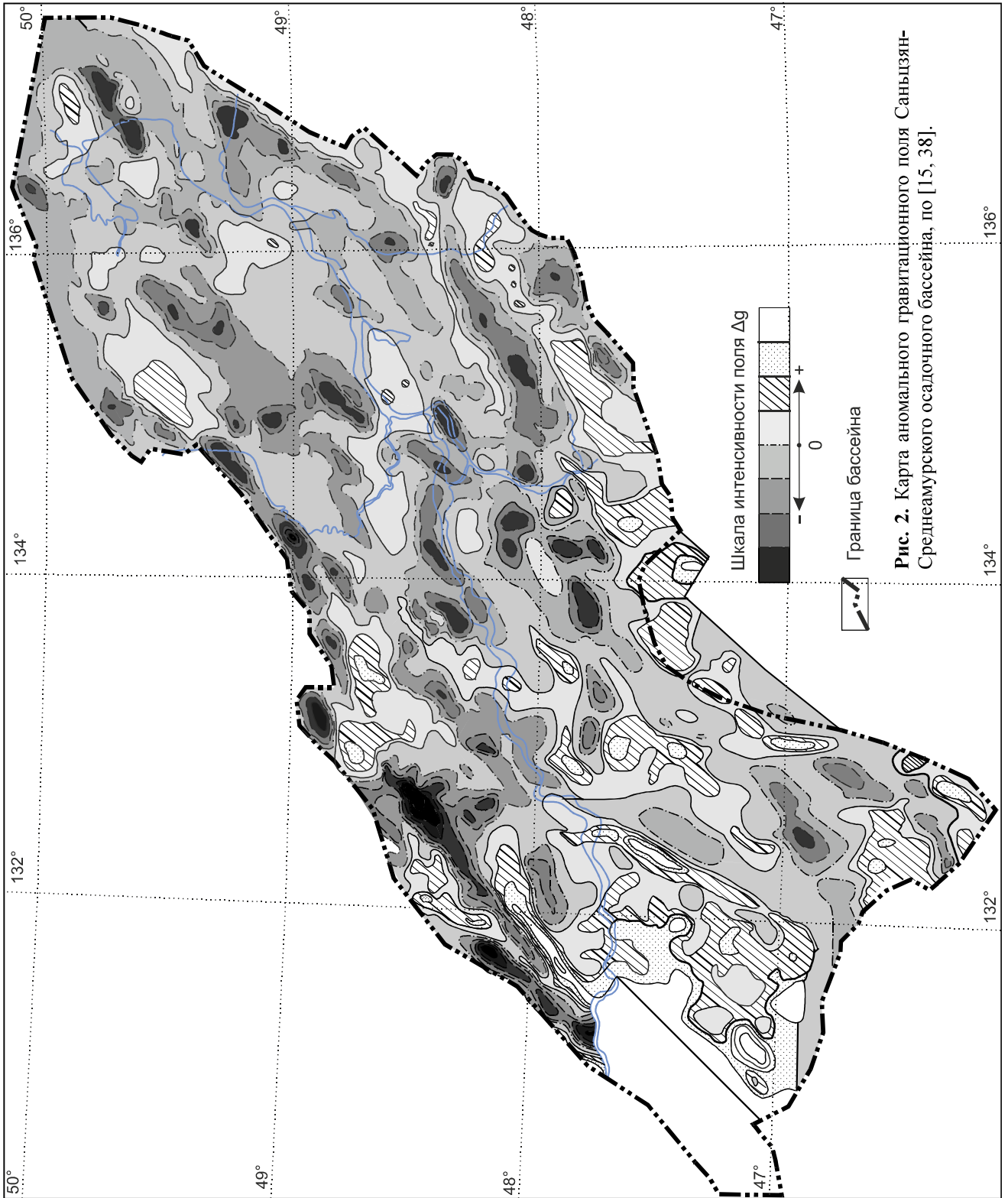


Рис. 1. Морфология Саньцзян-Среднеамурского осадочного бассейна, по [26], (А), схема основных структурных элементов Востока Азии, по [14], (Б).
 1 – древние кратоны и массивы, 2 – осадочные бассейны, 3 – вулканогенный пояс, 4 – орогенные пояса.



ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КАЙНОЗОЙСКОГО ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА САНЬЦЗЯН- СРЕДНЕАМУРСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА Анализ карты аномального гравитационного поля

Карта аномального гравитационного поля ССОБ (рис. 2) была построена для определения контуров палеогеновых грабенов. Основой для нее послужили карты, опубликованные в [15, 39]. Карта охватывает всю территорию ССОБ за исключением юго-западного борта бассейна Саньцзян – зоны, относящейся к Итун-Иланьской ветви Тан-Лу. По петрофизическим свойствам пород основной скачок плотности наблюдается между кайнозойскими осадками и подстилающими их образованиями мезозоя, палеозоя и более древними породами фундамента. Предыдущими исследованиями было доказано, что в подавляющем большинстве в аномальном гравитационном поле отрицательными аномалиями выделяются палеогеновые рифтогенные структуры – грабены [15–19, 21]. В СОБ их насчитывается около 50 [15–17]. Положительным гравитационным аномалиям соответствуют поднятия, выходящие на поверхность или расположенные на небольшой глубине. Отрицательные аномалии внутри поднятий, как правило, связаны с меловыми гранитными интрузиями.

Аномальное гравитационное поле СОБ и бассейна Саньцзян имеет свои особенности. Для СОБ характерно наличие большого числа локальных отрицательных аномалий. Гравитационное поле бассейна Саньцзян четко разделяется на западную и восточную части [38]. В западной части поле положительное. Ему соответствует суббассейн Суйбинь мезозойского возраста. Самые высокие значения поля Δg характерны для выступов Цзямусы и Ульдура-Чуркинский, а также для поднятия Фуцзинь, расположенных в пределах ЦХБ массива (рис. 2). Гравитационное поле восточной части бассейна Саньцзян имеет сходное строение с полем СОБ, здесь также присутствуют локальные отрицательные аномалии. Большинство отрицательных локальных аномалий имеют северо-восточную и восток-северо-восточную ориентировку, редко встречаются аномалии субширотного и северо-западного направления (рис. 2).

Структурная схема кайнозойского чехла Саньцзян-Среднеамурского бассейна

На основе карты аномального гравитационного поля (рис. 2) с учетом сейсморазведочных данных и имеющихся структурных схем [15–17, 38, 39, 41] построена структурная схема кайнозойского осадочного чехла ССОБ (рис. 3 А). Разломы проведены по данным гравиметрии [15, 39], в пределах поднятий – по

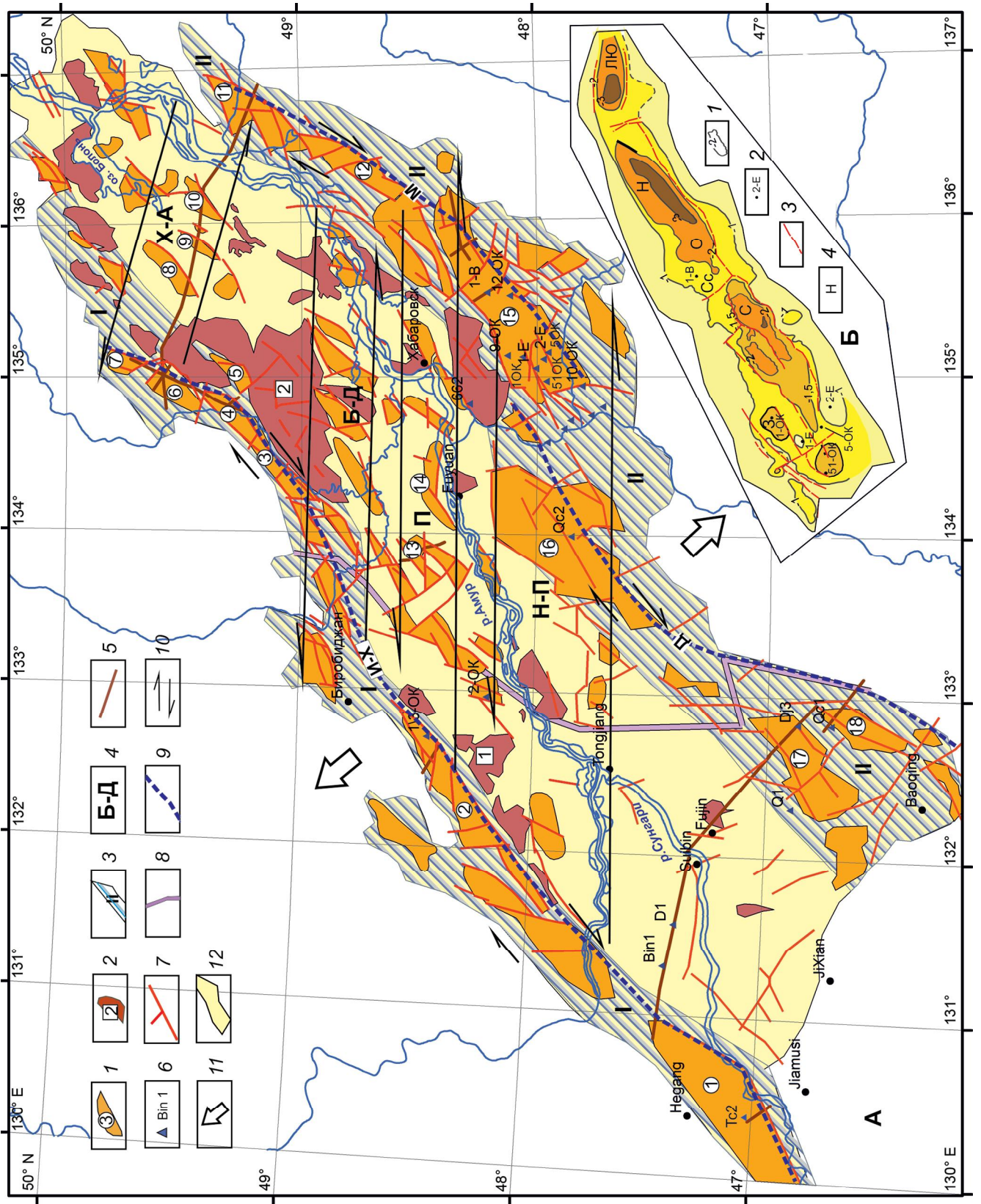
геологическим данным [17]. Для оконтуривания поднятий использована карта рельефа (рис. 1 А). При сравнении редких площадных построений по сейсморазведочным работам с результатами интерпретации гравитационного поля наблюдается хорошее совпадение контуров грабенов и грабенообразующих разломов, однако влияние подстилающих и перекрывающих неоднородностей может оказывать искажающий эффект на аномалии поля Δg .

