

СТРОЕНИЕ, ЭВОЛЮЦИЯ СУНЬУ-ЦЗЯИНСКОГО БАСЕЙНА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КИТАЯ И ЕГО СВЯЗЬ СО СТРУКТУРАМИ ЗЕЙСКО-БУРЕИНСКОГО БАСЕЙНА РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

**С.К. Цао¹, Г.Л. Кириллова², А.П. Сорокин³, В.Б. Каплун², Х.С. Цао¹, Ю. Цю¹,
Ю.Дж. Чжан¹**

¹Шеньянский университет, г. Шеньян, КНР

²ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000; e-mail: kirillova@itig.as.khb.ru

³ФГБУН АмурНЦ ДВО РАН, пер. Речной 1, г. Благовещенск, 675000

Поступила в редакцию 27 мая 2013 г.

Сунью-Цзяинский бассейн расположен на правобережье Амура и включает три депрессии и два разделяющих их поднятия северо-восточного простирания. Ограничивающие их разломы первого порядка (преимущественно сбросы) с крутым до вертикального падением сформированы в условиях растяжения и контролируют структурные элементы бассейна. Развитие осадочного чехла депрессий происходило в пять стадий: депрессионного растяжения, ранней инверсии, термального погружения, поздней инверсии и образования депрессии. Фундамент бассейна, сложенный гранитоидами и метаморфизованными сланцами позднепалеозойского и докембрийского возраста, выходит на поверхность в пределах поднятий и погружается в депрессиях до 0.5–2.4 км. По условиям формирования, строению чехла рассматриваемый бассейн является южной окраиной Зейско-Буреинского бассейна.

Ключевые слова: строение, эволюция, Сунью-Цзяинский бассейн, Зейско-Буреинский бассейн, северо-восточный Китай, Дальний Восток.

ВВЕДЕНИЕ

Сунью-Цзяинский бассейн расположен на правобережье Амура, между хребтами Большой и Малый Хинган. На севере он примыкает к Зейско-Буреинскому бассейну, а на юге ограничен Сунью-Хинганским поднятием, отделяющим его от бассейна Сунляо [17] (рис. 1). Рассматриваемый бассейн входит в систему близмеридионального Восточно-Азиатского рифтогенного пояса (ВАВРП) [20], объединяющего также Зейско-Буреинскую впадину и Сунляо, заложенного на герцинидах Луньцзян-Селемджинского пояса и частично на докембрийских блоках микроконтинента Суннэнь. Он включает три депрессии (Сунью, Чжаньхэ и Цзяин), разделенные поднятиями Маоланьхэ и Фужао. Общая площадь бассейна составляет около 24 тыс км².

Сунью-Цзяинский бассейн в течение 1980–2009 гг. изучался Дацинской нефтедобывающей компанией. Проведено поисковое бурение и специали-

зированные геофизические исследования. В результате этих работ оконтурены и исследованы структурные элементы бассейна, изучены их строение, состав фундамента и тектонические особенности. Полученные материалы обобщены в работах [19, 23, 28, 30–32].

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ СУНЬУ-ЦЗЯИНСКОГО И ЗЕЙСКО-БУРЕИНСКОГО БАСЕЙНОВ

Результаты геофизических исследований, проведенных в Сунью-Цзяинском бассейне, показывают, что ему присуще дифференцированное магнитное поле с аномалиями, ориентированными в северо-восточном и меридиональном направлении.

Региональное гравитационное поле Зейско-Буреинского бассейна (в редукции Буге) характеризуется отрицательными значениями силы тяжести, на фоне которых выделяются отдельные аномалии положительного знака сложной формы северного и северо-восточного простирания, располо-



Рис. 1. Схема расположения Сунь-Цзяинского и Зейско-Буреинского бассейнов.

Государственная граница между РФ и КНР проходит по реке Амур.

женные в основном в южной и центральной частях бассейна и совпадающие в большинстве случаев с наиболее погруженными грабенообразными структурами бассейна. Перепад значений аномалий силы тяжести южной части бассейна по сравнению с его обрамлением достигает 40 мГл, и поле линейно вытянуто в субмеридиональном направлении [1].

Магнитное поле Зейско-Буреинского бассейна знакопеременное мозаичного типа. Рифтогенные прогибы обладают дифференцированной полосовой структурой.

Значения теплового потока в Зейско-Буреинском бассейне колеблются в пределах 40–47 мВт/м². В Сунь-Цзяинском бассейне геотермические измерения отсутствуют. По оценкам С.В. Лысак [9], тепловой поток в Сунь-Цзяинском бассейне может составлять 40–50 мВт/м², что свидетельствует о слабой геотермической активности литосферы.

Глубинное строение земной коры и верхней мантии Зейско-Буреинского бассейна изучено тремя профилями сейсмозондирования (ГСЗ и МОВЗ) [3, 10, 11] и двумя профилями магнитотеллурических зондирований (МТЗ) [4, 5].

По сейсмическим данным, бассейн отделяется от сопредельных структур глубинными разломами, мощность земной коры варьирует от 35 до 42 км. Средняя часть коры (глубины 15–30 км) имеет сложное строение и характеризуется выклиниванием границ, с латеральной протяженностью блоков в среднем 30–60 км, смещением блоков относительно друг друга, локальными изменениями рельефа границ и мозаичным характером распределения скоростей при их закономерном возрастании вниз по разрезу от 5.8 до 7.1 км/сек. [3].

