

ГЕОЛОГО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ, МОРФОСТРУКТУРНЫЕ И ЛАНДШАФТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИАМУРЬЯ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК, РОССИЯ) НА РУБЕЖЕ ПОЗДНЕГО МЕЛА И РАННЕГО ПАЛЕОГЕНА

А.П. Сорокин, Ю.Л. Болотский, С.В. Дугин

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия;

e-mail: dinomus@ascnet.ru

Поступила в редакцию 19 августа 2025 г.

Геологические и ландшафтные преобразования Приамурья на рубеже позднего мела и палеогена связаны с движениями Индийской плиты относительно Евразии, создавшими обстановку одностороннего сжатия в северном направлении в условиях колебания процессов ускорения и замедления. Проанализировано влияние этих движений в интервале 85–64 млн лет – с кампанского по датский ярусы на структуры Зейско-Буреинского бассейна. На периферии бассейна в районе 70 млн лет они привели к сокращению областей маастрихтской седиментации с формированием кризисных структур – предгорных депрессий и грабенов с доминантами в виде грубообломочных гравийно-галечных аллювиальных и смешанных глинисто-обломочных пролювиальных образований, которые в условиях активного плоскостного смыва с Буреинского поднятия переносили и захороняли кости и фрагменты тел динозавров. В центральной части Зейско-Буреинского бассейна с ускорением движения Индийской плиты (60–50 млн лет) с кризисными процессами связаны расчленение озерно-аллювиальных равнин с образованием валов и заболоченных понижений, катастрофические наводнения, лесные пожары и горение торфяников, которые в целом привели к резкой деградации ландшафтов. Указанные кризисные эпизоды в различных геолого-геодинамических обстановках дополнялись специфическими событиями – вулканизмом, дегазацией и возможно сейсмическими явлениями, усиливавшими негативную обстановку позднемелового-раннепалеогенового этапа.

Ключевые слова: деградация ландшафтов, вымирание биоты и динозавров, кризисные структуры, кризисный этап, геолого-геодинамические преобразования, движение плиты, Зейско-Буреинский бассейн, Евразия, Индийская плита.

ВВЕДЕНИЕ

Позднемеловой-раннепалеогеновый период – один из важнейших этапов формирования Зейско-Буреинского бассейна, включающий пограничные горизонты мезозоя и кайнозоя со своими специфическими чертами геологического развития, особенностями растительного и животного мира, но объединенные общей историей. Основные геологические события этапа зафиксированы в летописи накопления цагайских отложений, образование которых происходило в условиях сочетания режимов активизации и стабильного состояния Приамурья, обусловивших резкие контрасты литологии и генезиса пород, нередко разделенных размывами локального и регионального масштаба. Это существенно влияло на изменение ландшафта и в конечном итоге привело к кризисной ситуации на рубеже позднего мела и палеогена с вымиранием доминирующих групп биоты и динозавров [2].

Исследования авторов статьи направлены на расшифровку геолого-геодинамических событий, морфоструктурных и ландшафтных преобразований позднего мела и раннего палеогена Приамурья; выяснение природы кризисных явлений органической среды в природных условиях Зейско-Буреинского бассейна.

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цагайские отложения занимают особое положение в разрезе чехла Зейско-Буреинского бассейна. С их образованием связано формирование современной морфоструктуры бассейна и его горного обрамления – Бол. Хингана на западе и Буреинского массива на востоке. На этой территории и сопряженной с ней впадины Сунляя (КНР) изучение цагайских отложений продолжается уже более 100 лет [3–7, 9, 16 и др.]. К середине прошлого столетия эти отложения выделены в составе цагайской (с тремя подсвитами)

и кивдинской свит. На IV стратиграфическом совещании [8] возраст нижней и средней подсвит цагаяна принят маастрихтским, верхний – позднедатским, а кивдинской свиты – датско-зеландским ярусами.

Комплексное изучение истории развития позднего мела и раннего палеогена Зейско-Буреинского бассейна было начато в 80-тые годы прошлого столетия сотрудниками Амурского научного центра и Биолого-почвенного института ДВО РАН А.П. Сорокиным, В.С. Маркевич, Ю.Л. Болотским и Е.В. Бугдаевой. В течение двух десятилетий получены новые данные, существенно дополнившие материалы по целому ряду направлений наук о Земле. Авторы предложили объединить цагайские и кивдинские отложения в цагайскую серию, выделив в ее составе удурчуканскую (нижнецагайскую), буреинскую (среднецагайскую) и дармаканскую (верхнецагайскую) свиты. Последнюю свиту целесообразно разделить на две подсвиты: нижнюю – с породами песчано-гравийно-галечно-го состава и верхнюю – с пластами бурого угля [11]. Предложенный вариант схемы поддержан последующими исследованиями с участием зарубежных ученых на территории России и Китая и цитируются в целом ряде высокорейтинговых отечественных и зарубежных журналов [13, 18, 20].

Установлена изменчивость флоры Зейско-Буреинского бассейна, которая связана с климатическими колебаниями и сопряжена с появлением и исчезновением динозавров. По мнению Е.В. Бугдаевой и В.С. Маркевич [2], наиболее широкое разнообразие биоты в Приамурье было связано с ранним маастрихтом – периодом климатического оптимума и стабильного тектонического режима региона. В среднем маастрихте произошло сокращение таксонов флоры и динозавров при нарастании сезонности климата. Вышеуказанными авторами высказано предположение об исчезновении динозавров в Приамурье на границе среднего и позднего маастрихта в связи с деградацией саванноподобного биота с высокопродуктивной растительностью и замещением его биомов умеренных лесов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Зейско-Буреинский осадочный бассейн – крупнейшая мезозойско-кайнозойская отрицательная структура Дальнего Востока, которая к концу раннего мела представляла собой систему Приамурского, Зейско-Селемджинского, Екатеринославского и Архаринского грабенов, сформированную в условиях широтного растяжения в процессе субдукции плиты Изагаги под Азиатский континент [21, 24].