Пространственное положение палеогеновых грабенов имеет определенные закономерности. Средоточенным расположением грабенов отмечаются краевые зоны. Ранее выделенные в СОБ, они продолжены на территорию бассейна Саньцзян (рис. 3 А). Особенно четко последовательно расположенными цепочками грабенов характеризуется Западная зона. Ширина ее составляет 40 км в районе грабена Танюань и всего 10 км в узкой части Кур-Урмийского грабена (рис. 3 А). Восточная граница зоны проведена по краевым частям выступов докайнозойских образований и практически совпадает с линией главных грабенообразующих сбросов. От главной линии отходят ответвления из звеньев, состоящих из 1-2-х грабенов. Внутри зоны выделяются субмеридиональные, субширотные, северо-западные нарушения. По предшествующим работам известно, что грабены Западной зоны отмечают положение И-Шу-Харпийского разлома, а точнее, зоны разломов, являющейся продолжением Итун-Иланьской ветви разломов Тан-Лу северо-восточного направления [7, 15, 19].

Восточная краевая зона отличается от Западной большей шириной и более рассредоточенным и сложным расположением грабенов (рис. 3 А). Анализ сейсморазведочных разрезов через Восточную зону показал, что она состоит из нескольких параллельно расположенных разломов и связанных с ними цепочек грабенов. Наиболее выдержанными являются Маноминский и Дахэчжен разломы, показанные на схеме [3, 7, 41].

Грабены, расположенные между краевыми зонами, имеют небольшие размеры и рассредоточены по площади. Иногда они образуют упорядоченные ряды кулисообразно расположенных структур запад-северо-западного и субширотного простирания. Ряды представляют собой зачаточные левосторонние зоны сдвигов [19]. Выделяются Харпийско-Аньюйская, Биробиджанско-Даргинская, Приамурская и Нунцзян-Переяславская зоны (рис. 3 А). С последними тремя, вероятно, связано максимальное расширение бассейна в центральной части.

Тектонофизический аспект разломных зон детально рассмотрен в работе [19] при исследовании УОЗР, составным элементом которой является ССОБ.



Определены осредненные характеристики поля напряжений в кайнозой. Показано, что вектор растяжения в палеогене имел субмеридиональное – северо-западное направление, в результате которого активизировались правосторонние сдвиги северо-восточного простирания и левосторонние сдвиги субширотного – северо-западного направления [19, 20]. Китайские геологи также предполагают, что кайнозойские грабены образовались при активизации ранее существовавших разломов. При исследовании грабенов Итун-Иланьской ветви, куда входит и грабен Танюань, доказываются формирование их в палеогене в результате активизации разломов Тан-Лу с правосдвиговой кинематикой [29]. Несмотря на то, что граничные разломы имеют северо-восточное простирание, внутри грабенов наиболее широко распространены субширотные сбросы, что является доказательством, по мнению авторов, меридионального растяжения. При моделировании эволюции мезозойско-кайнозойского суббассейна Цяньцзинь предполагается, что кайнозойское растяжение происходило по реактивированным надвигам [38].

Выводы

Закономерное расположение грабенов отражает разломный каркас, определивший конфигурацию бассейна в палеогене. Краевые зоны являются отражением на поверхности глубинных правосторонних сдвиговых зон северо-восточного простирания, ограничивающих ССОБ. Западная зона соответствует И-Шу-Харпийской зоне разломов, являющейся продолжением Итун-Иланьской ветви системы Тан-Лу. Восточная зона состоит из нескольких субпараллельных разломов, наиболее протяженными являются Дахэчжэн и Маноминский. Сосредоточенное расположение грабенов позволяет наметить местоположение генеральной линии краевых глубинных разломов

(рис. 3 А). В Центральной зоне доминируют субширотные и ЗСЗ левосторонние зачаточные сдвиги: Харпийско-Аньюйский, Биробиджанско-Даргинский, Приамурский и Нунцзян-Переяславский. Таким образом, нижний дискретный палеогеновый осадочный чехол ССОБ представляет собой каркас из северо-восточных и субширотных сдвигов, который сформировался, согласно [19], при сопряжении северо-восточных разломов системы Тан-Лу с субмеридиональной – восток-северо-восточной Уссури-Охотской зоной рифтогенеза.

Внутреннее строение грабенов Саньцзян-Среднеамурского бассейна

Результаты сейсморазведочных работ, увязанные с данными бурения, использовались для изучения строения грабенов, разломной тектоники, оценки мощности, выявления угловых несогласий.

Изученность ССОБ сейсморазведкой неравномерная. Наиболее полно изучен грабен Танюань, в котором открыты месторождения газа. Самые крупные отрицательные структуры бассейна Саньцзян пересечены 1–2-мя сейсморазведочными профилями. Но важно то, что пробурены глубокие 3-километровые скважины (табл. 1), что дало возможность привязать сейсмическое волновое поле. На российской территории самым изученным является Переяславский грабен, в котором обнаружены признаки нефтегазоносности. Остальные грабены, за редким исключением, пересечены 1–2-мя сейсморазведочными профилями, зачастую неудачного расположения и малоинформативными. Параметрических скважин, вскрывших кайнозойский осадочный чехол в самой глубокой его части, нет. Например, структурно-параметрическая скважина 1В пробурена в Ситинской седловине – внутреннем поднятии, разделяющем Ситинский и Нем-

Рис. 3 А. Структурная схема Саньцзян-Среднеамурского осадочного бассейна, по [15, 37, 38, 40], с изменениями и дополнениями.

1 – контуры грабенов по [15, 39, 41] и наименования грабенов, о которых упоминается в тексте (цифры в кружках): 1 – Танюань, 2 – Бирофельдский, 3 – Кур-Урмийский, 4 – Кафэнский, 5 – Алгинский, 6 – Утанакский, 7 – Харпийский, 8 – Сельгонский, 9 – Симминский, 10 – Норменский, 11 – Нижнеаньюйский, 12 – Гасси-Аньюйский, 13 – Петровский-Луговской, 14 – Нижнеспасский, 15 – Переяславский, 16 – Нунцзян, 17 – Хуншен, 18 – Сидалинцзы; 2 – выступы докайнозойских пород и наименования для упоминаемых в тексте (цифры в квадрате): 1 – Ульдура-Чуркинский, 2 – Вандано-Горбылякский; 3 – краевые сдвиговые зоны: 1 – Западная зона, 2 – Восточная зона; 4 – наименования зачаточных зон сдвигов: Х-А – Харпийско-Аньюйская, Б-Д – Биробиджанско-Даргинская, П – Приамурская, Н-П – Нунцзян-Переяславская; 5 – сейсмические профили, разрезы которых приводятся в статье; 6 – скважины и их наименования; 7 – разломы по данным гравиметрии, по [17, 39]; 8 – граница Цзямусы-Буреинско-Ханкайского массива и Сихотэ-Алинского орогенного пояса, по [3]; 9 – положение магистрального разлома в краевых зонах: И-Х – И-шу-Харпийского, М – Маноминского, Д – Дахэчженского; 10 – направление смещения в зонах сдвига; 11 – направление оси растяжения; 12 – граница бассейна.

Б. Упрощенная структурная схема Переяславского сложного грабена, построенная по сейсморазведочным данным, по [22].

1 – изолинии мощности осадочного чехла, 2 – скважина и ее номер, 3 – разломы, 4 – наименование структур второго порядка, упоминаемых в статье: 3 – Зоевский грабен, С – Ситинский грабен, Сс – Ситинская седловина, О – Оборский грабен, Н – Немтинский грабен, ЛЮ – Луюошунский грабен.

Таблица 1. Стратиграфическая привязка глубоких скважин Саньцзян–Среднеамурского бассейна (по [15, 31, 35, 38]).