По результатам МТЗ земная кора бассейна имеет высокое удельное электрическое сопротивление, свыше 1000 Ом·м. В основании земной коры расположен слой низкого удельного электрического сопротивления 20–30 Ом·м мощностью 5–10 км. По контрастной смене значений электрического сопротивления определена мощность земной коры, которая составляет 38–40 км. Геоэлектрический разрез верхней мантии бассейна имеет относительно простое горизонтально-слоистое строение. На фоне низких значений электрических сопротивлений 20–30 Ом·м в диапазоне глубин 50–80 км выделен слой повышенного сопротивления от первых сотен до тысячи Ом·м, который не является сплошным, а разделен на блоки зонами пониженного сопротивления, проникающими в среднюю часть земной коры. Эти зоны соответствуют разломам различной природы.

Мощность земной коры в Сунь-Цзяинском бассейне, по данным гравиразведки, не превышает 30 км.

ЭВОЛЮЦИЯ РЕГМАТИЧЕСКОГО КАРКАСА СУНЬ-ЦЗЯИНСКОГО БАССЕЙНА

В результате интерпретации данных гравитационных, магнитометрических и сейсмических исследований в бассейне установлены разрывные нарушения северо-восточного и северо-западного направления. Первые из них – преимущественно сбросы, вторые – в основном сдвиги (рис. 2, 3). Сбросы были активны на протяжении всей истории формирования мезозойско-кайнозойского чехла депрессий. Основные из них – Хэйлунцзянский, Куэрхэ, Чжаньхэ, Маоланьхэ и Муданьцзянский – ограничивают структуру бассейна.

Разлом Маоланьхэ (F_1) северо-северо-восточно-го простирания, с падением на запад, контролирует восточную границу депрессии Сунь, которая к югу соединяется с бассейном Сунляо.

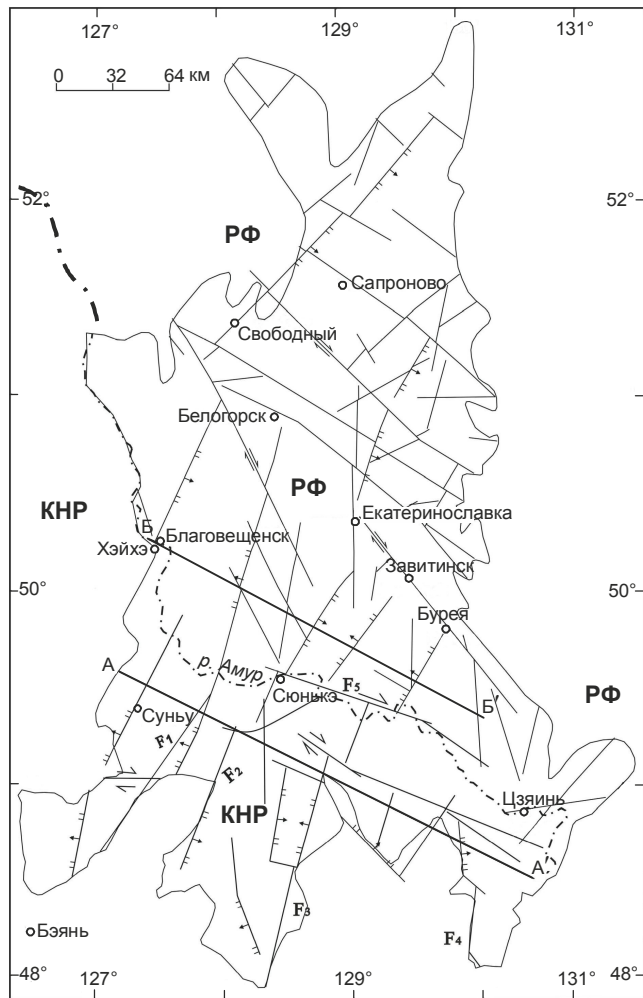


Рис. 2. Схема размещения основных разломов в Суньцзянь-Цзяньцзяньском и Зейско-Буреинском бассейнах. По материалам Дацинской нефтяной компании, Г.А. Шаткову и др. [22], А.П. Сорокину и Т.В. Артеменко [27].

Стрелки указывают на направление падения плоскости сместителя разломов. Государственная граница проходит по р. Амур. Разломы: F₁ – Маоланьхэ, F₂ – Чжаньхэ, F₃ – Куэрхэ, F₄ – Муданьцзяньский, F₅ – Хэйлунцзяньский. А–А', Б–Б' – линии геологических разрезов.

К востоку установлено крупное тектоническое нарушение Чжаньхэ (F₂) такого же направления, но с падением на восток. На протяжении более 60 км этот разлом контролирует западную границу одноименной депрессии. Ее восточная граница проходит по сбросу Куэрхэ (F₃), с падением на запад. Указанный сброс контролирует и западную границу депрессии в пределах поднятия Фужао. На севере Суньцзянь-Цзяньцзяньского бассейна указанные нарушения осложнены серией более молодых сдвигов северо-западного простирания (рис. 2).