Последующие крупные структурные преобразования Восточной Азии связаны с взаимодействием Индийской и Евразийской плит (рис. 1) [26]. За последние

100 млн лет Индийская плита ускорялась в северном направлении в интервалах (млн лет) 85–64, 62–61, 55–52, а в период 80–65 млн лет – со скоростью, превышающей 140 мм/год [19]. Эти процессы (рис. 2) сопровождались замедлениями (млн лет) в периоды 64–62, 60–58, 52–55 и т.д., что свидетельствует о периодичности событий аккреции, проходившей по мере продвижения Индийской плиты на север – в сторону Евразии.

Указанные события привели к смене в Приамурье условий широтного растяжения территории односторонним сжатием в северных румбах, которое сохранилось в период от кампанского века до дания включительно. Изучение геолого-геодинамических преобразований этого периода проводятся авторами с конца прошлого столетия с помощью традиционных геологических методов. Детализация их выполнена на двух структурных объектах (опорных площадях), существенно различных по развитию: юго-восточной окраине (Хингано-Буреинский межгорный прогиб) и южной части Зейско-Буреинского бассейна [9, 14, 25].

Геологические структуры кризисного этапа

Хингано-Буреинский межгорный прогиб – один из немногих пограничных структур юго-восточной окраины Зейско-Буреинского бассейна, «врезанных» в орогенные сооружения Центрально-Азиатского складчатого пояса (рис. 3). С северо-запада он ограничен Буреинским (Туранским) массивом, а с юго-востока – массивом Цзямусы. Протяженность его около 100 км, ширина – немногим более 50 км. Южная половина прогиба сложена преимущественно эффузивами, а северная – верхнемеловыми и палеогеновыми (?) осадочными породами [10]. Вулканыты представлены раннемеловыми андезитобазальтами, их туфами и туфобрекчиями станолитской свиты и кислыми лавами (риолиты, фельзиты и туфы) солонечной и обманийской свит, первые из которых богаты щелочами и пересыщены кремнием с характерной пестрой и серой окраской. Венчает разрез вулканистов богучанская свита позднемелового возраста, сложенная риолитами, их туфами, туфоконгломератами, туфопесчаниками и туфобрекчиями. Общая мощность вулканогенного комплекса колеблется от 850 до 1000 м, а возраст по флоре – от раннего мела до сеноман-сантона.

Терригенные породы Хингано-Буреинского прогиба представлены кундурской свитой (кампанский ярус) и цагайской серией (маастрихтский ярус-палеоген). Они выполняют депрессию шириной до 25 км и протяженностью 60 км, с учетом известных отложений с костями рептилий в КНР на правобережье Амура [27]. Кундурская свита в Мутнинской погруженной зоне глубиной более 1500 м (рис. 3) сло-

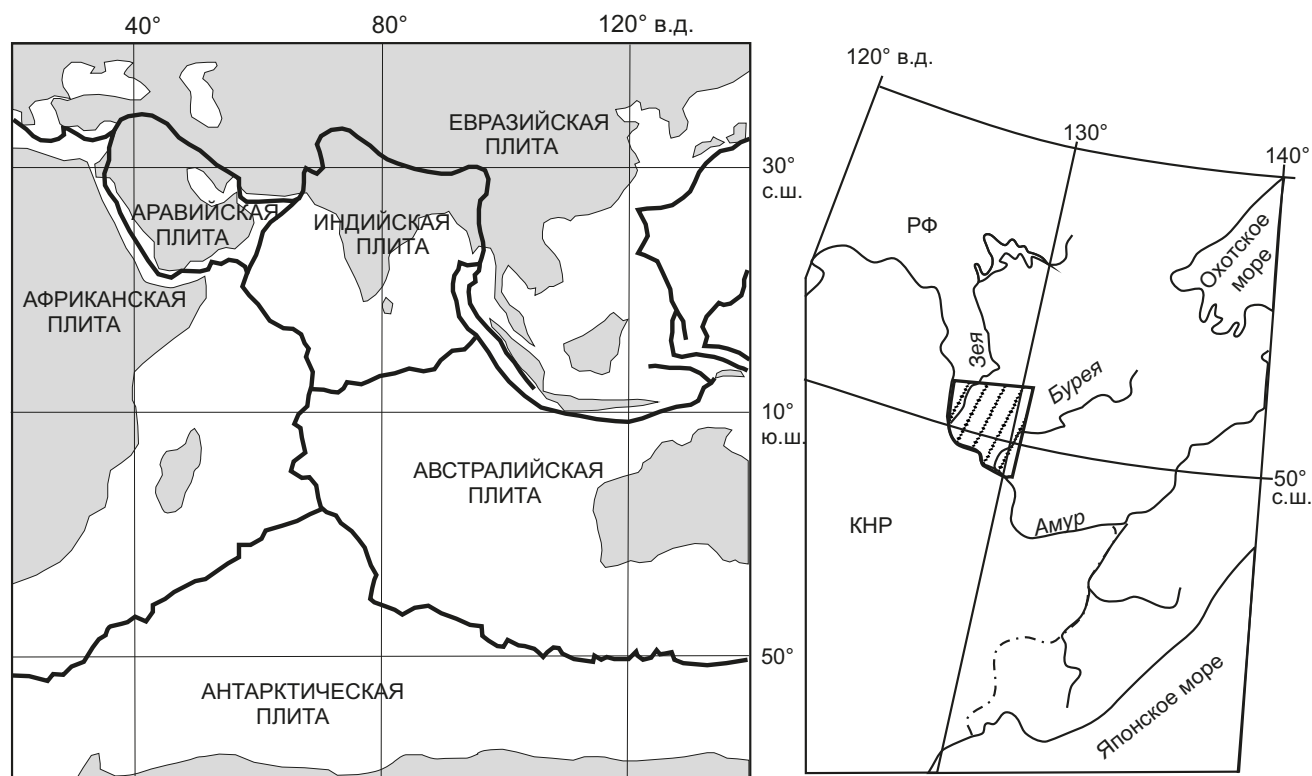


Рис. 1. Схема расположения границ Африканской, Аравийской, Антарктической, Австралийской, Индийской и Евразийской тектонических плит, по данным [26].

Рис. справа – положение района исследований.