Скважина и ее структурная позиция	Ярус, отдел	Свиты, формации	Индекс	1/3-ОК, Бирофельдский грабен		1ОК, Переяславский сложный грабен		1В, Переяславский грабен, Ситинская седловина		Немтинский прогиб, Переяславский сложный грабен (увязка по скв. 1В)	
				глубина подошвы, м	мощность отложений, м	глубина подошвы, м	мощность отложений, м	глубина подошвы, м	мощность отложений, м	глубина подошвы, м	мощность отложений, м
Четвертич. отл.	Четвер. отл.		Q	137	137	60	60	60	60	50	50
Миоцен	Головинская		N ₁ ²⁻³ gl							450	400
	Ушумунская		N ₁ ¹⁻² uch	359	222	575	515	496	436	1070	620
Верх. олигоцен	Бирофельдская		E ₃ ² bf	473	114	1040	364	860	364	2340	1270
Олигоцен–эоцен	Чернореченская		E ₂₋₃ chr	1380	907	1205		1305	445	3370	1030
MZ								3200	1895		
Забой				1380		1205		3200			
Скважина и ее структурная позиция				Tc2, грабен Tangyuan (Танюань)		Qc1, грабен XiDaLinZi (Сидалиньцзы)		Dj3, грабен HongSheng (Хуншен)		Qc2, грабен NongJiang (Нунцзян)	
Четвер. отл.			Q	134	134	?	?	160	160	?	?
Плиоцен	Даошайцяо			231.5	97.5						
Миоцен	Фуцзин		Nf	536	304.5	814?	814?	644	484	350	350
Олигоцен	Баоцюаньлин, 3		E ₃ b ₃							1150	800
	Баоцюаньлин, 2		E ₃ b ₂			1627	813			1525	375
	Баоцюаньлин, 1		E ₃ b ₁	1150	614	2002	375	928	284	1975	450
Эоцен	Даляньхэ, 3		E ₂ d ₃			2412	410			2350	375
	Даляньхэ, 2		E ₂ d ₂							2575	225
	Даляньхэ, 1		E ₂ d ₁	1590	440					2700	125
	Синаньцунь		E ₂ x	2420	830	2732	320				
Палеоцен	Уюнь		E ₁ w	2585	165	3202	470				
MZ							2637.9	1709.9	2750	50	
Забой				2658		3202		2637.9		2750	

Таблица 2. Стратиграфическая схема кайнозойских отложений Саньцзян - Среднеамурского бассейна (по [15, 31, 35]).

Система	Отдел	Подотдел	Формации бассейна Саньцзян и депрессии Танюань	Основные ОЛ	Свиты Среднеамурского бассейна	Основные ОЛ	
Q							
Неоген	Плиоцен		Даотайцяо	0	приамурская	0	
	Миоцен	верхний	Фуцзин		головинская		
		средний			ушумунская		
Палеоген	Олигоцен	верхний	Баоцюаньлин верхняя	I	бирофельдская	II	
			Баоцюаньлин средняя				
		нижний	Баоцюаньлин нижняя				
	Эоцен	верхний	Даляньхэ		II	чернореченская верхняя	
		средний					
		нижний					
Палеоцен	верхний	Уюнь		III	?	III	
	нижний						
				IV		IV	

тинский грабены Переяславского сложного грабена (рис. 3 Б). А если скважины пробурены в погружении, то они не вышли из кайнозоя. Такими являются опорно-картировочные скважины 1/3ОК в Бирофельдском грабене, 1ОК и др. в Переяславском грабене (рис. 3, табл. 1).

Стратиграфическая схема кайнозоя бассейнов Саньцзян и Среднеамурского, а также грабенов Итун-Иланьской ветви Тан-Лу приведена в табл. 2, составленной по данным [15, 31, 35]. К основным отражающим горизонтам (ОГ), совпадающим для обоих бассейнов, являются ОГ, увязанные с границей палеогена и неогена (ОГ1) и подошвой грабена (ОГII, III, IV). Подошвой грабена могут быть разновозрастные отложения палеоцена, эоцена и даже олигоцена, как это видно из таблиц 1, 2.

По внутреннему строению различаются простые и сложные грабены [19]. Простые грабены – это небольшие по размерам (20–50)×(7–10) км структуры, состоящие из одного прогиба, ограниченного с одной или двух сторон сбросами (рис. 4 А, 5 А). Сложные грабены имеют размеры 100×(10–30) км и состоят из нескольких прогибов, расположенных последовательно или параллельно друг другу (рис. 3 Б, 4 Б, 5 Б). Сложные грабены распространены преимущественно в краевых зонах. К таким структурам уверенно можно отнести Переяславский, Бирофельдский и Танюань грабены, в разной степени изученные сейсморазведкой (рис. 3 А). Вероятно, к сложным грабенам относятся Кур-Урмийский, Гасси-Аньюйский и Нунцзян, хотя по ним отсутствует однозначная сейсмическая информация. Сложными грабенами являются Луговской-Петровский и Нижнеспаский. Не исключено, что они вместе образуют Петровско-Нижнеспаский мезопрогиб, как это показано в работе [16].

На примере поперечных сейсмических разрезов отдельных грабенов рассмотрено строение граничных Западной и Восточной зон ССОБ. Строение Западной зоны, или зоны И-Шу-Харпийского разлома, представлено грабенами (с юго-запада на северо-восток): Танюань, Бирофельдским, Кафэнским и Утанакским, поперечные разрезы которых показаны в одинаковом вертикальном и горизонтальном масштабах для всех структур (рис. 6). Грабены единообразны по форме – односторонние с разломным, сбросовым юго-восточным бортом и пологим северо-западным. Односторонние грабены типичны для сдвигов [24]. По размерам и мощности осадочного чехла структуры значительно различаются. Ширина грабена Танюань 30 км и мощность отложений 5 км в погруженной части. Ширина остальных грабенов не превышает 15 км, а мощность осадочного чехла – 2–3-х км. Стратиграфи-

ческая привязка ОГ по глубоким скважинам (табл. 1) осуществлена для грабена Танюань – по скв. Тс2, для Бирофельдского – по скв.1/3ОК. Северные грабены изучены только в пределах первых сотен метров углепоисковыми скважинами. Мощность неоген-четвертичных отложений во всех грабенах не более 500 м. Мощности палеогена в грабенах значительно различаются. Иногда наблюдается угловое несогласие между неогеновыми и палеогеновыми (рис. 6 А, Г), эоценовыми и палеоценовыми отложениями (рис. 6 А, Б). В основании грабена Танюань вскрыты нижнемеловые, преимущественно континентальные отложения формации Мулин. Предполагаются, но не вскрыты меловые отложения в основании Бирофельдского и Кафэнского грабенов. В Кафэнском грабене толща предположительно мезозойского возраста характеризуется слоистой структурой, согласным залеганием с вышележащим кайнозойским комплексом, высокоамплитудными ОГ на границах, 2-километровой мощностью (рис. 6 В, 5 А). Аналогичное строение имеет соседний грабен Алгинский (рис. 3 А). Эта толща может быть интересна с точки зрения нефтегазоносности. В некоторых грабенах наблюдаются антиклинальные поднятия, размыты, локальные угловые несогласия, разломы, свидетельствующие об инверсии, предполагаемой между рифтогенным и пострифтовым этапами.

Строение Восточной зоны ССОБ на примере сейсмических поперечных разрезов грабенов Хуншен и Нунцзян, Ситинского и Немтинского (Переяславского сложного грабена) показано на рис. 7. Стратификация ОГ в грабенах Хуншен и Нунцзян осуществлена по скважинам Dj3 и Qc2, соответственно, Ситинского и Немтинского – по скв. 1В за исключением ОГ0. Последний проходит выше вскрытого в скважине 1В разреза и увязан со средне-верхнемиоценовыми отложениями головинской свиты, выходящими на поверхность на бортах Переяславского грабена. Наблюдается та же односторонняя морфология в строении, характерная для большинства грабенов ССОБ, только в грабене Хуншен для кайнозойского этапа разломным является северо-западный борт. Грабены Нунцзян и Немтинский по строению схожи. Они близки по мощности, оба испытали инверсию, выразившуюся в поднятии слоев, появлении взбросов и приразломных складок. К основным различиям можно отнести асинхронность пострифтового этапа. В грабене Нунцзян миоценовая формация Фуцзинь, видимо, относится уже к пострифтовому погружению, в Немтинском – миоценовая ушумунская свита входит в состав рифтогенного комплекса, а пострифтовый этап начинается, вероятно, со средне-позднемиоценовой головинской