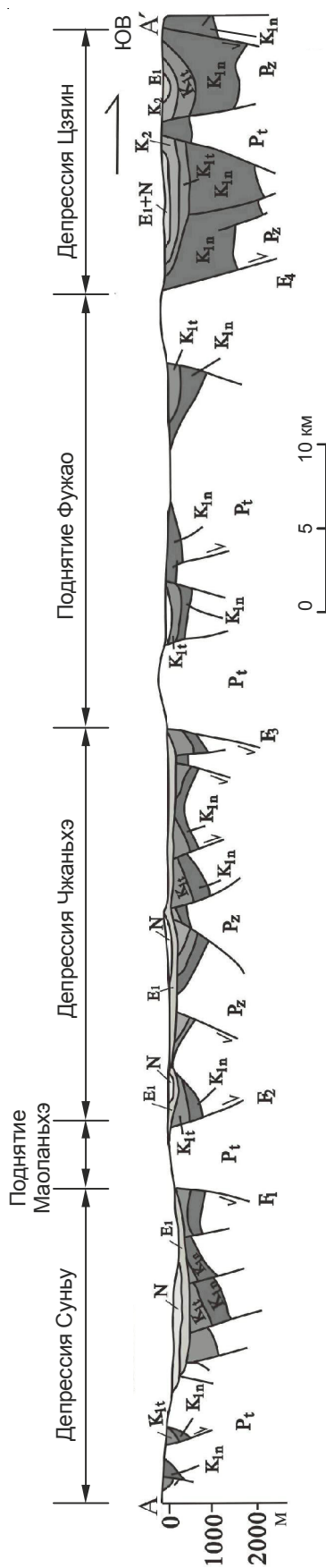


Рис. 3. Геологический разрез по линии А-А' (рис. 2). По материалам сейсмического профилирования и геолого-съёмочных работ (модифицировано по [30]).

Разлом Муданьцзян (F_4) отчетливо выделяется по геологическим, дистанционным и геофизическим данным, ограничивая с запада депрессию Цзяин. Вдоль р. Амур прослеживается Хэйлунцзянский (Сюньхэ-Бирский, по [2]) разрыв (F_5), протяженностью более 300 км. Это наиболее древнее тектоническое нарушение, которое обусловило погружение северной части Сунью-Цзяинского бассейна.

Среди разломов выделяются две системы: наиболее ранние – северо-восточного и более молодые – северо-западного направления. Первые из них – сбросы, активизированные субширотными тектоническими напряжениями, а вторые – правосторонние сдвиги. X.Q. Zhao с соавторами [30] разделяют их на три типа: сформированные в условиях растяжения (ранний мел), первого сжатия в конце раннего мела и в позднем мелу и повторного сжатия в позднем палеоцене. При этом с разрывами растяжения связано проявление вулканической деятельности, которая фиксируется раннемеловыми эффузивными и вулканокластическими породами на периферии депрессий.

СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СУНЬЮ-ЦЖАИНСКОГО И ЗЕЙСКО-БУРЕЙНСКОГО БАССЕЙНОВ

Сунью-Цзяинский бассейн

Сунью-Цзяинский бассейн состоит из трех депрессий и двух поднятий, сменяющих друг друга с северо-запада на юго-восток: Сунью-Маоланьхэ-Чжаньхэ-Фуэжао-Цзяин (рис. 3). Их устойчивое северо-восточное и северо-северо-восточное простирание свидетельствует о продолжительной контролирующей роли в создании структурного каркаса бассейна ограничивающих разрывных нарушений.

Депрессия Сунью (площадь 707 км²) характеризуется неглубоким залеганием фундамента на восточной окраине с погружением к западу до 2400 м. Депрессия разделена на три структуры: западное поднятие (около 45 % площади депрессии) и два прогиба на северо-востоке и юго-востоке. Фундамент ее сложен главным образом позднегерцинскими гранитами и палеозойскими метаморфизованными породами.

Восточнее ее расположено поднятие Маоланьхэ (площадь 652 км²) северо-восточного простирания, разделяющее депрессии Сунью и Чжаньхэ. Глубина залегания фундамента в его пределах колеблется от нескольких десятков до сотен метров.

Депрессия Чжаньхэ (площадь 6832 км²) локализована в центре Сунью-Цзяинского бассейна. С востока и запада она ограничена, соответственно, разломами Сунью и Куэрхэ. По геофизическим данным,

депрессия разделена на три структуры: центральный приподнятый блок, по краям которого расположены прогибы. Глубина залегания фундамента в прогибах колеблется от 100 м до 2000 м, в пределах поднятия установлены многочисленные обнажения коренных пород. Они представлены позднегерцинскими гранитами, реже – палеозойскими метаморфизованными породами, развитыми на юго-западе депрессии.

В строении депрессии Чжаньхэ выделяются два комплекса: нижний и верхний, сложенные, соответственно, формациями Юнаньцунь и Таоцихэ, между которыми установлено угловое несогласие. Оно представляет собой границу, ниже которой развиты породы рифтогенного комплекса, а выше – платформенные отложения, полого залегающие по всей территории бассейна. Структурный стиль растяжения хорошо просматривается на рис. 4, на котором выделяется серия крупномасштабных сбросов.

Поднятие Фуэжао (площадь 3952 км²) ограничено разломами Куэрхэ на западе и Муданьцзян – на востоке. Глубина залегания фундамента в пределах этой структуры колеблется от 100 до 600 м. Он сложен позднегерцинскими гранитами, установленными в северной части поднятия.

К востоку расположена депрессия Цзяин (площадь 3656 км²). Она разделена на три структуры: поднятие – в центре, депрессии по обеим его сторонам.