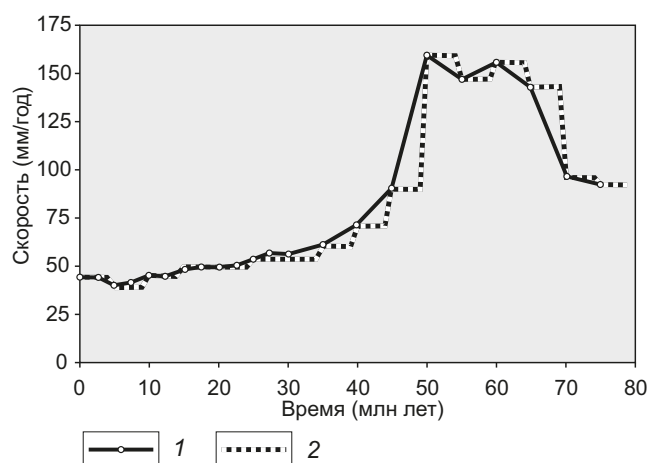


Рис. 2. График скорости (мм/год) и времени (млн лет) движения Индийской плиты относительно Африканской плиты, по данным [26].

1 – движение Индии относительно Евразии с использованием полюсов Эйлера, согласно [23], пересчитано с шагом 1 млн лет, 2 – движение Индии относительно Евразии, представленное [22] (белые точки обозначают точки интерполяции).

жена гравийно-галечными породами. Дальнейшее накопление осадков свиты происходило с постепенной сменой в северном направлении грубообломочных русловых и пролювиальных туфогенных образований более тонкокластическими осадками болот и мелких озер на выровненном обрамлении Буреинского массива.

Вышележащие отложения цагаянской серии слагают предгорную депрессию в междуречье Мутная – Хинган с наиболее погруженной (до 2000 м) зоной в районе с. Кундур, смещенной к северо-западу по сравнению с кундурской свитой. В 1997 г. в районе Кундурского местонахождения динозавров эти отложения были обследованы по карьерам вдоль трассы Чита–Хабаровск А.П. Сорокиным, А.А. Сорокиным, Ю.Л. Болотским (ИГиП), В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаевой (БПИ), В.П. Нечаевым, В.В. Голозубовым (ДВГИ) и Г.Л. Кирилловой (ИТиГ) ДВО РАН. В 2000 г. и 2022–2023 гг. эти работы были продолжены А.П. Сорокиным, Ю.Л. Болотским и С.В. Дугиным с изучением периферии Буреинского массива.

На исследованной территории в разрезе маастрихтских отложений выделены удурчуканская и буреинская свиты. Они слагают близкую по составу

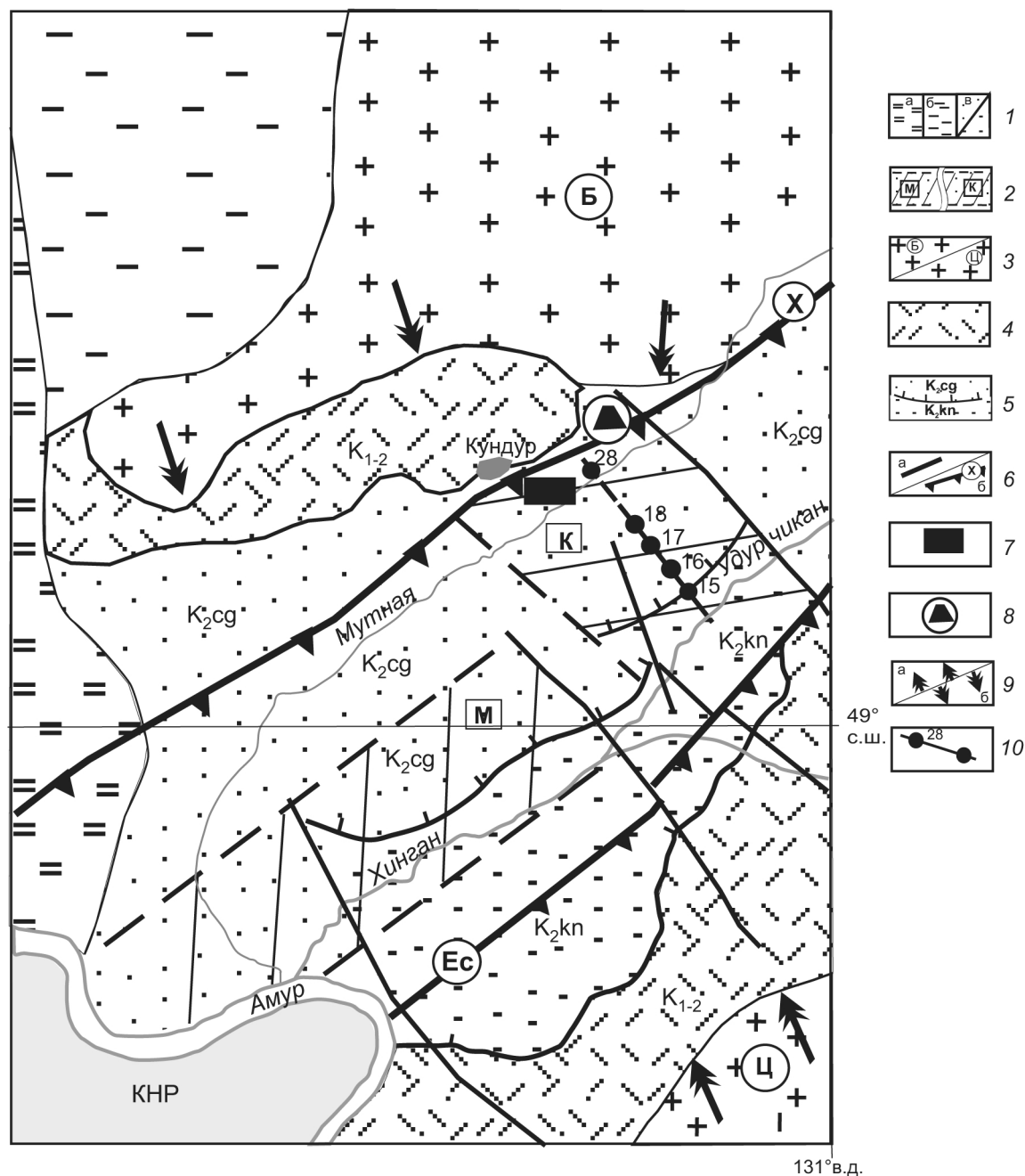


Рис. 3. Структурная схема Хингано-Буреинского межгорного прогиба (по [10], с изменениями и дополнениями).