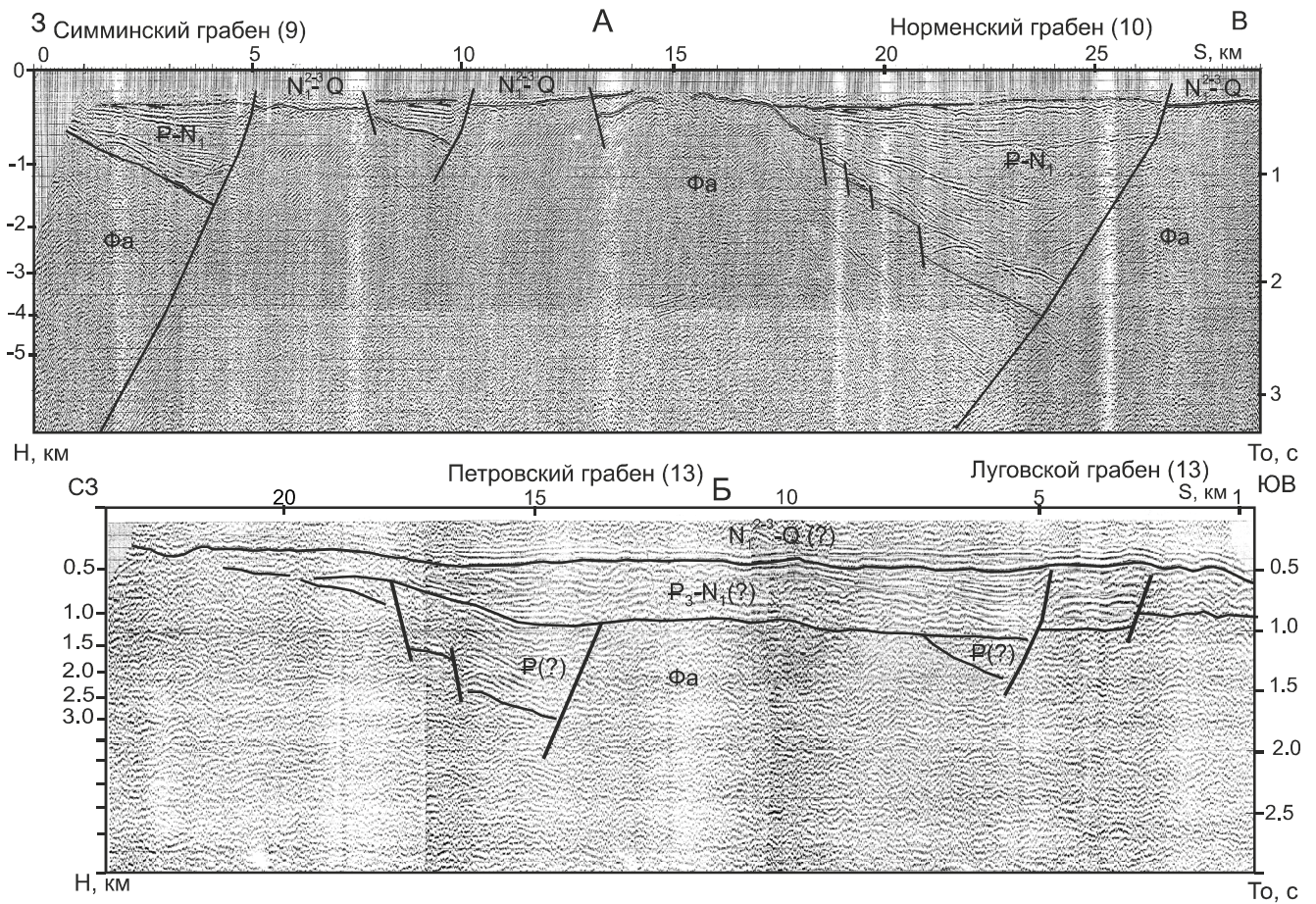


Рис. 4. Поперечные сейсмические временные разрезы простых (А) и сложных (Б) грабенов. Положение разрезов см. на рис. 3 А, номера грабенов на рисунке соответствуют их номерам на карте.

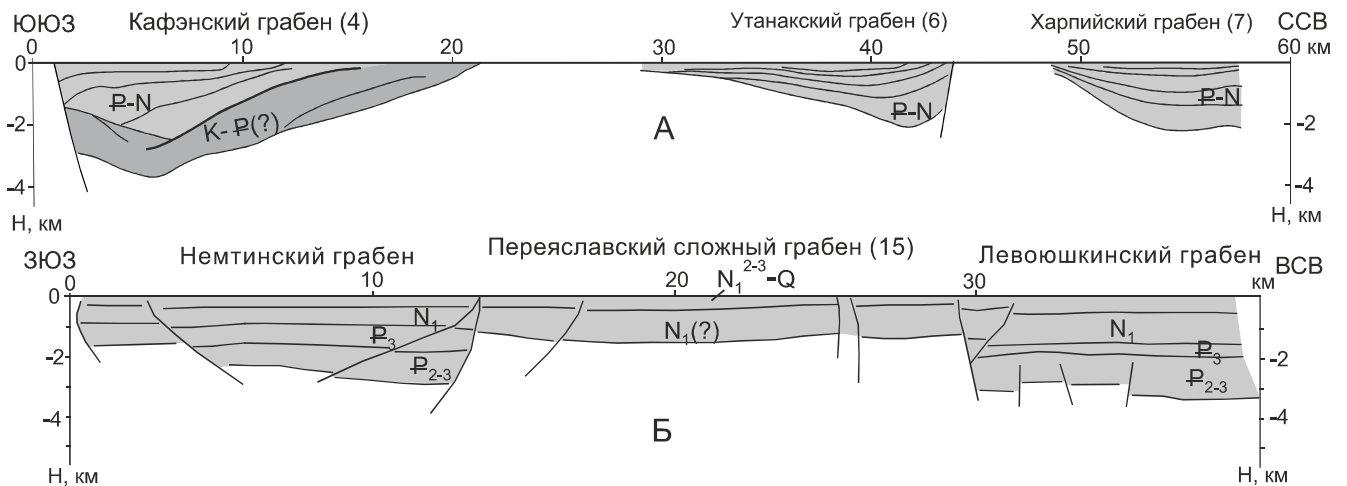
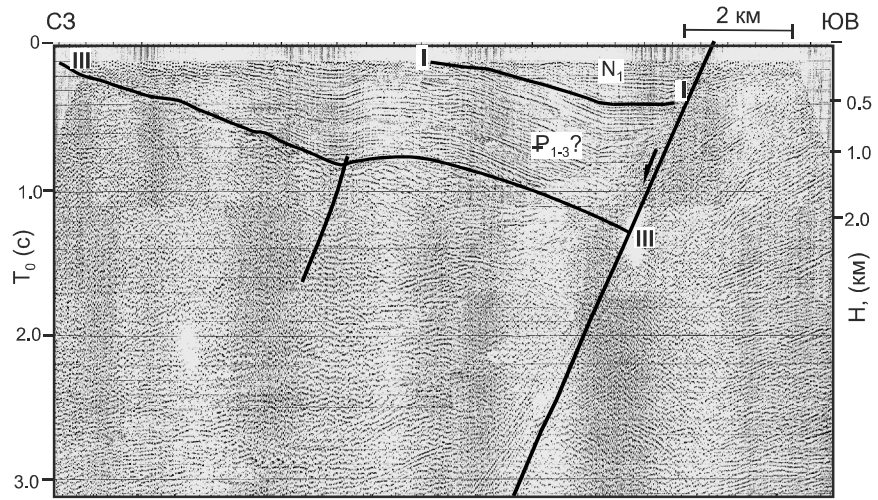
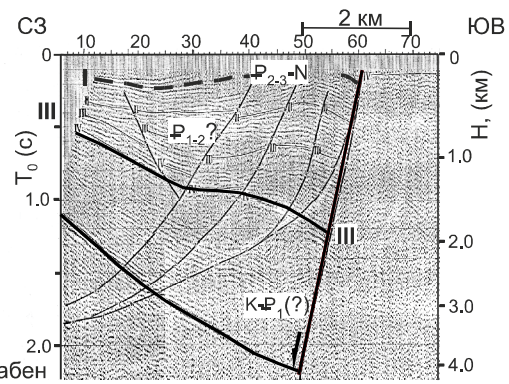


Рис. 5. Продольные сейсмические глубинные разрезы, демонстрирующие взаимоотношения простых (А) и сложных (Б) грабенов.

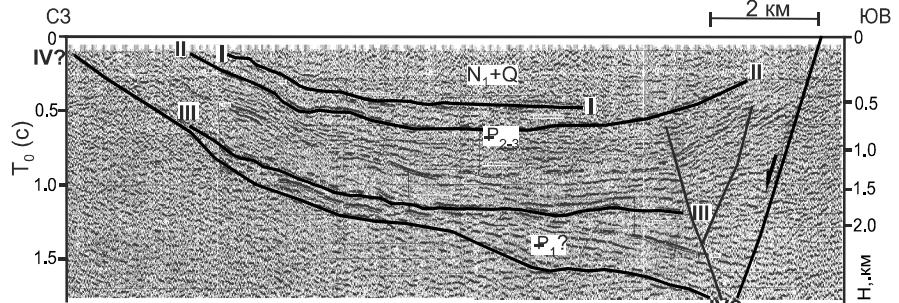
Положение разрезов показано на рис. 3 А, номера грабенов на рисунке соответствуют их номерам на карте.