Зейско-Буреинский бассейн

Формирование современных представлений о структуре бассейна относится к середине прошлого столетия. В основу их положены нефтепоисковые, региональные геофизические работы, нашедшие наиболее полное отражение в схеме тектонического строения Зейско-Буреинского бассейна, составленной Э.Н. Лишневым [8]. В дальнейшем, после обобщения новых материалов бурения гидрогеологических скважин и результатов геолого-съёмочных работ, А.П. Сорокиным [12, 14] были детально рассмотрены структуры Зейско-Буреинского бассейна, их строение, палеогеографические условия формирования чехла, связь с фундаментом. Иные тектонические схемы бассейна представлены И.И. Шарудо, Москвиным [21], Г.Л. Бернштейном с соавторами [1], Г.А. Шатковым [22] и др. Они принципиально не меняют ранее разработанные представления и касаются в основном терминологии и введения новых названий выделенных ранее структур.

В схеме структурного районирования Зейско-Буреинского бассейна наиболее крупными элементами являются Амуро-Зейская и Нижнезейская впадины, разделенные Амуро-Мамыньским подня-

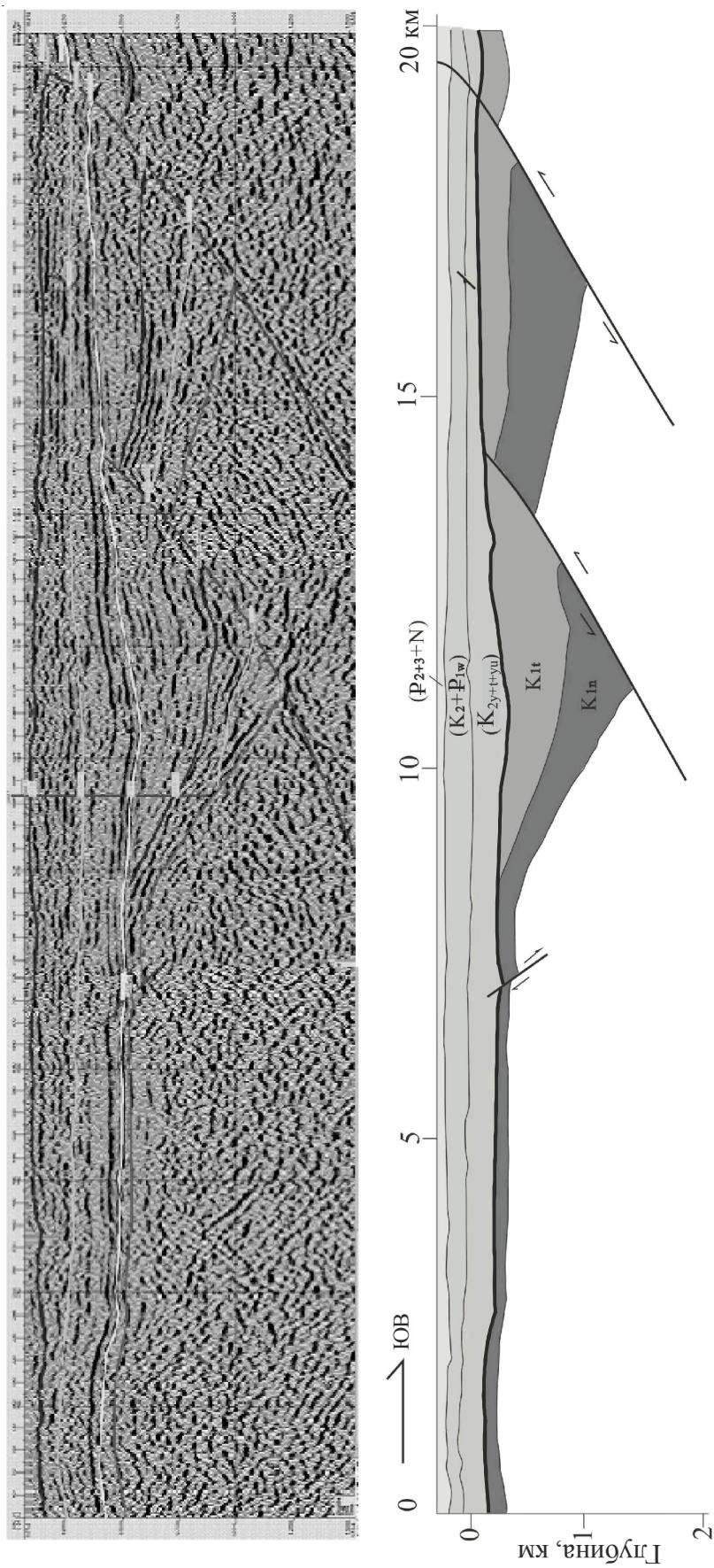


Рис. 4. Стрoение чехла Сунью-Цзяинского бассейна. На профиле отчетливо выделяется угловое несогласие между формациями K_{1t} и $K_{2y+t+yul}$.

