

На правах рукописи



Аднан Аль Хамуд

**КАЙНОЗОЙСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ФЛАНГАХ
ЮЖНО-БАЙКАЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ И В СЕЛЕНГИНО-ВИТИМСКОМ ПРОГИБЕ**

Специальности: 25.00.06 – Литология
25.00.01 – Общая и региональная геология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск, 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ»), г. Иркутск

**Научный
руководитель:**

Рассказов Сергей Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой динамической геологии Иркутского государственного университета (ФГБОУ ВО «ИГУ») и заведующий лабораторией изотопии и геохронологии, главный научный сотрудник Института земной коры Сибирского отделения РАН (ФГБУН ИЗК СО РАН).

**Официальные
оппоненты:**

Шишлов Сергей Борисович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой осадочной геологии Института наук о Земле, Санкт-Петербургский Университет;

Тесаков Алексей Сергеевич, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Геологического Института (ГИН РАН, Москва).

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева ИГМ СО РАН (Новосибирск).

Защита диссертации состоится «29» сентября 2022 г. в 14.30 часов на заседании диссертационного совета Д 002.215.02, созданного на базе ФГБУН ГИН РАН.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГЕМ (Москва, Старомонетный пер., 35, ИГЕМ РАН) автореферат размещен на сайте ГИН РАН.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять секретарю совета к.г.-м.н. Латышевой И.В. (119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр.1).

Тел. +7 (495) 959-34-96

e-mail: loam@mail.ru

Автореферат разослан «27» июня 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук
Латышева Ирина Валерьевна

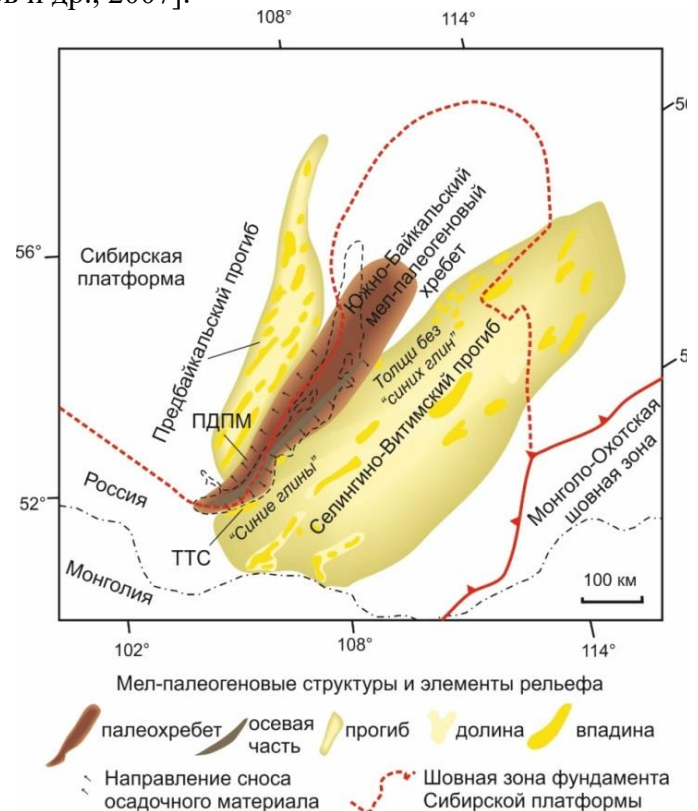


Введение

Актуальность. История формирования впадин оз. Байкал и суходольных впадин Байкальской рифтовой зоны слабо обоснована из-за фрагментарности имеющейся геологической информации. По представлениям Н.А. Логачева [Логачев, 1974, 2003; Logachev, 2001], Байкальская рифтовая зона развивалась от Южно-Байкальской впадины к ее юго-западному и северо-восточному окончаниям, начиная с палеоцена. Предполагалось, что палеоценовые слои залегают ниже эоцен-олигоценовой части разреза, вскрытой в 1950-х гг. скважиной Степной Дворец в дельте р. Селенга на глубинах 2550–3100 м [Замараев, Самсонов, 1959]. В береговых обнажениях и скважинах Южного Байкала палеоценовых отложений до сих пор не известно, хотя пограничные слои мела-палеогена распространены на обоих флангах Байкальской рифтовой зоны, в Селенгино-Витимском и Предбайкальском прогибах, в которых седиментация началась приблизительно в одно время – в кампане-маастрихте [Логачев, 1974; Логачев и др., 1964; Павлов и др., 1976; Рассказов и др., 2007].