1 – отрицательные структуры Зейско-Буреинского осадочного бассейна: Касатинский прогиб (а), Архаринская предгорная депрессия (б), Хингано-Буреинский межгорный прогиб (в); 2 – погруженные зоны Хингано-Буреинского межгорного прогиба: Мутнинская (М), Кундурская (К); 3 – древние массивы: Буреинский (Б), Цзямусы (Ц); 4 – вулканогенные комплексы (K_{1-2}); 5 – отложения кундурской (K_{2kn}) и цагайской (K_{2cg}) свит; 6 – разрывные нарушения: сбросы, сдвиги (а), надвиги (б): Хинганский (Х), Есауловский (Ес); 7 – Кундурское месторождение каменных углей; 8 – Кундурское местонахождение останков динозавров; 9 – направления сноса: доцагайского (маастрихтского) времени (а), во время формирования цагайских отложений (б); 10 – геологический разрез (см. в тексте). Граница между РФ и КНР проходит по р. Амур.

толщ чередования русловых гравийно-галечных, озерно-болотных и пролювиальных образований с четко выраженной границей между свитами (рис. 4). В наиболее полном разрезе удурчуканской свиты на юго-восточной окраине маастрихтского бассейна вы-

делены два горизонта. В нижнем (т.н. 16) доминируют аллювиальные (3.0 м) и озерно-болотные (5.3 м) образования с прослоями (линзами) углистых глин и угля, которые сменяются пролювиальными породами (1.9 м), сложенными «мусорными» глинами с грави-

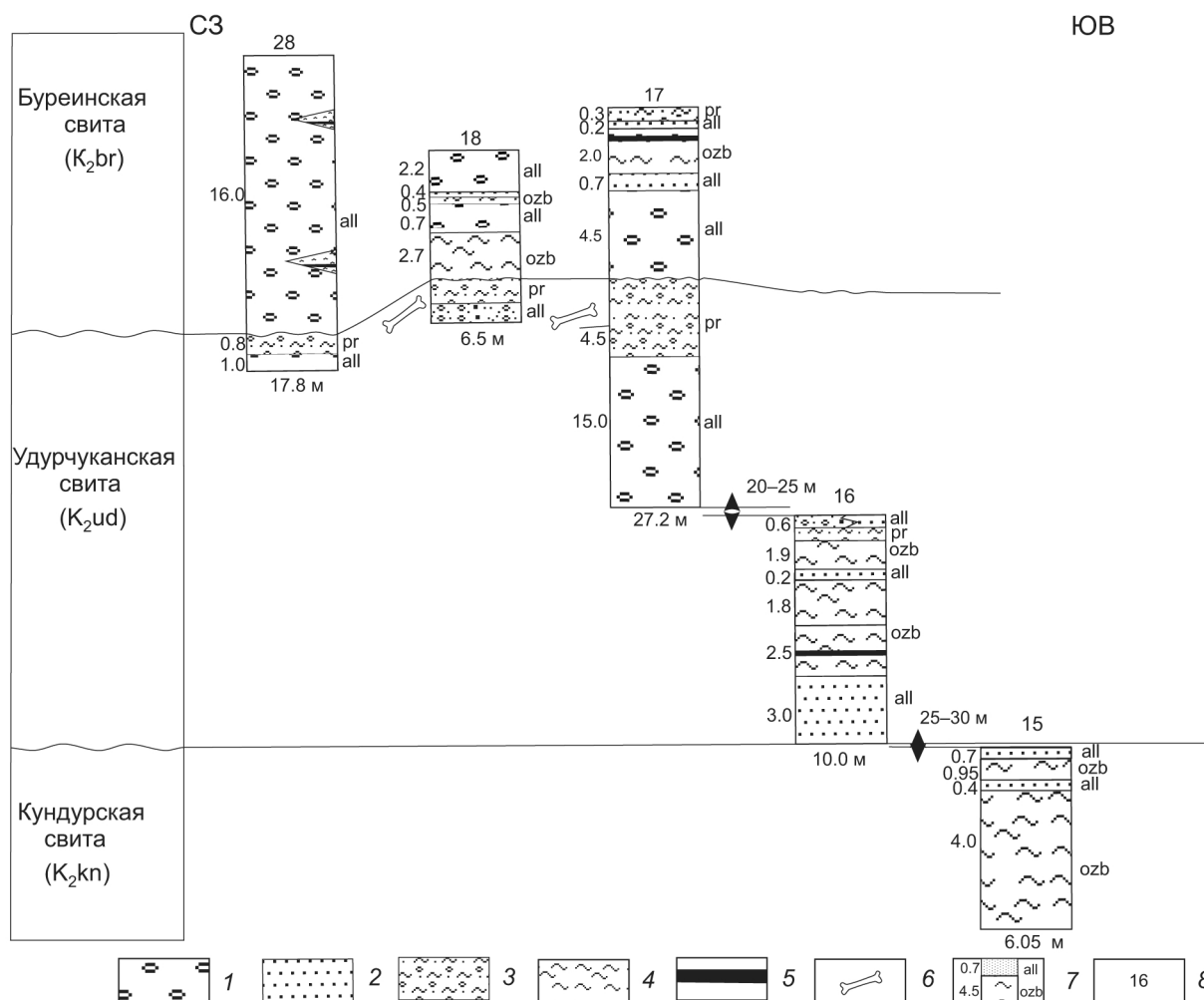


Рис. 4. Корреляция верхнемеловых отложений кундурской, удурчуканской и буреинской свит Хингано-Буреинского межгорного прогиба (по [1], с изменениями и дополнениями).