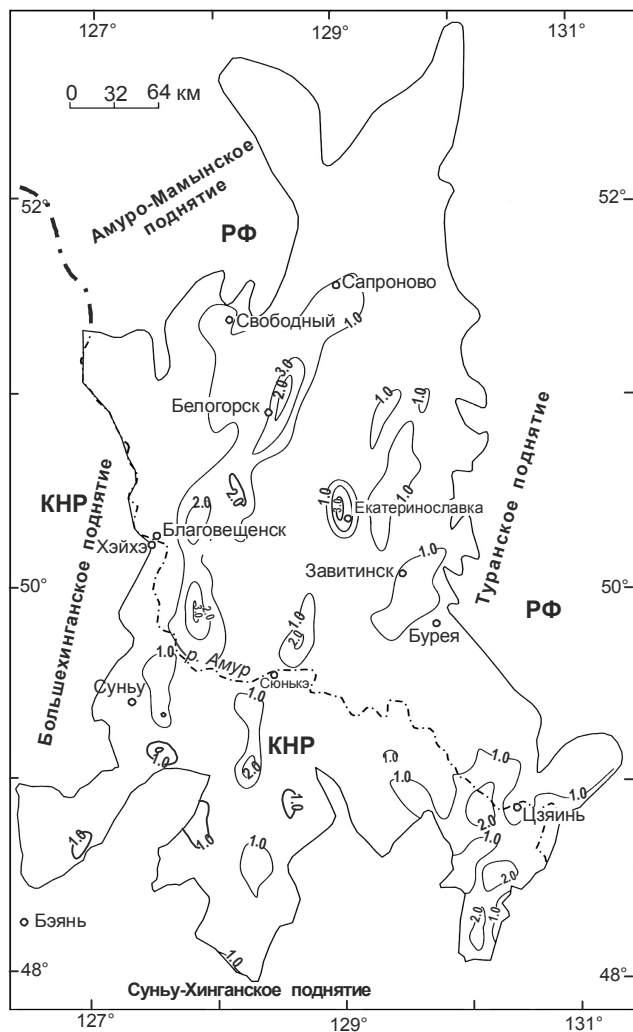


Рис. 6. Локальные депрессии и их мощность Сунью-Цзяинского и Зейско-Буреинского бассейнов. По сводной карте Дацинской нефтяной компании и А. П. Сорокину, Т. В. Артеменко [27].

Цифры указывают глубину залегания пород домезозойского фундамента.

новлено, что Лермонтовская, Михайловская и Архаринская депрессии Зейско-Буреинского бассейна параллелизируются с депрессиями Сунью, Чжаньхэ и Цзяин. Отчетливо коррелируются и положительные структуры: Полтавско-Ильиновское – с поднятием Маоланьхэ, а Воскресеновско-Украинская система поднятий и прогибов – с поднятием Фужао (рис. 3, 7), что в целом свидетельствует о единстве Сунью-Цзяинского и Зейско-Буреинского бассейнов.

СТРОЕНИЕ ЧЕХЛА ЗЕЙСКО-БУРЕИНСКОГО И СУНЬЮ-ЦЗЯИНСКОГО БАССЕЙНОВ

Согласно современным представлениям, формирование чехла Зейско-Буреинского бассейна

происходило в течение трех этапов: рифтогенный, платформенный и неотектонический [12, 14, 18]. Рифтогенный комплекс сложен средне- и верхнеюрскими терригенными отложениями екатеринославской свиты, нижнемеловыми эффузивами основного, среднего и кислого состава и осадочно-вулканогенными образованиями итикутской и поярковской свит. Указанный комплекс параллелизируется с формациями Нинюанцунь и Таоцихэ. В платформенный этап в пределах Зейско-Селемджинской, Екатеринославской и Архаринской депрессий происходило накопление терригенных отложений завитинской (кундурской), цагаанской и кивдинской свит. Туронкампанские отложения первой из них сопоставляются с формациями Юнаньцунь, Тайпинлиньчан, а маастрихтские и датские – с формациями Юляньцзы, Фужао и нижней частью Уюнь. И, наконец, с неотектоническим этапом связано формирование кайнозойских пород кивдинской, райчихинской, мухинской, бузулинской, сазанковской и белогорской свит, которые сопоставляются с формацией Уюнь (табл.). При этом следует отметить, что последняя стадия неотектонического этапа характеризуется проявлением вулканической деятельности в позднем миоцене, среднем плейстоцене и голоцене. Поля эффузивов, преимущественно основного состава, развиты вдоль обрамления Архаринской депрессии и в пределах Сунью-Хинганского поднятия.

Процесс формирования Сунью-Цзяинского бассейна рассмотрен J. G. Yang [29], С.Р. Сао et al. [23, 24]. Установлено, что эволюция его проходила в 5 стадий: сбросообразование с растяжением, ранняя структурная инверсия, термальное погружение с образованием депрессии, поздняя инверсия и позднее прогибание. Указанные процессы обусловили формирование основной структуры бассейна в виде нижних разломных блоков и верхнего платформенного чехла (рис. 4). С учетом этого, в Сунью-Цзяинском бассейне выделяется следующая последовательность структурных преобразований: раннедепресссионное растяжение (J_2 - K_1), термальное погружение (K_2 - P_1), позднее прогибание (P_2 - N_1) (табл.).

Приведенная стадийность образования структур Сунью-Цзяинского бассейна согласуется с этапностью развития Зейско-Буреинского бассейна, подтверждая единство их происхождения и последующей эволюции.

Корреляция нефтегазоносности и мезозойско-кайнозойских событий Зейско-Буреинского бассейна и Сунляо дана Г.Л. Кирилловой [6, 7, 25, 26], А.П. Сорокиным, А.З. Захаряном [13], А.П. Сорокиным и др. [15, 16, 18].