В мелу и палеогене между прогибами, на месте современной Южно-Байкальской впадины, могло находиться поднятие, относительно которого прогибы изначально оформились как фланговые предгорные тектонические структуры (рис. 1). Актуальность работы определяется необходимостью выяснения роли мел-палеогенового Южно-Байкальского поднятия и определения характера развития неоген-четвертичных поднятий и впадин на основе анализа литостратиграфических комплексов.

Рис. 1. Схема реконструкции основных морфоструктур мел-палеогенового рельефа на юге Восточной Сибири [Рассказов, Коломиец, Будаев, Чувашова, Аль Хамуд и др., 2021]. Для ориентировки черной штриховой линией показан контур современного оз. Байкал. Районы исследований: Селенгино-Витимский прогиб и фланги Южно-Байкальской впадины (ТТС – Танхойская тектоническая ступень, ПДПМ – палеодолина Пра-Манзурки).



Цель исследования – установить характер тектонического развития флангов Южно-Байкальской впадины в соотношении с развитием Селенгино-Витимского прогиба.

Основные задачи:

1. Провести литолого-фациальные, биостратиграфические, гранулометрические и минералогические исследования кайнозойских осадочных отложений на побережье Южного Байкала (на Танхойской тектонической ступени южного побережья и в палеодолине Пра-Манзурки – северо-западного) и в Селенгино-Витимском прогибе.
2. Определить возраст стратонов по результатам палинологического анализа осадочных отложений.
3. Провести корреляцию осадочных отложений побережья оз. Байкал с отложениями Селенгино-Витимского прогиба.
4. Определить главный рубеж структурной перестройки Южно-Байкальской впадины, которая привела к образованию современного глубокого Байкала.

5. Выполнить сравнительный анализ геохимических характеристик осадочных отложений по латерали Южного Байкала.

Научная новизна. На Танхойской тектонической ступени впервые охарактеризованы эоценовые и олигоценые отложения мишихинской толщи на южном побережье оз. Байкал и охарактеризован полный разрез осадочных стратонав с эоцена до плейстоцена. Возраст изученных стратонав опорного Мишихинского разреза обоснован спорово-пыльцевыми спектрами, которые отнесены к трем палинозомам: I – эоцена–олигоцена, II – раннего-среднего миоцена и III – позднего миоцена–начала плиоцена. Отложения мишихинской толщи скоррелированы с отложениями иренгинской и кулариктинской свит Селенгино-Витимского прогиба. Обоснована новая гипотеза развития новейшей структуры юга Восточной Сибири, в которой неоген-четвертичному этапу развития впадин и поднятий Байкальской рифтовой зоны предшествовало мел-палеогеновое Южно-Байкальское поднятие с развитием Предбайкальского и Селенгино-Витимского периферических прогибов. На южном побережье Байкала, в опорном Мишихинском разрезе, впервые для Байкальской рифтовой зоны обнаружено опрокинутое залегание эоцен-нижнеплиоценовой толщи и сделан вывод о проявлении существенных тектонических движений в начале плиоцена. На северном побережье Байкала, в палеодолине Пра-Манзурки, впервые идентифицированы нижнеплиоценовые отложения, обозначившие вероятное начало стока из оз. Байкал через палеодолину Пра-Манзурки в начале плиоцена.

Практическая значимость. Полученные новые данные о строении нижней части разреза Танхойской тектонической ступени составляют литолого-стратиграфическую и палеонтологическую основу для выделения нового (мишихинского) стратона конца эоцена–олигоцена, который может быть введен в серийную легенду карт в качестве местного стратиграфического подразделения.

Фактический материал и методы исследования. При полевых работах отобрано более 500 образцов. Гранулометрический анализ осадочных отложений проводился в лаборатории Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ). Гранулометрический состав глинистых отложений определялся методом пипетки в лаборатории геологии мезозоя и кайнозоя ИЗК СО РАН. Минералы легкой и тяжелой фракций определялись также в этой лаборатории. Для изучения минералогических составов глинистых фракций использован комплекс методов (рентгенофазовый анализ в ИЗК СО РАН и электронно–микроскопический в ЛИН СО РАН). Определения петрогенных оксидов в породах выполнены в ИЗК СО РАН методом «мокрой химии». Микроэлементный состав пород определен методом индуктивно-связанной плазменной масс-спектрометрии (ИСП МС) с использованием масс-спектрометра Agilent 7500с в ЦКП Микроанализ (ЛИН СО РАН). Спорово-пыльцевые спектры отложений разреза определялись в биостратиграфической лаборатории ВГУ и в лабораториях геологии мезозоя и кайнозоя ИЗК СО РАН и экологической геохимии и эволюции геосистем ИГХ СО РАН. Состав диатомовых водорослей изучался на световом микроскопе и сканирующем электронном микроскопе ЛИН СО РАН. Фотографии шлифов выполнены с использованием микроскопа в лаборатории изотопии и геохронологии ИЗК СО РАН. Для обработки данных палинологического анализа и химического состава пород применен факторный анализ с использованием программы Statistica 12.