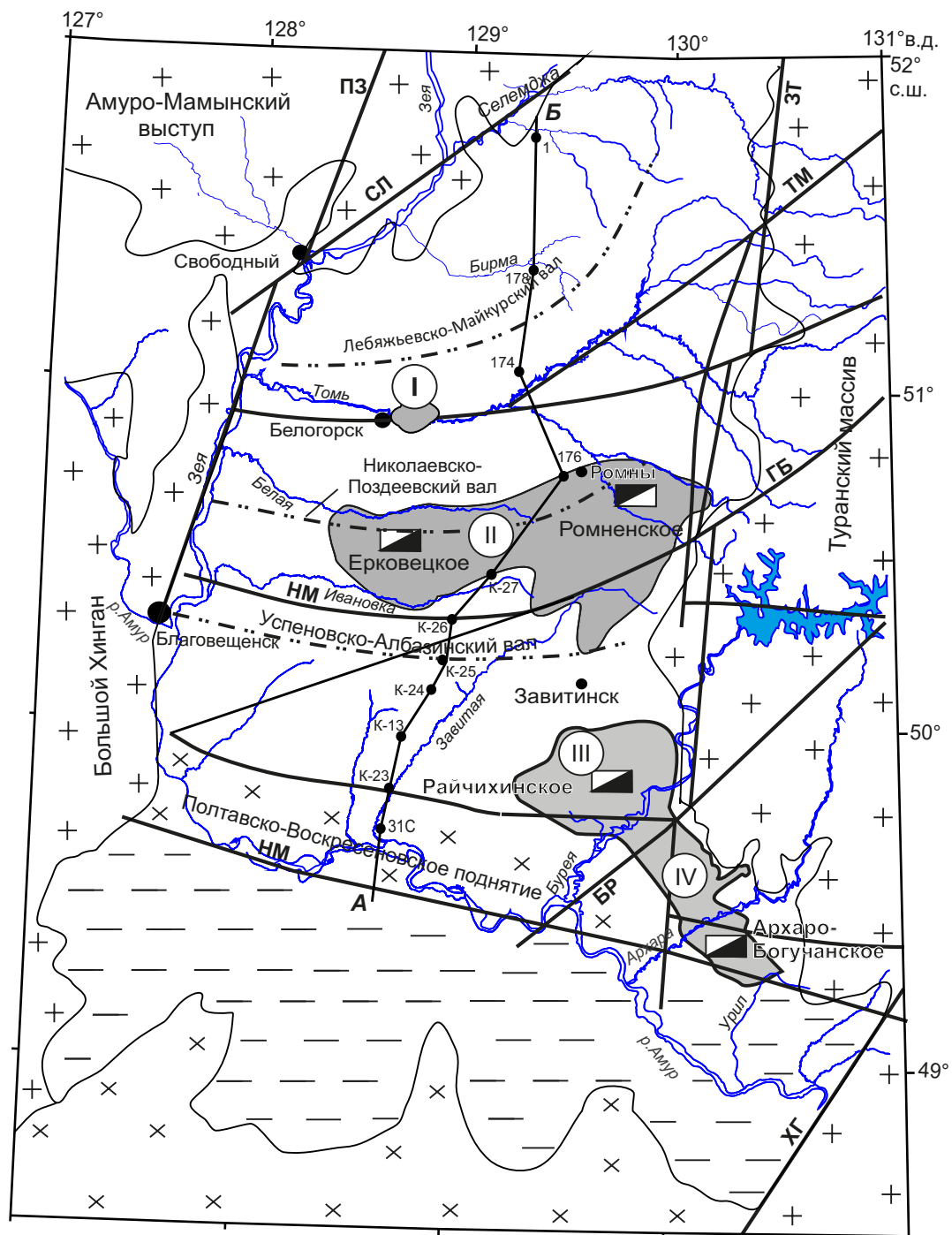
1 – гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем; 2 – пески разноразмерные; 3 – песчано-глинистые отложения с гравием и галькой; 4 – глины; 5 – бурые угли и углистые глины; 6 – кости рептилий; 7 – слева от разреза – мощность слоя в м, справа – фации (all – аллювиальные, pr – пролювиальные, ozb – озерно-болотные); 8 – номера точек наблюдений (обнажений).

ем и обломочным материалом Буреинского массива. Верхний горизонт удурчуканской свиты представлен мощной (до 15.0 м) пачкой аллювиальных гравийно-галечных отложений, которые в кровле свиты сменяются пролювиальными породами (4.5 м) с костными останками динозавров. На этих породах с размывом залегают гравийно-галечные отложения буреинской свиты (т.н. 17), озерно-болотные (с углистыми глинами и углем) (2.0 м) и пролювиальные (0.2 м) образования. На северо-западной окраине (т.н. 28) буреинская свита сложена преимущественно гравийно-галечными аллювиальными отложениями (до 16.0 м) с линзами каолинсодержащих песков и углистых глин (2.0–2.5 м). Рассмотренные отложения – горизонтального, реже наклонного (20–40°) залегания, и лишь на южной окраине площади они образуют системы брахи-

складок северо-восточного простирания с наклоном пород на крыльях 10–20° [10].

Дармаканская свита выделена условно по разрезам в карьерах, расположенных севернее с. Кундур, по более поздним (2020 г., 2022–2023 гг.) исследованиям авторов. Свита сложена галечниками и обломками кварцитов, сланцев и эффузивов с прослоями гравия с песчаным и пепловым заполнителем, образующими хаотично расположенные линзы и отдельные обособления с «катунами» и кусками глин преимущественно серой окраски.

Нижнезейская впадина. Геологическая история позднемелового-палеогенового этапа в платформенных условиях рассмотрена на южной половине Зейско-Буреинского бассейна, в пределах Нижнезейской впадины (рис. 5). На северо-западе впадина ограниче-



на Амуро-Мамыньским выступом, а на юго-востоке – Мал. Хинганом. Протяженность ее по долготе около 250 км, а по широте – от 150 до 200 км. Внутреннее строение этой структуры представлено в виде блоков широтного и северо-восточного простирания, отчетливо выраженных на территории Бол. Хингана и Буреинского массива. Начальная (маастрихтская) стадия их формирования связана с накоплением отложений удурчуканской и буреинской свит мощностью до 170 м, состав которых во многом определяется строением блоков. Завершающая (раннепалеогеновая) стадия этапа связана с расширением к северу площади аккумуляции осадков дармаканской свиты (100 м), включая толщу угленосных отложений (кивдинской свиты), с грубообломочным составом, высоким содержанием туфогенного материала, с эпизодической интрузивной деятельностью [12, 15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расшифровка геологической летописи позднего мела и раннего палеогена Приамурья свидетельствует о масштабности преобразований в течение кризисного этапа, которые авторы связывают с событиями планетарного уровня, обусловленными движением Индийской плиты относительно Евразии. Реконструкция этих движений указывает на периодичность процессов ускорения и замедления, которые на периферии Альпийско-Гималайского орогенного пояса фиксируются деформациями, метаморфизмом и магматизмом [26].