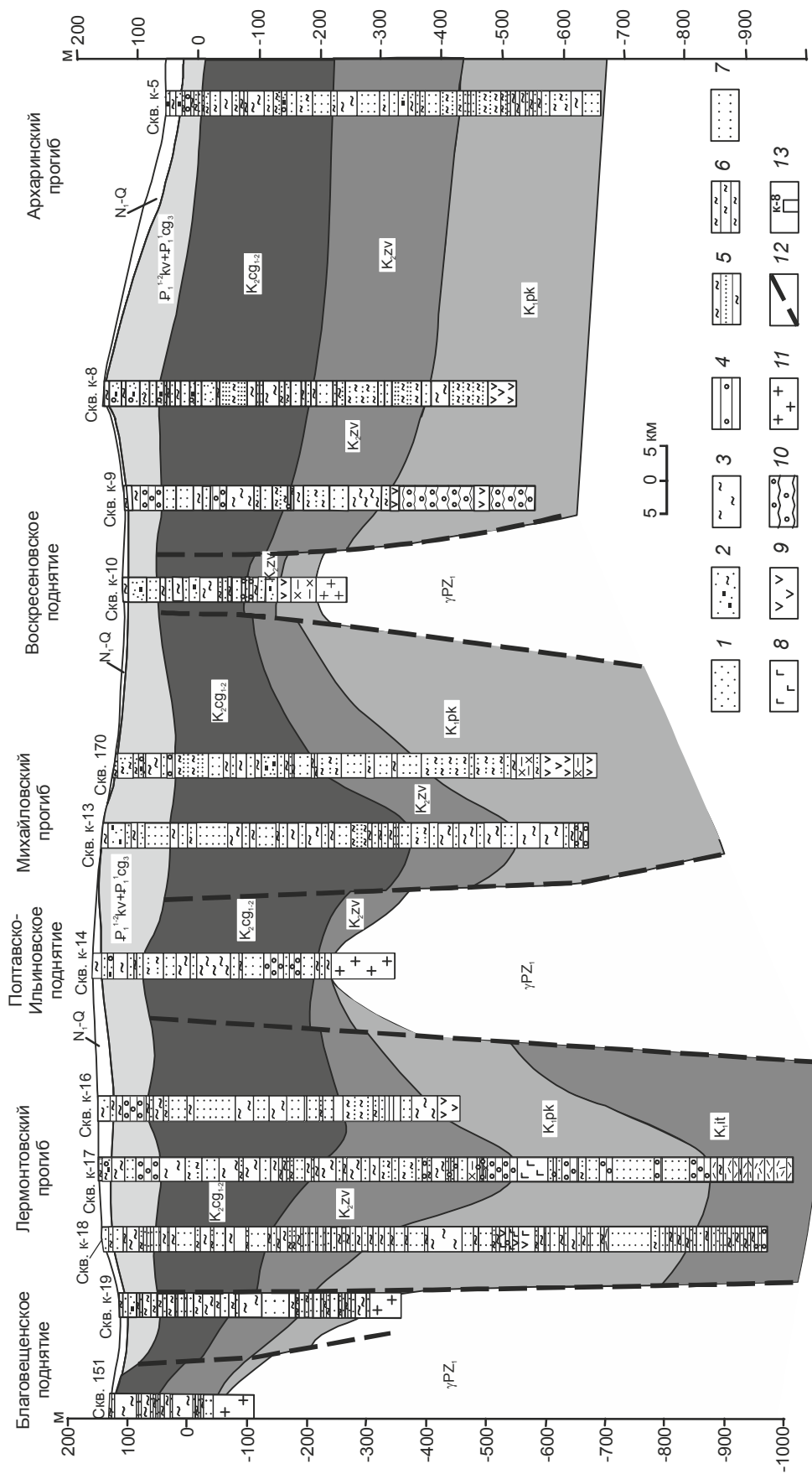


Рис. 7. Геологический разрез южной части Зейско-Бурейнского бассейна (Благовещенск–Архара) по линии Б–Б' (рис. 2). Составил: А.П. Сорокин.
 1 – пески; 2 – пески глинистые с гравием и галькой; 3 – глины; 4 – галечники; 5 – пачки чередования глин и песков; 6 – аргиллиты; 7 – песчаники; 8 – базальты; 9 – андезиты; 10 – лавобрекчии андезитов и базальтов; 11 – граниты; 12 – разломы; 13 – скважина и ее номер. Индексы на рисунке: N₁-Q – нерасчлененные неогеновые и неоплейстоценовые отложения; свиты: P₁¹⁻²kv+P₁¹cg₃ – кивдинская свита и верхнецаганская подсвита объединенные, K₂cg₁₋₂ – нижне- и среднецаганская подсвиты, K₂zv – завитинская, K₁pk – поярковская, K₁it – итикутская; γPZ₁ – раннепалеозойские граниты.

Таблица 1. Схема корреляции мезозойско-кайнозойских образований Зейско-Буреинского и Суньу-Цзяинского бассейнов.