Личный вклад автора. Автор участвовал в полевых работах 2016–2019 гг. на северо-западном и южном побережье Байкала, составил опорные разрезы: Мишихинский, Дулихинский, Аносовский и разрез Косая Степь-3, осуществлял подготовку образцов для литологических и геохимических исследований, проводил гранулометрический анализ осадочных отложений и обобщал фактические материалы. Занимался пробоподготовкой и обработкой материалов по осадочным отложениям Селенгино-Витимского прогиба. Кроме того, автор участвовал в полевых работах в Тункинской и Баргузинской долинах, проводил

общую корреляцию стратонов территорий и сопоставление литогеохимических данных, полученных по разновозрастным осадочным породам центральной части Байкальской рифтовой системы.

Достоверность результатов работы. Фактический материал представлен результатами гранулометрического анализа, определениями микроэлементов и состава петрогенных оксидов проб. Также был проведен рентгенофазовый анализ и определения минералов легкой и тяжелой фракций. Получены новые палинологические данные. Для получения достоверных результатов исследования проводились с использованием современных методик пробоподготовки и высокоточных, аттестованных аналитических методов в центрах коллективного пользования ЛИН СО РАН (г. Иркутск) и ИЗК СО РАН (г. Иркутск). Гранулометрический анализ проведен в специализированной лаборатории ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ). Палинологические определения проводились по стандартным методикам в ФГБОУ Воронежского государственного университета (г. Воронеж), ИЗК СО РАН (г. Иркутск) и ИГХ СО РАН им. А.П. Виноградова (г. Иркутск).

Защищаемые положения.

1. Впадины Западного Забайкалья, заполненные осадочными отложениями, распространялись от осевой части Селенгино-Витимского прогиба до краевой Танхойской тектонической ступени будущей Южно-Байкальской впадины начиная с эоцена.

2. Глубокая озерная Южно-Байкальская впадина образовалась после раннеплиоценовой структурной перестройки, в результате которой на ее южном фланге были опрокинуты эоцен-нижнеплиоценовые слои и на северо-западном фланге начался Ленский сток из оз. Байкал через палеодолину Пра-Манзурки.

3. Источники осадочного материала в Западном Забайкалье последовательно менялись в течение олигоцена и миоцена, а в палеодолинах восточной и западной частей Танхойской тектонической ступени оставались постоянными в течение эоцена-миоцена. После раннеплиоценовой структурной перестройки в составе осадочного материала восточной части тектонической ступени и палеодолины Пра-Манзурки преобладал материал дезинтегрированных юрско-меловых отложений.

Апробация работы и публикации. Результаты исследований, положенные в основу диссертационной работы, докладывались на конференциях: «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)» (ИЗК СО РАН, Иркутск, 2016), научной конференции студентов и молодых ученых по наукам о Земле (ИГУ, Иркутск, 2016), Всероссийских молодежных конференциях «Строение литосферы и геодинамика» (ИЗК СО РАН, Иркутск, 2017, 2019), Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Геонауки 2018: Актуальные проблемы изучения недр», посвященной памяти профессора В.Д. Маца (Иркутск, ИРННТУ, 2018), XII Российско-монгольской международной конференции (Иркутск, 2018), Всероссийском литологическом совещании "Литология осадочных комплексов Евразии и шельфовых областей" (КФУ, Казань, 2019), Всероссийском симпозиуме с международным участием, посвященном 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева «Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы» (ИЗК СО РАН, Иркутск, 2019), Четвертой международной конференции по палеолимнологии, Седьмой Верещагинской Байкальской конференции (ЛИН СО РАН, Иркутск, 2020) и Всероссийской конференции «Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы», посвященной памяти профессора С.И. Шермана (ИЗК СО РАН, Иркутск, 2021). По теме диссертации опубликовано 25 работ, из них 5 статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 121 наименований и 4 приложений. Работа содержит 186 страниц текста и 75 рисунков.