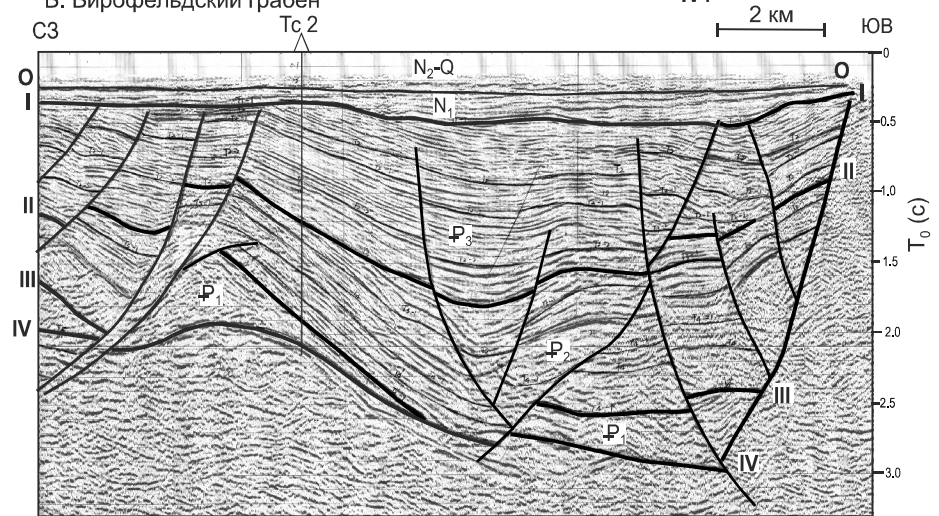
Г. Утанакский грабен



В. Кафэнский грабен



Б. Бирофельдский грабен



А. Грабен Танюань

Рис. 6. Поперечные разрезы грабенов Западной зоны (по материалам [15, 22], грабена Танюань – по материалам Института нефтяной геологии и бассейнового анализа Цзилиньского университета, с изменениями и дополнениями).

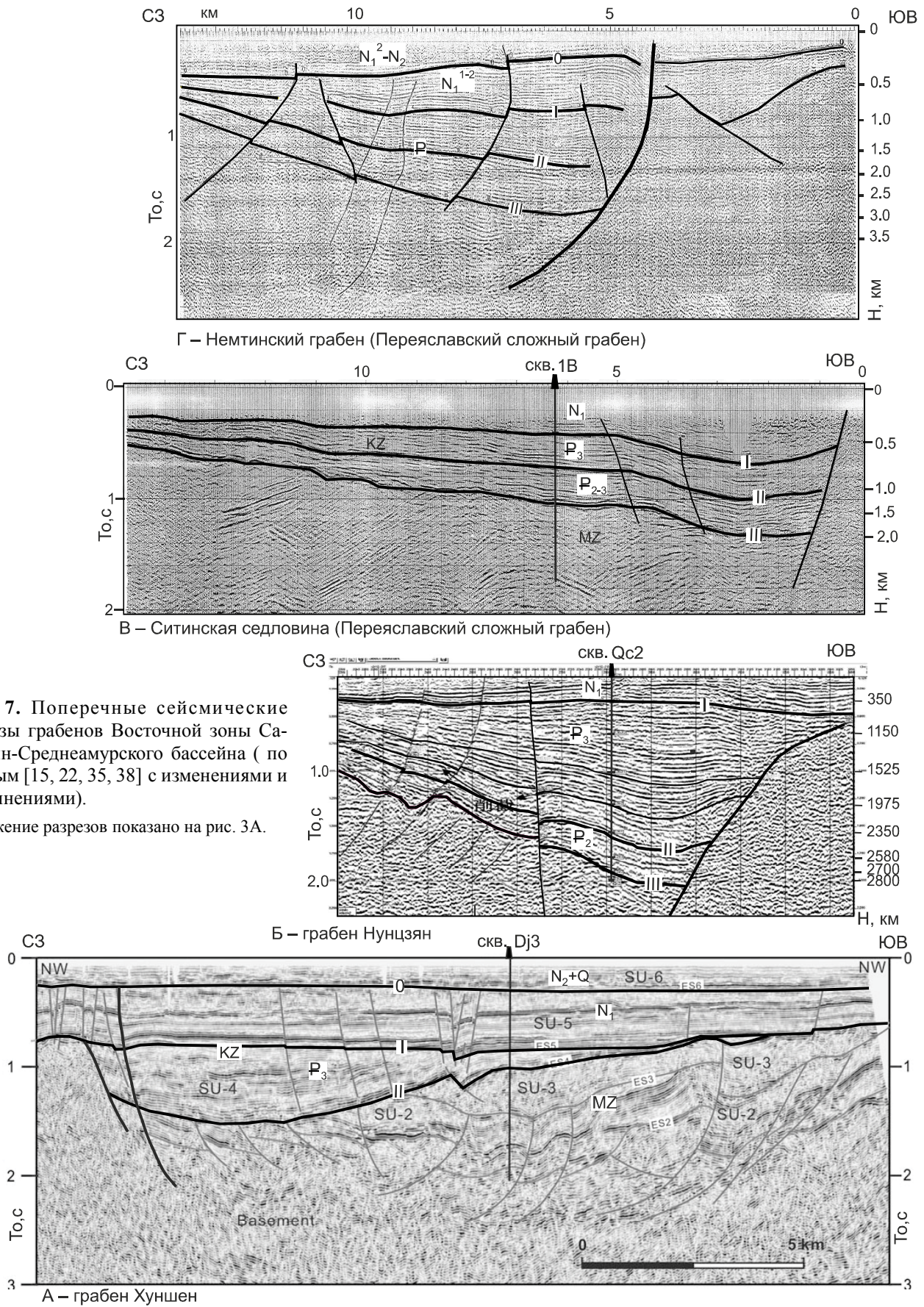
Положение разрезов показано на рис. 3 А.

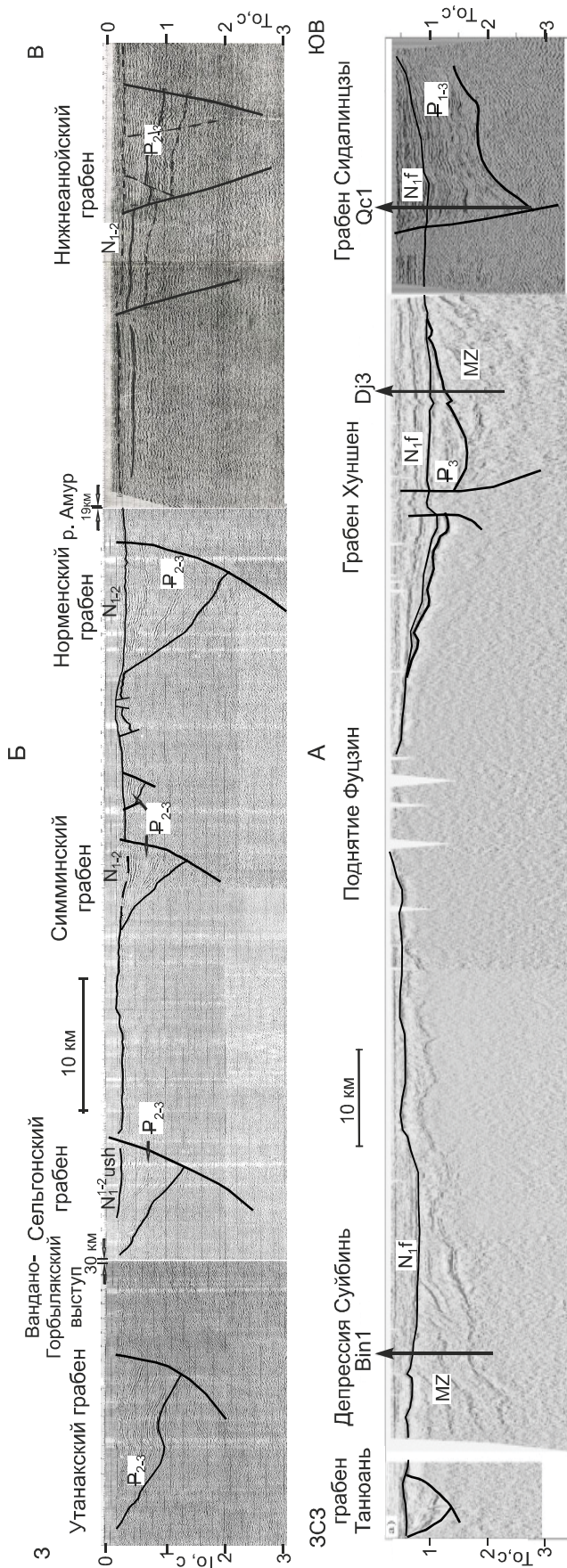
свиты. На сейсмическом разрезе наблюдается угловое несогласие между ушумунской и головинской свитами и смещение депоцентров (рис. 7 Г). Эоценовая формация Далянхэ, по данным [35], содержит слои аргиллитов, богатых органикой, и может генерировать углеводороды при прочих благоприятных условиях. Немтинский грабен практически не изучен бурением, скважина 1В пробурена в Ситинской седловине и вскрыла кайнозойский разрез на глубину 1300 м (табл. 1, рис. 7 В), тогда как в Оборском и Немтинском грабенах мощность осадочного чехла предполагается 3 км и более (табл. 1, рис. 5 Б, 7 Г). Для уточнения потенциала Переяславского грабена необходимо доизучение его центральной и северо-восточной частей бурением и сейсморазведкой. В разрезе грабена Хуншен наблюдается угловое несогласие между миоценовой формацией Фуцзинь, залегающей субгоризонтально, и олигоценовой формацией Баоцюанлин, что подтверждает предположение об отнесении формации Фуцзинь к пострифтовому этапу. В скважинах 1В и Dj3 вскрыты в основании кайнозойского чехла меловые комплексы. В первом случае это образования складчатого основания САОП, представленные морскими отложениями апт-альбского возраста [15]. На временных разрезах им соответствуют фрагменты волн, отражающие их складчато-блоковую структуру (рис. 7 В). В грабене Хуншен вскрыты континентальные озерно-аллювиальные отложения поздне- и раннемелового возраста (альб-маастрихт) [38, 41]. Они хорошо выделяются на волновой картине, но довольно сильно разбиты нарушениями, преимущественно взбросами и надвигами. В СОБ верхнемеловые отложения достоверно не установлены, хотя некоторые исследователи выделяют в скважине 1В 200-метровую толщу (глубины 1300–1540 м) возможно поздне-мелового возраста.