Авторы проанализировали влияние этих движений на структуры Зейско-Буреинского бассейна и его обрамление в интервале 83–64 млн лет, т.е. с кампанского века по даний включительно. С ускорением движений Индийской плиты в районе 70 млн лет и 62–61 млн лет связаны основные периоды преобразования Хингано-Буреинского прогиба и ограничивающих его массивов: резкое сокращение области маастрихтской аккумуляции со смещением фронта седиментации в северном направлении, локализация гравийно-галечных отложений у подножья Буреинского массива, в долине палео-Мутной, а озерно-болотных – на южной окраине бассейна. Наличие в разрезе маломощных линз бурых углей и углистых глин

свидетельствует о непродолжительных периодах осушения маастрихтского бассейна, отвечающих непродолжительным эпохам тектонической стабилизации в общем режиме снижения ускорения движений Индийской плиты. С этими движениями связано и неоднократное захоронение костных останков динозавров в раннем маастрихте в толщах пролювиальных образований. Указанные процессы во многом ассоциируются с высокой подвижностью Буреинского массива, сопровождавшиеся в дании активным вулканизмом и контрастными формами сопряжения в системе прогиб-поднятия, определявшими интенсивность процессов плоскостного смыва.

Вышеприведенные события в течение кампанского и маастрихтского веков в конечном итоге привели к необратимым изменениям ландшафта Хингано-Буреинского прогиба. В сантон-кампане территория юго-восточной окраины Зейско-Буреинского бассейна представляла собой аллювиальную равнину с растительностью саванноподобного типа с гумидным климатом [2].

В маастрихте и дании, по мнению авторов статьи, была сформирована система кризисных структур – предгорная депрессия и грабены с высоким уровнем вертикальных движений, интенсивным вулканизмом и возможно (не исключается) повышенной сейсмичностью. В соответствии с этим, в раннем маастрихте ареалы распространения рептилий были ограничены замкнутой экосистемой с деградирующим ландшафтом и постепенным вымиранием животных. Но пик кризиса наступил в конце раннего маастрихта с резкой интенсификацией тектонических движений на границе с Буреинским поднятием. Они обусловили активизацию процессов плоскостного смыва с поднятия в депрессию в виде грязевых потоков, сложенных пролювиальными образованиями.

Формирование позднемелового-раннепалеогенового этапа в пределах Зейско-Буреинского бассейна существенно отличается от ранее рассмотренного масштабностью, разнообразием процессов и продолжительностью их становления. Эти события рассмотрены на территории, расположенной между Амуро-Мамыньским выступом на севере и Мал. Хинганом – на юге (рис. 5). Совместно с Хингано-Буреинским прогибом эта территория представляет собой

Рис. 5. Структурная схема Нижнезейской впадины Зейско-Буреинского бассейна с элементами минерагении, по [14].

1 – горно-складчатое обрамление Нижнезейской впадины: Амуро-Мамыньский выступ, Туранский массив, Большой Хинган; 2 – докайнозойский фундамент; 3–5 – кризисные палеогеновые структуры: Полтавско-Воскресеновское и Сунь-Малохинганское поднятия (3), Сунь-Цзяиньская впадина (4), валы (5); 6 – основные тектонические нарушения: ПЗ – Призейское, ЗТ – Западнотуранское, СЛ – Селемджинское, ТМ – Томское, БР – Бурейское, ГБ – Горбыльское, НМ – Намуэрхэ, ХГ – Хинганское; 7 – угленосные площади: Белогорская (I), Еркевецко-Ромненская (II), Райчихинская (III), Архаро-Богучанская (IV); 8 – буроугольные месторождения (а), угленосные (б). Индексы на разрезе: нижнепалеогеновые отложения (P_1), в том числе кивдинской свиты (P_1kv), неогеновые отложения бузулинской (N_1bz) и сазансковской (N_1sz) свит. Граница между РФ и КНР проходит по р. Амур.

восточную окраину Центрально-Азиатского складчатого пояса, сопряженного с крупнейшими на Дальнем Востоке Зейско-Буреинским и Сунляо мезозойско-кайнозойскими бассейнами. Эти мегаструктуры сгруппированы в блоки северо-восточного простирания, ограниченные системами разрывных нарушений, легко читаемыми на мелкомасштабных геологических картах Евразии.

В пределах Зейско-Буреинского бассейна отдельные эпизоды позднемиоценового-раннепалеогенового этапа так же, как и в Хингано-Буреинском прогибе, хорошо коррелируются с эпохами ускорения и замедления движения Индийской плиты. Ускорения в интервале 83–64 млн лет отражают общий этап активизации структур Зейско-Буреинского бассейна и Буреинского массива с максимумами в начальной и финальной стадиях развития. Этап характеризуется высокими темпами прогибания в маастрихтском веке с миграцией фронта седиментации к северу и грубо-обломочным составом отложений в зоне сопряжения бассейн-массив. В обстановке «коробления» литосферы в осадочном чехле Зейско-Буреинского бассейна возникали локальные зоны сжатия и растяжения в виде кризисных высокопорядковых прогибов и валов северо-восточного и субширотного простирания. В этой обстановке важная роль принадлежала разрывным нарушениям, которые контролировали кризисные структуры и создавали высокую степень тектонической раздробленности фундамента и нижних горизонтов чехла Зейско-Буреинского бассейна.

Замедление движений Индийской плиты относительно Евразии в интервале 64–62 млн лет фиксирует границу буреинской и дармаканской свит с эпохой планации и образованием кор выветривания химического типа, а в 60–50 млн лет – отражает период формирования угленосных отложений кивдинской свиты. Эти события характеризуют завершающую (раннепалеогеновую) стадию развития, которая проходила в обстановке озерно-аллювиальной равнины с хорошо развитой гидросетью широтного и северо-восточного направлений, с истоками в пределах Буреинского массива, с системами валов (Лебяжье-Майкурский, Успенско-Албазинский и др.) и заболоченных понижений (прогибов) с торфяными болотами – будущих Ерковецкого и Райчихинского бурогольных месторождений раннепалеогенового возраста. Одновременно с обширными заболоченными площадями, периодически затопляемыми в процессе катастрофических наводнений, проходила деградация лесных массивов с высшей растительностью, которые в пределах валов подвергались интенсивной эрозии.