Благодарности. Работа выполнена на кафедре динамической геологии ИГУ в Совместной лаборатории современных методов исследований в динамической и инженерной геологии ИГУ и ИЗК СО РАН. Автор выражает глубокую и искреннюю благодарность научному руководителю д.г.-м.н., профессору С.В. Рассказову, а также И.С. Чувашовой (ИЗК СО РАН, ИГУ) за предоставленные материалы и обсуждение полученных результатов; В.Л. Коломийцу, Р.Ц. Будаеву (ГИН СО РАН) за предоставленные материалы и обсуждение полученных результатов гранулометрического анализа; Т.А. Ясныгиной и М.Е. Марковой (ИЗК СО РАН) за выполненные аналитические определения микроэлементов в породах методом ИСП-МС; Г.В. Бондаревой и М.М. Самойленко (ИЗК СО РАН) за выполненные аналитические определения петрогенных оксидов в породах; палинологам Н.В. Кулагиной (ИЗК СО РАН), С.А. Решетовой (ИГХ СО РАН им. А.П. Виноградова) и Т.Ф. Трегуб (ФГБОУ ВО) за выполненные анализы спор и пыльцы; В.В. Акуловой и М.Н. Рубцовой (ИЗК СО РАН) за выполненные рентгенометрические анализы и определения гранулометрического состава глинистых отложений; Е.Г. Поляковой (ИЗК СО РАН, г. Иркутск) за определения минералов легкой и тяжелой фракций, М.В. Усольцевой (ЛИН СО РАН) и А. Хассану (ИЗК СО РАН) за результаты диатомового анализа. Работы выполнены при частичном финансировании грантом РФФИ № 18-35-00417 мол_а. Автор благодарит д.г.-м.н., профессора А.Ю. Казанского и к.г.м.н. А.С. Тесакова за подробный анализ работы и критические замечания, способствовавшие улучшению содержания диссертации.

Глава 1. Обзор предшествующих исследований

Впервые геологическое строение южного побережья Байкала было описано Г.Б. Пальшиным [1955]. Он отметил, что наиболее древние кайнозойские отложения залегают на пачке синих глин и по изученным опорным разрезам разделил их на танхойский, мишихинский и клюевский фациальные комплексы. Основываясь на литолого-фациальных особенностях разрезов, Н.А. Логачев [1958, 1974] объединил выделенные Г.Б. Пальшиным фациальные комплексы в «угленосную» свиту и отнес ее к верхнему олигоцену-нижнему плиоцену. Этот возрастной интервал свиты, названной танхойской, был подтвержден последующими работами [Решения..., 1981, Мац, 1985; Черняева, Попова, 1993]. Озерно-болотная фация отложений танхойской свиты относилась также к верхнему олигоцену-верхнему миоцену, а грубообломочные аллювиальные отложения выделялись в самостоятельную осиновскую свиту миоцена-нижнего плиоцена [Мац и др., 2001]. Аносовская (охристая) свита датировалась верхним плиоценом – эоплейстоценом [Логачев, 1958, 1974]. В стратотипе свиты р. Аносовка ниже верхнеплиоценовых-эоплейстоценовых отложений были вскрыты верхнемиоценовые глины. Утверждалось, что это стратиграфическое подразделение невалидно и предлагалось выделить новый стратотип верхнеплиоценовых-эоплейстоценовых отложений рыжей толщи валунных галечников в дорожной выемке на водоразделе рек Шанхаиха и Хара-Мурын под названием «шанхаихинская свита» [Мац и др., 2001]. В обобщении материалов по стратиграфии осадочных отложений Танхойской тектонической ступени [Рассказов и др., 2014] приведена детальная характеристика стратотипических и опорных разрезов стратонав и палеонтологическое обоснование возраста дотанхойских (верхнеолигоценовых) синих глин, миоцен-нижнеплиоценовой танхойской и верхнеплиоценовой-эоплейстоценовой аносовской свит.