Показательны для демонстрации кайнозойского осадочного чехла сейсмические разрезы, полностью пересекающие бассейн в его северной (рис. 8 Б) и южной (рис. 8 А) частях. Выше уже отмечалось различие западной и восточной частей бассейна Саньцзян в аномальном гравитационном поле. По сейсморазведочным данным также наблюдается четкое разделение этих территорий. На западе, за исключением грабена Танюань Итун-Иланьского разлома, палеогеновая седиментация практически отсутствует (рис. 8 А). В депрессии Суйбинь неогеновая формация (ф.) Фуцзинь залегает непосредственно на мезозойских отложениях, которые здесь уверенно выражены в волновом поле. В восточной части линия разреза пересекает два грабена депрессии Цяньцзинь Хуншен и Сидалинцзы. В грабене Хуншен присутствуют только олигоценовые отложения, а в грабене Сидалинцзы

палеоген представлен всеми тремя отделами. Миоценовая ф. Фуцзинь покрывает весь бассейн Саньцзян за исключением поднятия Фуцзинь. Палеогеновые погружения южной части ССОБ отличаются от большинства грабенов сменой положения главного структурообразующего разлома. По аналогии с хорошо изученными Восточно-Африканскими рифтами, где ситуация смены полярности рифтовых структур объясняется особенностями строения фундамента, можно предположить, что и в нашем случае также сказывается неоднородность подстилающих образований. Для значительной части Среднеамурского бассейна и северной части депрессии Цяньцзинь фундаментом являются мезозойды морского генезиса Сихотэ-Алиня, смятые в крутые складки, для южной части депрессии Цяньцзинь – континентальные меловые отложения и древние образования Ханкайского массива. Исследования материалов по скважине Qc1, пробуренной в грабене Сидалинцзы, показали, что нижняя часть разреза, ниже 2-х км, имеет определенный потенциал для разведки биогенного газа и нефти [31].

Разрез северной части ССОБ (рис. 8 Б) охарактеризован сейсморазведочным профилем, пересекающим Западную зону бассейна – И-шу-Харпийский разлом, представленный Утанакским грабеном, Сельгонским, Симминским и Норменским грабенами Харпийско-Аньюйской зоны зачаточного сдвига и Нижнеаньюйским грабеном Восточной зоны. Вандано-Горбылякский выступ и р. Амур, отделяющие краевые зоны от центра, показаны в сокращенном варианте (рис. 8 Б). Отсутствие глубоких скважин затрудняет стратификацию ОГ. По отдельным неглубоким (первые сотни метров) скважинам стратифицирована только верхняя часть разреза. Тем не менее, с определенной долей вероятности можно сделать следующие выводы. На западе, вероятно в результате постседиментационных тектонических движений, произошло воздымание территории, прилегающей к Вандано-Горбылякскому выступу. Об этом свидетельствуют высокие значения скоростей ОГТ в Утанакском грабене и вскрытая на глубине всего 96 м олигоценовая бирофельдская свита. Вероятно, в результате воздымания большая часть ушумунской свиты была размыта. В Сельгонском грабене в скважине вскрыты плиоценовые, миоценовые (ушумунская свита) и олигоценовые (бирофельдская свита) отложения общей мощностью 472 м. Невскрытая часть, составляющая более 1 км, а в самой глубокой части более 2 км, следовательно, приходится на чернореченскую свиту олигоцен-эоценового возраста, что повышает нефтегазоматеринский потенциал грабена. Можно предположить и наличие отложений палеоценового возраста, как в грабене Сидалинцзы. Самым глубоким





является Норменский грабен, по сейсморазведочным данным – приблизительно 4.5 км, представляющий интерес для поисков УВ (рис. 8 Б).

Выводы

На приведенных разрезах и в общем по бассейну [15, 22] можно отметить, что большинство грабенов являются односторонними с крутым разломным юго-восточным бортом и пологим северо-западным. Но есть исключения, например грабены Хуншен и Сидалинцзы, имеющие противоположную полярность. Смена полярности обусловлена неоднородностями фундамента. Морфология полуграбена является отличительной чертой сдвиговой структуры. Строение каждого грабена индивидуально, о чем свидетельствует разнообразие в мощности синрифтовых отложений и тектонике. Сравнение осадочного разреза грабенов Западной и Восточной зон показало, что в среднем мощность неогенового и олигоценевого комплексов больше в Восточной зоне, а эоцен-палеоценового – в Западной (рис. 6, 7). Нередко наблюдается размыв пострифтовых и даже синрифтовых отложений, особенно характерный для краевых зон. Отдельные изученные грабены являются нефтегазоносными (грабен Танюань), в других установлены признаки нефтегазоносности (Переяславский и Бирофельдский грабены) или оценены положительно перспективы на нефть и газ (грабены Нунцзян и Сидалинцзы). Неизученные и слабоизученные структуры требуют геолого-геофизического доизучения для оценки УВ потенциала, о чем неоднократно отмечалось, в частности в работе [16].

ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ САНЫЦЗЯН-СРЕДНЕАМУРСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА И СВЯЗЬ ИХ С НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬЮ

В гравитационном поле бассейн расположен в зоне регионального максимума. Как правило, исследователи объясняют его сокращением мощности земной коры в результате кайнозойского растяжения [15, 19, 22]. По данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) по профилю «Литовко-Иннокентьевский», граница Мохо расположена в среднем на глубине 36 км, поднимаясь в зонах краевых глубинных разломов до 30–32 км [15]. В центральной части СОБ отмечается повышенная скорость в верхах мантии (8–8.4 на фоне 7.2–7.4 км/с), что может быть связано

Рис. 8. Поперечное сечение северной и южной частей ССОБ (по данным [15, 22, 41] с изменениями и дополнениями).

Линии разрезов показаны на рис. 3 А.

с ее уплотнением и вызывать положительный эффект регионального гравитационного поля. На этом же профиле отмечается насыщенность земной коры под ССОБ отражающими и преломляющими границами по сравнению с САОП [2, 15].

По материалам магнитотеллурического зондирования (МТЗ), выполненного в разные годы [8–11] на территории ССОБ и сопредельных территориях, выделяются два проводящих слоя: в низах коры на глубинах 30–50 км и, предположительно, астеносфера на глубине 100–150 км. Более детальное комплексное [10, 25] изучение района позволило говорить о куполообразном поднятии пород верхней мантии под центральной частью бассейна.

Магнитотеллурические исследования [33, 34] в районе ССОБ (более 1100 км профилей и свыше 130 точек МТЗ) позволили проследить субмеридиональную зону разлома под кайнозойскими отложениями (Куканский (Уликанский) разлом, по [7]) и построить глубинную (до 100 км) геоэлектрическую 3-D модель взаимоотношения САОП и ЦХБ массива. Граница между этими структурами сформировалась, по мнению авторов [32], как зона коллажа в результате субдукции и астеносферного апвеллинга.

Для изучения подобных процессов в последние годы активно применяется сейсмотомография. В работах Жао [6, 40] показано, что основным элементом, определяющим тектонику всей восточной части Амурской литосферной плиты, является ее взаимодействие с погружающейся Тихоокеанской плитой. Тихоокеанская плита на востоке Азии, по данным Гу [30], не является плоской, а выглядит подобно клину, острие которого на глубине 410–660 км расположено под центральной зоной системы Тан-Лу (рис. 9 А, Б).

Е. Борова и соавторы [27], используя метод многододовой поверхностной волновой томографии, на востоке Амурской плиты выделяют две аномальные зоны пониженных скоростей (до 6–8 %) S-волны в верхней мантии на глубинах 100–200 км. Исследователи [27, 37] приходят к выводу о возможном горячем апвеллинге в области мантийного клина (рис. 9 В, Г).

Для южной части Тан-Лу по результатам усовершенствованной методики сейсмотомографии и моделирования Чен с соавторами [28] выявили подъем границы Мохо (с 36 до 32 км) и литосферно-астеносферной границы со 180 км (в районе т.н. палеозойской литосферы) до 60–80 км под зоной разломов Тан-Лу. По мнению авторов, это указывает на то, что зона Тан-Лу могла выступать в качестве основного канала апвеллинга во время мезозойско-кайнозойского этапа растяжения в этом регионе. Сильное изменение скорости поперечных волн не может быть объяснено

исключительно тепловым фактором, а, вероятно, отражает наличие флюидов или расплавов в астеносфере.

По данным китайских исследователей, бассейн Саньцзян находится в зоне поднятия верхней мантии. Земная кора под бассейном утоненная, такая же, как в бассейне Сунляо, и ее мощность составляет около 33 км [38]. Небольшие поднятия земной коры соответствуют депрессиям Суйбинь и Цяньцзинь.