Интересные материалы по вышеприведенным месторождениям были получены в начале текуще-

го столетия сотрудниками Отделения региональной геологии и гидрогеологии ДВО РАН и учеными Австралии и Великобритании [17]. В углях этих месторождений были установлены высокие содержания инертинита, связанного с повышенными концентрациями углерода и пониженными – летучих веществ, что в сочетании с широким диапазоном показателей отражательной способности углей позволяет предполагать существование в раннем палеогене масштабных лесных пожаров и горений торфа. Существенно менялся ландшафт палеогена и за счет поступления большого количества вулканического пепла, распространенного по всему разрезу нижнепалеогеновых отложений и в виде прослоев и линз в углях кивдинской свиты.

Геолого-геодинамические преобразования, связанные с процессами одностороннего сжатия, обусловили также формирование зон деструкции вдоль активизированных разломов и на участках их сопряжения, которые фиксируются дегазацией и разгрузкой флюидов. Результатами газогеохимических исследований, проведенных в районе Ерковецкого бурогольного месторождения, установлена целая серия газовых аномалий He , H_2 , CO_2 и тяжелых углеводородов, которые естественно не способствовали улучшению ландшафта раннего палеогена [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что позднемиоценовые и палеогеновые геолого-геодинамические преобразования Приамурья связаны с движениями Индийской плиты относительно Евразии, создавшими обстановку одностороннего сжатия в северном направлении, проходившими в условиях периодического ускорения и замедления. Корреляция этих процессов с геолого-геодинамическими событиями на Евразийском континенте проведена для периода с 85 по 64 млн лет назад, т.е. с кампанского века по даний включительно, в Хингано-Буреинском межгорном прогибе и в Нижнезейской впадине Зейско-Буреинского бассейна.

В Хингано-Буреинском межгорном прогибе эти движения обусловили смещение областей позднемиоценовой седиментации в северном направлении с образованием кризисных структур – предгорной депрессии и грабенов в зоне сопряжения маастрихтского бассейна и Буреинского массива. С ними связаны масштабные процессы плоскостного смыка с массива в виде разнообразных генетических типов пролювиальных образований. Мощные грязевые потоки в конце раннего маастрихта обеспечили быстрый перенос, захоронение костей и отдельных фрагментов тел динозавров в пределах предгорной депрессии у подножия массива.

Геолого-геодинамические события позднемелового-раннепалеогенового этапа в Зейско-Буреинском бассейне сопоставимы со скоростными изменениями Индийской плиты. Установлено, что эпохи планации и формирования кор выветривания химического типа на границе маастрихта и дания, связаны с замедлением движения Индийской плиты, а ускорение характеризует завершающую (раннепалеогеновую) стадию развития рассматриваемого этапа, проходившего в обстановке расчленения озерно-аллювиальной равнины с образованием кризисных структур в форме валов и заболоченных понижений (впадин) с торфяными болотами. Ландшафт озерно-аллювиальных равнин постепенно деградировал также за счет эрозии валов, катастрофических наводнений и горения торфов.

Возникновение кризисной ситуации в Приамурье связано со сложными процессами взаимодействия Индийской плиты и Евразии. Импульсивность их проявления в периоды ускорения и замедления создала сложную геолого-геодинамическую обстановку на восточной окраине Евразийского континента с формированием кризисных структур, резко изменявшую экосистемы с деградацией ландшафтов с высокопродуктивной растительностью и захоронением динозавров. Эти эпизоды в различных геолого-геодинамических обстановках во многом индивидуальны, специфика которых определяется такими процессами как вулканизм, возможно сейсмическими явлениями и другими сопутствующими событиями, усилившими негативную обстановку позднемелового-раннепалеогенового этапа. По мнению авторов, масштабность и разнообразие этих событий свидетельствуют, что подобные кризисы на Земле в мезозойскую и кайнозойскую эры могут быть связаны только с планетарными преобразованиями.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность В.Н. Борисову (ИГиП ДВО РАН, г. Благовещенск) – за участие в экспедиционных работах, Т.В. Артеменко и А.А. Попову (ИГиП ДВО РАН) – за построение структурных схем и разрезов и Т.В. Дехнич (ИГиП ДВО РАН) – за оформление статьи.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания Института геологии и природопользования ДВО РАН (тема № 122041800127-8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бугдаева Е.В., Маркевич В.С., Сорокин А.П., Болотский Ю.Л. Стратиграфия // Флора и динозавры на границе мела и палеогена Зейско-Буреинского бассейна / Е.В. Бугдаева (ред.). Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 28–36.
- Бугдаева Е.В., Маркевич В.С. Проблема вымирания на границе мела и палеогена бассейна // Флора и динозавры на границе мела и палеогена Зейско-Буреинского бассейна / Е.В. Бугдаева (ред.). Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 108–112.
- Горбачев И.Ф., Тимофеев А.А. Стратиграфия меловых отложений Зее-Буреинской впадины // Геология и палеогеографические условия формирования мезозойско-кайнозойских континентальных впадин южной части Дальнего Востока. М.: Наука, 1965. С. 94–106.
- Заклинская Е.Д., Братцева Г.М., Красилов В.А. О палинофлоре стратотипа цагаянской свиты // Палеоботаника на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 28–31.
- Красилов В.А. Цагаянская флора Амурской области. М.: Наука, 1976. 92 с.
- Криштофович А.Н. Геологический обзор стран Дальнего Востока. Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1932. 330 с.
- Криштофович А.Н., Байковская Т.Н. Верхнемеловая флора Цагаяна в Амурской области // Криштофович. Избр. тр. М.; Л.: АН СССР, 1966. Т.3. С. 184–320.
- Решения IV межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья (Хабаровск, 1990). Объяснительная записка к стратиграфическим схемам. Хабаровск: ХГГП, 1994. 124 с.
- 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. Объяснительная записка к государственной геологической карте СССР. 1:200 000. Лист М-52-XXIX. Сер. Хингано-Буреинская. Л.: Недра, 1976. 61 с.
- Сорокин А.П. Краткий очерк геологии Зейско-Буреинского бассейна // Флора и динозавры на границе мела и палеогена Зейско-Буреинского бассейна / Е.В. Бугдаева (ред.). Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 7–24.
- Сорокин А.П., Сорокина А.Т., Каплун В.Б., Рождественская В.И., Попов А.А., Артеменко Т.В. Структуры дегазации и флюидопереноса в современных зонах деструкции литосферы Восточной окраины Центрально-Азиатского складчатого пояса // Тихоокеан. геология. 2017. Т. 36, № 5. С. 3–19.
- Сорокин А.П., Конюшок А.А., Кузьминых В.М., Артеменко Т.В., Попов А.А. Распределение кайнозойских металлоносных угленосных месторождений в Зейско-Буреинском осадочном бассейне (Восточная Сибирь): тектоническая реконструкция и палеогеографический анализ // Геотектоника. 2019. № 2. С. 33–45.
- Сорокин А.П., Дугин С.В. Редкие элементы и цветные металлы в палеогеновых буроугольных месторождениях Зейско-Буреинского осадочного бассейна (Приамурье, Дальний Восток): модели накопления, условия обогащения, критерии оценки ресурсного потенциала (Обзор) // Химия твердого топлива. 2024. № 1. С. 3–24.
- Сорокина А.Т., Сорокин А.П., Серов М.А., Попов А.А. Разломно-блоковые структуры Восточной окраины Амурской литосферной плиты, их сейсмичность и флюидный режим // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 1. С. 16–29.
- Яворовский П.К. Краткий очерк южной части Зейско-Буреинской третичной площади // Геол. исследования в золото-