| Система | Отдел/ Подотдел | | Ярус | Зейско-Буреинский бассейн (стратиграфические подразделения) | | | | | | Суньу- Цзяинский бассейн (формации) | Эволюция (стадии) | | | | | | |
|--------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------|---|--|--|--|--|-------------|--|--------------------------|-----------------------------|--|--|--|--|--|
| Неогеновая | Плио- ценовый | | Пьяченцкий | Белогорская свита | | | | | | Суньу | Позднее прогибание | | | | | | |
| | | | Занкский | | | | | | | | | | | | | | |
| | Миоце- новый | Верхний | Мессинский | Сазанковская свита | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Гортонский | | | | | | | | | | | | | | |
| Средний | | Серравальский | Бузулинская свита | | | | | | | | | | | | | | |
| | Лангийский | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нижний | Бурдигальский | Хаттский | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Аквитанский | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Палеогеновая | Олиго- ценовый | Верхний | Мухинская свита | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Нижний- средний | | | | | | | Рюпельский | | | | | | | | |
| | Эоце- новый | Верхний | Приабонский | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Средний | Бартонский | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Нижний | Лютетский | | | | | | | | | | | | | | |
| | Палео- ценовый | Верхний | Ипрский | Райчихинская свита | | | | | | Уюнь | Поздняя инверсия | | | | | | |
| Танетский | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нижний | | Зеландский | Кивдинская свита | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Датский | | | | | | | | | | | | | | | |
| Меловая | Верхний | Маастрихтский | Цагайская свита | Верхнецагайская подсвита | | | | | | Фужао | Термальное погружение | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Среднецагайская подсвита | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Кампанский | Завитинская (кундурская) свита | | | | | | Юлянцизы | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Сантонский | | Юнаныцунь | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Нижний | Туронский | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Сеноманский | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Альбский | Поярковская свита | | | | | | Таоцихэ | | | | | | | | |
| | | Аптский | | | | | | | | | | | | | | | |
| Барремский | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Готеривский | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Юрская | Верхний | Валанжинский | Итикутская свита | | | | | | Нинюаньцунь | Депрессия растяжения | | | | | | | |
| | | Берриасский | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Волжский | | | | | | | | | | | | | | | |
| Средний | Кимериджский | Екатеринославская свита | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Оксфордский | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Келловейский | | | | | | | | | | | | | | | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В составе Сунью-Цзяинского бассейна выделено три депрессии (прогиба), разделенные поднятиями. Основные разломы, контролируемые указанные структуры, – преимущественно сбросы с крутым, часто вертикальным падением. В раннем мезозое они формировались в условиях растяжения, и только некоторые из них испытали инверсию в кайнозое.

Образование осадочного чехла бассейна происходило в пять стадий: разломная депрессия, сформированная в условиях растяжения (J_3-K_1), ранняя структурная инверсия, термальное прогибание (K_2 – даний), поздняя инверсия и депрессия (P_2-N_1). По основным своим характеристикам – ориентировке, строению, условиям формирования структуры бассейна – он является южной окраиной Зейско-Буреинской впадины.

Работа выполнена при поддержке программ фундаментальных исследований Президиума РАН, Отделения Наук о Земле и РФФИ–ДВО РАН (проекты 12-И-П27-03, 12-И-П27-08, 12-И-0-ОНЗ-02, 11-05-98510р-восток), проекта 12-III-A-08-187 и проектов № 41211120171/D02 и НК 12-05-91158/13 ГФЕН. Авторы благодарны профессору А.Н. Диденко (ИТиГ ДВО РАН, РФ) и профессору Гэ Сунгэ (Шанхайский университет, Китай) за их благожелательные консультации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бернштейн Г.Л., Волхонин В.С., Горбачев И.Ф. и др. Геологическая структура Зее-Буреинской впадины по результатам региональных геолого-геофизических работ // Геофизические исследования при решении геологических задач в Восточной Сибири. М.: Изд-во “Недра”, 1970. Вып. 4. С. 271–300.
- Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. 1:2 500 000: Объясн. зап. / Под. ред. Л.И. Красного. СПб; Благовещенск; Харбин, 1999. 135 с.
- Золотов Е.Е., Ракитов В.А. Структура литосферы Приамурья по данным МОВЗ-ГСЗ // Региональная геология и металлогения. 2000. № 2. С. 236-240.
- Каплун В.Б. Геоэлектрический разрез литосферы Амуро-Зейского осадочного бассейна по профилю МТЗ г. Благовещенск – п. Биракан // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 2. С. 41–53.
- Каплун В.Б. Геоэлектрический разрез литосферы юга Амуро-Зейского осадочного бассейна по результатам магнитотеллурических зондирований // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 3. С. 3–20.
- Кириллова Г.Л. Сравнительная характеристика внутриконтинентальных рифтовых бассейнов Восточной Азии: Сунляо и Амуро-Зейский // Тихоокеан. геология. 1994. № 6. С. 33–54.
- Кириллова Г.Л. Позднемезозойские-кайнозойские осадочные бассейны континентальной окраины юго-восточной России: геодинамическая эволюция, угле- и нефтегазоносность // Геотектоника. 2005. № 5. С. 62–82.
- Лишневский Э.Н. О строении поверхности фундамента Нижне-Зейской впадины // Геотектоника. 1968. № 5. С. 62–71.
- Лысак С.В. Термальная эволюция, геодинамика и современная активность литосферы Китая // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 9. С. 963–977.
- Мишенькин Б.П., Мишенькина З.Р., Анненков В.В. Глубинное сейсмическое зондирование на Буреинском массиве // Геология и геофизика. 1987. № 10. С. 98–107.
- Потапьев С.В. Соотношение поверхностной и глубинной структуры земной коры Приамурья и Приморья // Глубинное строение литосферы Дальневосточного региона (по геофизическим данным). Владивосток, 1979. С. 43–53.
- Сорокин А.П. История геолого-геоморфологического развития Зейско-Буреинской впадины в мезозое и кайнозое: Автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. Владивосток, 1972. 25 с.
- Сорокин А.П., Захарян А.З. Цикличность мезозойско-кайнозойских разрезов впадин Сунляо и Зейско-Буреинской в связи с нефтегазоносностью // Тектоника, энергетические и минеральные ресурсы Северо-Западной Пацифики / Тез. докл. Междунар. симпоз. Т. 1. Хабаровск, 1989. С. 78–80.
- Сорокин А.П. Морфоструктуры и кайнозойские россыпи золота Приамурья. М.: Наука, 1990. 105 с.
- Сорокин А.П., Сорокин А.А. Эволюция мезозойско-кайнозойских осадочных бассейнов Приамурья и закономерности формирования горючих полезных ископаемых // Материалы II Всерос. металлоген. совещ. “Металлогения, нефтегазоносность и геодинамика Северо-Азиатского кратона и орогенных поясов его обрамления”. Иркутск, 1998. С. 62–64.
- Сорокин А.П., Артеменко Т.В., Межаков В.З. и др. Природно-ресурсный потенциал трансграничной территории России и КНР в бассейне Верхнего и Среднего Амура // География и природ. ресурсы. 2008. № 4. С. 104–110.
- Сорокин А.П., Махинов А.Н., Воронов Б.А. и др. Эволюция бассейна Амура в мезозое-кайнозое и ее отражение в современной динамике рельефа // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 3. С. 72–80.
- Сорокин А.П., Малышев Ю.Ф., Каплун В.Б., Сорокина А.Т., Артеменко Т.В. Основные черты эволюции и глубинного строения Зейско-Буреинского и Сунляо осадочных бассейнов (Восточная Азия) // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 2. С. 3–19.
- Флора и динозавры на границе мела и палеогена Зейско-Буреинского бассейна. Владивосток: Дальнаука, 2001. 162 с.
- Хайн В.Е. Региональная геотектоника. Внеальпийская Азия и Австралия. М.: Недра, 1979. 358 с.
- Шарудо И.И., Москвин В.М. Литолого-фациальный состав и условия накопления верхнемезозойских континентальных отложений Амуро-Зейской площади. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1968. 28 с.
- Шатков Г.А., Бабаева А.О., Максимовский В.А., Пуриг В.В. Тафрогенный комплекс Амуро-Зейской депрессии и перспективы его рудоносности // Тихоокеан. геология. 1984.