Связь глубинного строения и нефтегазоносности исследовалась в работе [42]. Авторы при изучении литосферы КНР обнаружили, что основные структуры, содержащие нефтересурсы в Восточном Китае, такие как Сунляо и Бохайский бассейны, соответствуют зонам поднятия астеносферы в верхней мантии и их зеркального отражения в коре в виде мелководных бассейнов и рифтовых зон. Литосфера в этом случае утоняется и растягивается. Возникают трещины, являющиеся каналами для подъема горячих мантийных флюидов, а нефтяные поля расположены, главным образом, над ними или вблизи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение внутреннего строения палеогеновых грабенов ССОБ, их пространственного положения, глубинного строения показало, что формирование бассейна произошло вследствие растяжения, вызвавшего правосдвиговые движения в северо-восточных разломах, в том числе системы Тан-Лу. Эти разломы фундамента, И-Шу-Харпийский, Маноминский и Дахэжэн, являются границами ССОБ, образуя в кайнозойском чехле Западную и Восточную зоны грабенов. В центральной части и на севере ССОБ образование грабенов связано с субширотными левыми сдвигами зачаточной стадии. Они сформировали зону сопряжения северо-восточной системы Тан-Лу с субмеридиональной системой УОЗР. Асимметричное строение грабенов является дополнительным подтверждением их образования в результате сдвига. В миоцене–плиоцене после непродолжительной инверсии процессы растяжения возобновились, что вызвало излияния базальтов в зонах глубинных разломов и расширение зон погружений с образованием в итоге единого осадочного чехла. Глубинное строение территории ССОБ характеризуется сокращенной земной корой и подъемом мантии, что также свидетельствует о процессах рифтогенеза территории, включающей ССОБ. Причину кайнозойского рифтогенеза большинство исследователей видят во взаимодействии Тихоокеанской и Евразийской плит, в результате которого образовался мантийный клин и зона апвеллинга. Западной границей мантийного клина является система разломов Тан-Лу. Удаленный эффект Индо-Евразийской коллизии также мог оказать влияние [4, 19, 29, 39].

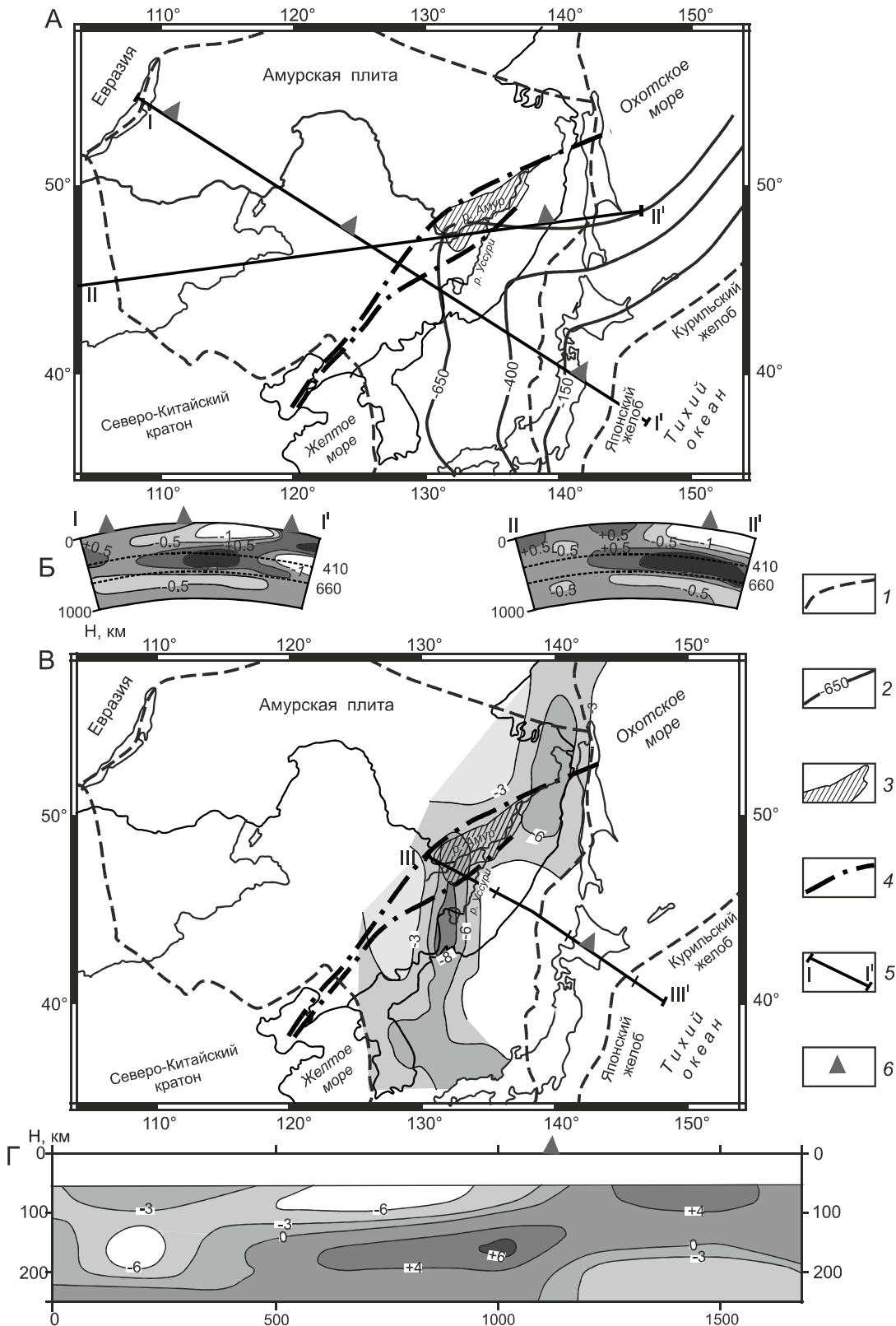


Рис 9. А – схема взаимодействия Амурской и Тихоокеанской плит, по [30], с упрощениями.

Б – разрезы по профилям I-I' и II-II' аномалий в Р-волнах [6], В – схема с выделенными областями пониженной скорости S-волны более 3 % на глубине 150 км [27], Г – разрез по профилю III-III' по [27].

1 – границы блоков, 2 – изолинии глубины погружающейся Тихоокеанской плиты [32], 3 – зона ССОБ, 4 – зона разломов Тан-Лу, 5 – профили сейсмотомографии, 6 – сейсмостанции.

Многие грабены ССОБ имеют небольшую мощность осадочного чехла, органическое вещество в них не достигло главной фазы нефтеобразования. Но в некоторых структурах, где мощность составляет 3–5 км, требуется более детальное изучение объектов, перспективных на УВ, тем более, что нефтегазоносность грабенов системы Тан-Лу, в том числе грабена Танюань, уже доказана. Кроме того, по мнению некоторых ученых [5], флюидный мантийный поток способствует образованию углеводородных залежей и, в первую очередь, в осадочных бассейнах [1].