- носной области Сибири. 1911. Вып. 11.
17. Crosdale P.J., Sorokin A.P., Woolfe K.J., Macdonald D.I.M. Inertinite-rich Tertiary coals from the Zeya-Bureya Basin, Far Eastern Russia // *Int. J. Coal Geology*. 2002. V. 51. P. 215.
 18. Itterbeeck J.V., Bolotsky Yu., Bultynck P., Godefroit P. Stratigraphy, sedimentology and palaeoecology of the dinosaur-bearing Kundur section (Zeya-Bureya Basin, Amur Region, Far Eastern Russia) // *Geological Magazine*. 2005. 142. N 6. P. 735–750.
 19. Jagoutz O., Royden L., Holt A.F., Becker T.W. Anomalously fast convergence of India and Eurasia caused by double subduction // *Nature Geoscience*. 2015. V. 8. P. 475–478.
 20. Lauters P., Bolotsky Y.L., Van Itterbeeck J., Godefroit P. Taphonomy and Age Profile of a Latest Cretaceous Dinosaur Bone Bed in Far Eastern Russia // *Palaio*. 2008. V. 23. P. 153–162.
 21. Maruyama S., Seno T. Orogeny and relative plate motions, an example of Japanese Islands // *Tectonophysics*. 1986. V. 127, N 3–4. P. 305–329.
 22. Molnar P., Pardo-Casas F., Stock J.M. The Cenozoic and Late Cretaceous evolution of the Indian Ocean Basin: uncertainties in the reconstructed positions of the Indian, African and Antarctic plates // *Basin Research*. 1988. V. 1, N 1. P. 23–40.
 23. Patriat P., Segoufin J. Reconstruction of the Central Indian Ocean // *Tectonophysics*. 1988. 155. P. 211–234.
 24. Sanchez-Valle C. Structure and thermodynamics of subduction zone fluids from spectroscopic studies // *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. 2013. V. 76, N 1. P. 265–309.
 25. Sorokin A.P., Konyushok A.A., Kuz'minykh V.M., Dugin S.V. Gold-Bearing Brown Coal Deposits of the Zeya-Bureya Sedimentary Basin (East Russia): Fundamental Model of Formation. *Minerals*. 2021. 11(7). 682.
 26. White L.T., Lister G.S. The collision of India with Asia // *J. Geodynamics*. 2012. V. 56–57. P. 7–17.
 27. Xing Yuling, Yu Tingxiang, Dong Huiming. The dinosaurs fossil locality in Jiain county of Heilongjiang province and its research history//*Heilongjiang Geology*. 1994. V. 5, N 1. P. 17–26. (in Chinese with English summary).

Рекомендована к печати А.И. Ханчуком

после доработки 26.08.2025 г.

принята к печати 17.09.2025 г.

GEOLOGICAL, GEODYNAMIC, MORPHOSTRUCTURAL AND LANDSCAPE TRANSFORMATIONS IN PRIAMURIE, THE FAR EAST OF RUSSIA, AT THE LATE CRETACEOUS-EARLY PALEOGENE BOUNDARY

A.P. Sorokin, Y.L. Bolotsky, S.V. Dugin

Institute of Geology and Nature Management, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russia; e-mail: dinomus@ascnet.ru

Geological and landscape transformations in Priamurie at the Late Cretaceous-Paleogene boundary were associated with movements of the Indian plate relative to the Eurasian plate, which resulted in a setting of one-way compression in a northern direction under conditions of fluctuating acceleration and deceleration. The influence of these changes on the structures of the Zeya-Bureya basin was analyzed for the 85 to 64 Ma interval ranging from the Campanian to Danian age. Along the periphery of the basin, around 70 Ma, they caused a number of regions of Maastrichtian sedimentation to reduce with the formation of «crisis» structures, that is, piedmont depressions and grabens dominated by coarse-grained gravel-cobble alluvial and mixed clayey-clastic proluvial sediments, which, under active sheet flood conditions, were transported by streams together with bones and body fragments of dinosaurs from the Bureya uplift to regions of their deposition and subsequent burial. In the central Zeya-Bureya basin, with the acceleration of the Indian plate movements (60–50 Ma), «crisis» processes were associated with the dissection of lacustrine-alluvial plains as well as the formation of ridges and swampy depressions, catastrophic floods, forest and peat fires, which overall led to abrupt landscape degradation. The above «crisis» episodes in various geological and geodynamic settings were supplemented with specific events – volcanism, degassing and possibly seismic events, which aggravated the negative situation in the Late Cretaceous to Early Paleogene stage.

Key words: landscape degradation, extinction of biota and dinosaurs, «crisis» structures, «crisis» stage, geological and geodynamic transformations, plate movement, Zeya-Bureya basin, Eurasian plate, Indian plate.