- № 3. С. 54–67.
23. Cao C.R., Zheng Q.D. Structural evolution features and its significance of hydrocarbon exploration in relict basin group, eastern Heilongjiang Province // *Jour. Jilin Univ.: Earth Sci. Ed.* 2003. V. 33, N. 2. P. 167–172.
 24. Cao C.R., Bai L.A., Zhang Y.J. Tectono-sedimentary evolution of Sunwu-Jiayin basin in NE China // *Proc. Int'l Symp. on Geosci. in NE Asia*, 2009. P. 57–58.
 25. Kirillova G.L. Late Mesozoic–Cenozoic sedimentary basins of active continental margin of Southeast Russia: paleogeography, tectonics, and coal–oil–gas presence // *Marine and Petrol. Geol.* 2003. N. 20. P. 385–397.
 26. Kirillova G.L. Cretaceous tectonics and geological environments in East Russia // *Jour. Asian Earth Sci.* 2003. N 21. P. 967–977.
 27. Sorokin A.P., Artyomenko T.V. Structural evolution of the eastern margin of Eurasia in Late Mesozoic and Cenozoic // *J. Geosci. Res. NE Asia*. 2003. V. 6, N 2. P. 150–160.
 28. Sun G., Akhmetiev M., Dong Z.M. et al. In search of the Cretaceous–Tertiary boundary in Heilongjiang River area of China // *Jour. Geosci. Res. NE Asia*. 2002. V. 5, N 2. P. 105–113.
 29. Yang J.G., Shao Z.Y., Wu H.Y. et al. Sedimentary facies types and evolution of the Sunwu-Jiayin basin in northern Heilongjiang province // *Chinese Jour. Geol.* 2008. V. 43, N 4. P. 648–658.
 30. Zhao X.Q., Chen H.L., Yang S.F. et al. Structural features and evolution of the Sunwu-Jiayin basin from Mesozoic to Cenozoic // *Jour. China Univ. Mining & Technol.* 2012. V. 41, N 4. P. 598–606.
 31. Zheng Y.L., Liu W.L., Qiao X.Y. Cretaceous spore-pollen assemblages in Sunwu-Jiayin basin and stratigraphic significance // *Jour. Stratigraphy*. 2005. V. 29, N 4. P. 342–347.
 32. Zhu Y.P. Research progress of gravity and magnetic of Sunwu fault-depression, Sunwu-Jiayin basin // *Sci. Technol. & Engineering*. 2011. V. 11, N 15. P.3527–3530.

Рекомендована к печати Л.И. Попеко

C.R. Cao, G.L. Kirillova, A.P. Sorokin, V.B. Kaplun, H.S. Cao, Y. Qu, Y.J. Zhang
Structural framework and evolution of the Sunwu-Jiayin Basin in NE China and its relation to the structures of the Zeya-Bureya Basin, the Far East of Russia

The Sunwu-Jiayin Basin is located on the Amur River right side and comprises four depressions and three separating them NE-trending uplifts. The bounding first-order faults (mostly normal faults) with a steep to vertical dip were formed in the conditions of extension and control the development of the structural units of the basin. The sedimentary cover of the depressions developed in five stages: depression extension, early inversion, thermal subsidence, late inversion, and formation of depressions. The basement of the basin composed of granitoids and metamorphosed Late Paleozoic and Precambrian shales is exposed in the limits of the uplifts and plunged into depressions to a depth ranging from 0.5 to 2.4 km. As a whole, its depth is deepened from south to north to the Amur River, and then raised to a higher level. From the formation conditions and the structure of the sedimentary cover the basin under consideration belongs to the southern margin of the Zeya-Bureya Basin.

Keywords: structure, evolution, Sunwu-Jiayin Basin, Zeya-Bureya Basin, NE China, Far East.