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН при частичном финансировании РФФИ (проект № 16-05-00571).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авилов В.И., Авилова С.Д. Явление хемолитоавтотрофии в нефтегазообразовании // Геология и полез. ископаемые Мирового океана. ОМГОР НАН Украины. 2008. № 1. С. 70–78.
- Бормотов В.А., Меркулова Т.В. Кайнозойский этап развития северной ветви Тан-Лу-Охотской рифтовой системы: глубинное строение и сейсмогеодинамика // Тихоокеан. геология. 2012. Т 31, № 1. С. 26–41.
- Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. 1:2 500 000 / Под ред. Л.И. Красного, Пэн Юньбяо. 1996 г.
- Голозубов В.В., Донг У Ли, Касаткин С.А., Павлюткин Б.И. Тектоника кайнозойской Нижнебикинской угленосной впадины (Северное Приморье) // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 3. С. 74–89.
- Дмитриевский А.Н., Валяев Б.В. Основные результаты и перспективы исследований по проблеме «Дегазация Земли» // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. М.: ГЕОС, 2002. С. 3–6.
- Жао Дапэнг, Пирайно Франко, Лиу Люси. Структура и динамика мантии под Восточной Россией и прилегающими регионами // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 9. С. 1188–1203.
- Забродин В.Ю., Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Разломная тектоника материковой части Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2015. 132 с.
- Каплун В.Б., Григорица Т.В. Результаты магнитотеллурических зондирований в Среднеамурской впадине // Тихоокеан. геология. 1989. № 6. С. 109–111.
- Каплун В.Б. Результаты глубинных магнитотеллурических зондирований в зоне сочленения Буреинского массива и Сихотэ-Алинской складчатой системы // Тихоокеан. геология. 1996. Т. 15, № 3. С. 59–68.
- Каплун В.Б. Предварительные результаты глубинных магнитотеллурических зондирований по профилю п. Облучье-оз. Гасси (Хабаровский край) // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 2. С. 122–135.
- Каплун В.Б. Геоэлектрический разрез литосферы центральной части Среднеамурского осадочного бассейна по данным магнитотеллурических зондирований (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 2. С. 86–98.
- Кириллова Г.Л., Лю Чжаоцзюнь, Ван Сымин, Варнавский В.Г., Крапивенцева В.В. Стратиграфическая корреляция верхнемезозойских – кайнозойских разрезов Среднеамурского (Саньцзян) осадочного бассейна // Тихоокеан. геология. 1996. Т. 15, № 6. С. 81–102.
- Кириллова Г.Л., Лю Чжаоцзюнь. Геологическое строение и нефтегазоносность бассейна Саньцзян (КНР) в связи с оценкой перспектив Приамурья // Перспективы развития и освоения топливно-энергетической базы Дальневосточного экономического региона, углеводородных ресурсов шельфа морей Северо-Востока и Дальнего Востока России. СПб.: ВНИГРИ, 1998. С. 228–233.
- Кириллова Г.Л. Позднемезозойские-кайнозойские осадочные бассейны континентальной окраины юго-восточной России: геодинамическая эволюция, угле- и нефтегазоносность // Геотектоника. 2005. № 5. С. 62–82.
- Кириллова Г.Л., Варнавский В.Г., Натальин Б.А., Развозжаева Е.П., Рязанова Т.А., Медведева С.А., Крапивенцева В.В., Климовская Т.В., Бормотов В.А., Меркулова Т.В., Каплун В.Б., Манилов Ю.Ф., Горнов П.Ю., Алексеенко С.А. Среднеамурский осадочный бассейн: геологическое строение, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы / Отв. ред. Г.Л. Кириллова. Владивосток: ДВО РАН, 2009. 424. (Серия «Осадочные бассейны Востока России» / Гл. ред. А.И. Ханчук; Т. 3).
- Конторович А.Э., Кириллова Г.Л., Шапорина М.Н., Рязанова Т.А., Скузоватов М.Ю., Беляев С.Ю., Бурштейн Л.М., Развозжаева Е.П. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Среднеамурского осадочного бассейна (современная модель) // Нефтегазогеологический прогноз и перспективы развития нефтегазового комплекса Востока России: Материалы науч.-практ. конф. 17–21 июня 2013 г. г. Санкт-Петербург. СПб.: «ФГУП ВНИГРИ», 2013. С. 107–112.
- Кузнецов В.Е., Уралов В.И. Структура угленосных кайнозойских впадин южной части Хабаровского края по гравиметрическим данным // Геология и геофизика Приамурья (40 лет Геофизической экспедиции). Хабаровск, 1997. С. 82–90.
- Меркулова Т.В., Кириллова Г.Л. Строение и перспективы нефтегазоносности северных звеньев Итун-Иланьской ветви системы разломов Тан-Лу // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23, № 6. С. 55–75.
- Пересторонин А.Н., Развозжаева Е.П. Система кайнозойских депрессий Приамурья и Приморья: строение, тектоническая позиция и геодинамическая интерпретация // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 2. С. 58–74.
- Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю., Гайдук В.В. Разломы: Морфология, геометрия, и кинематика // Учеб. пособие / Отв. ред. Л.М. Парфенов. Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2004. 148 с.
- Развозжаева Е.П. Сравнительный анализ грабенов Танюань и Бирофельдского Итун-Иланьской ветви системы разломов Тан-Лу // Современные проблемы регионального развития: Материалы II междунар. науч. конф. Биробиджан-Кульдур, 6–9 октября 2008 г. / Под ред. Е.А. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2008. С. 81–82.
- Развозжаева Е.П. Строение Среднеамурского осадочного бассейна (по сейсморазведочным данным): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2010. 16 с.

23. Развозжаева Е.П., Прохорова П.Н., Кириллова Г.Л. Сравнительный анализ фрагментов мезозойской континентальной окраины Востока Азии: прогибов Кындальского (Буреинский бассейн, Россия) и Суйбин (бассейн Саньцзян, Китай) // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33, № 6. С. 16–33.
24. Семинский К.Ж. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Тектонофизический аспект. Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал «ГЕО», 2003. 244 с.
25. Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центральноазиатского и Тихоокеанского поясов: Объясн. зап. к Тектонической карте м-ба 1:1500000. Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2005. 264 с.
26. Усиков В.И. 3D-модели рельефа и строение верхней части земной коры Приамурья // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 6. С. 14–32.
27. Bourova E., Yoshizawa K., Yomogida K. Upper mantle structure of marginal seas and subduction zones in northeastern Eurasia from Rayleigh wave tomography // Physics Earth Planet. Inter. 2010. V. 183. P. 20–32.
28. Chen Ling, Zheng Tianyu, Xu Weiwei. A thinned lithospheric image of the Tanlu Fault Zone, Eastern China: constructed from wave equation based receiver function migration // J. Geophys. rese. V. 111, B09312. doi:10.1029/2005JB003974. 2006.
29. Gu Ch., Zhu G., Liu Ch., Li Y., Lin Sh., Wang W. Cenozoic evolution of the Yilan-Yitong Graben in NE China: An example of graben formation controlled by pre-existing structures // J. Asian Earth Sci. 2017. V. 146. P. 168–184.
30. Gu Yu Jeffrey, Okeler Ah., Schultz R. Tracking slabs beneath northwestern Pacific subduction zones // Earth Planet. Sci. Lett. 2012. 331–332. P. 269–280.
31. Huang Gui-xiong. Evaluation of Palaeogene source rock characteristics and potential of exploration in Xidalinzi Depression of Sanjiang Basin // J. Oil Gas Techno. 2011. V. 33, N 5. P. 47–50. (Пер. с кит.)
32. Jiang G., Zhao D., Zhang G. Detection of metastable olivine wedge in the western Pacific slab and its geodynamic implications // Physics Earth Planet. Inter. 2015. 238. P. 1–7.
33. Liu C., Zhang Xing-Zhou, Liu Ya., Yang Bao-Jun1, Feng X., Wang D., Liu Dian-Mi. Geoelectrical evidence for characteristics of lithospheric structure beneath the Yuejinshan collage zone and its vicinity in northeast Asia // Chinese J. Geophys. 2009. V. 52, N 2. P. 403–412.
34. Liu G.X., Zhang X.Z., Yang B.J. et al. Electrical structures of the lithosphere along the Jiamusi massif and its eastern edge // Chinese J. Geophys. (in Chinese). 2006. V. 49, N 2. P. 598–603.
35. Liu Yu-hua. Characteristics of Paleogene sequence stratigraphy and main hydrocarbon source rocks in Nongjiang Depression of Sanjiang Basin // J. Yangtze Univ. V. 11, N 31. P. 8–12. (Пер. с кит.)
36. Sha J., Wang J., Kirillova G.L. et al. Upper Jurassic and Lower Cretaceous of Sanjiang-Middle Amur basin: Non-marine and marine correlation // Sci. China. Ser. D: Earth Sci. 2009. V. 5. P. 1873–1889.
37. Simkin T., Siebert. L. Volcanoes of the World. 2nd ed. xi. P. 349. Tucson: Geoscience Press for the Smithsonian Institution. ISBN 0 945005. 12 1. 1994.
38. Zhang Feng-Qi, Chen Han-Lin, Yang Shu-Feng et al. Late Mesozoic–Cenozoic evolution of the Sanjiang Basin in NE China and its tectonic implications for the West Pacific continental margin // J. Asian Earth Sci. 2012. V. 49. P. 287–299.
39. Zhang L., Liu Zh., Yang H., Wu Ji., Jiang W., Li G. Gravity and magnetic field features and basement relief of the Sanjiang Basin in Heilongjiang Province, China // J. Geophys. & Engineering. 2012. N 9. P. 147–161.
40. Zhao D. Multiscale seismic tomography and mantle dynamics // Gondwana Res. 2009. V. 15. P. 297–323.
41. Zhao Xueqin, Chen Hanlin, Zhang Fengqi, Sun Mingdao, Yang Jianguo, Tan Baode Characteristics, structural styles and tectonic implications of Mesozoic-Cenozoic faults in the eastern Heilongjiang basins (NE China) // J. Asian Earth Sci. 2017. V. 146 P. 196–210.
42. Zhong Qing, Fang Hui, Yang Pi-Yuan, Li Li, Yuan Yong Zhen, Pei Fa Gen. The relationship between high conductive layer in upper mantle and endogenous metallic ore and petroleum reservoir // Chinese J. Geophys. 2015. V. 58, Is. 4. P. 404–421.

Рекомендована к печати В.В. Голозубовым

E.P. Razvozhayeva, Yu. V. Taltykin, Zhou Yongheng

Structure of the Cenozoic cover of the Sanjiang-Middle Amur sedimentary basin, Russia, China

On the basis of the constructed map of the gravitational field anomalies with consideration for existing data using, a single structural scheme of the Sanjiang-Middle Amur sedimentary basin is constructed. It reflects the Paleogene rift stage of the basin evolution when abundant mostly north-eastern oriented grabens were formed under the influence of NW-SE tension. The regularities in the location of grabens indicate that the basin was formed under the conditions of interaction of dextral northeastern and sinistral sub-latitudinal and WNW strike slips. Ancient north-eastern faults activated in the Paleogene produced marginal Western and Eastern zones of dextral strike slips. Echelon grabens in the central part mark the location of rudimentary zones of the sinistral strike slips. The analysis of the internal structure of the Cenozoic grabens of the Sanjiang-Middle Amur sedimentary basin based on the previous and new seismic and well data was made. Common and individual features of their structure are revealed. The structure of the grabens of the Western and Eastern boundary zones is demonstrated. It is noted that some grabens are promising for hydrocarbon raw materials. An analysis made of the deep structure of East Asia, including the basin, suggests the presence of upwelling zone evidenced from results of the latest geophysical studies (primarily seismotomography).

Key words: grabens, gravitational field anomalies, seismic profiles, strike slips, seismotomography, Sanjiang-Middle Amur sedimentary basin, China, Russia.