Проблема Енисейского стока из оз. Байкал через Пра-Иркут была поставлена более 100 лет назад И.Д. Черским. Позже детально изучались отложения Голоустенско–Манзурской

палеодолины (Пра–Манзурки), обозначившие Ленский сток из оз. Байкал. Предполагалось, что в палеодолину был спроецирован обломочный материал юрских конгломератов байкальской свиты, останцы которой сохранились в верховьях палеодолины на Приморском хребте, [Логачев и др., 1964; Адаменко и др., 1971]. Был сделан вывод об образовании Ленского стока до поднятия Приморского хребта [Логачев и др., 1974; Осадчий, 1987; Кононов, 1988, 2005].

Первые упоминания о геологии Западного Забайкалья содержатся в трудах И.А. Лопатина (дневники Витимской экспедиции 1895 г.). В монографии 1960 г. «Мезокайнозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья» Н.А. Флоренсовым приведена краткая характеристика неогена Витимского плоскогорья с использованием данных С.Г. Мирчинк, А.Н. Григорьевой и С.Д. Шера. При геологическом картировании территории в 1960-х годах П.В. Осокиным по материалам М.А. Гладшева, В.С. Аносова и др. была выделена плиоцен-четвертичная чининская свита, В.Г. Беличенко и др. [1962] – мохейская свита пограничных слоев мела и палеогена, А.С. Ендрихинским – джилиндинская свита среднего-верхнего миоцена. Позже А.И. Киселёвым и др. [1979] были охарактеризованы обнаженные на поверхности базальты Витимского вулканического поля и Д.Б. Базаровым и др. [1984] и С.В. Рассказовым и др. [1985, 2000] составлены разрезы вулканогенно-осадочных толщ с К–Аг датированием базальтовых слоев в буровых скважинах. Синтез материалов по геологии Западного Забайкалья с полной схемой стратиграфии осадочных отложений и вулканических пород приведен в монографии [Рассказов и др., 2007].

Глава 2. Объекты и методики аналитических исследований

На южном побережье Байкала исследовались четыре опорных разреза Танхойской тектонической ступени, занимающей промежуточное положение между поднятием хр. Хамар-Дабан и опусканием днища Южно-Байкальской впадины. Изучались осадочные отложения опорных разрезов: Мишихинского, Дулихинского, Половинкинского и Аносовского. Мишихинский разрез вскрыт в 2014 г. при проходке полотна трассы Иркутск–Удан–Удэ в приустьевом правобережном районе р. Мишиха. К востоку от автомобильного моста задокументирована южная расчистка (в 600 м) и северная расчистка (в 1100 м). Дулихинский разрез опробован в старом придорожном карьере. Половинкинский и Аносовский разрезы составлены по естественным обнажениям речных долин. На северном побережье Байкала, в палеодолине Пра-Манзурка, исследован разрез, вскрытый новым карьером Косая Степь-3. В Селенгино-Витимском прогибе изучены разрезы осадочных и вулканогенно-осадочных пород, вскрытых скважинами 8238, 8245 и 8182 в верховьях Хойготской стволовой палеодолины.

В лабораторных исследованиях терригенных песчано-глинистых пород использовались методы анализа, дающие информацию для определения их возраста и генетических, фациальных и палеогеографических реконструкций (гранулометрический, минералогический, рентгеноструктурный спектральный, электронно-микроскопический, химический, палинологический и диатомовый). Для обработки данных палинологического анализа и химического состава пород применялся факторный анализ с использованием программы Statistica 12 методом главных компонент без ротации.

Гранулометрический анализ проводился в ГИН СО РАН (г. Улан–Удэ). Пробы весом не менее 500 г (точность весов 0,01 г) рассеивались на стандартном наборе строительных сит КСИ (40; 20; 10; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 мм). Получались фракции (>40; 40–20; 20–10; 10–5; 5–2,5; 2,5–1,25; 1,25–0,63; 0,63–0,315; 0,315–0,14; <0,14 мм) щебня (гальки) и гравия по ГОСТ 8269.0–97, песка и глинистых частиц – по ГОСТ 8735–88. По результатам отсева рассчитывалось содержание каждой фракции в процентах [Коломиец, 1998].

Гранулометрический состав глинистых отложений определялся в лаборатории инженерной геологии и геоэкологии ИЗК СО РАН В.В. Акуловой (г. Иркутск) методом пипетки

(по скорости падения частиц в воде) двумя способами подготовки образца: полудисперсным (стандартным) и дисперсным [Ломтадзе, 1990]. Первый способ предполагает предварительное кипячение водной суспензии образца с добавлением (1 см³) раствора аммиака (25%), второй проводится с добавлением (5 см³) водного пирофосфата натрия (6.7%). В результате анализа определяется содержание (%) пяти фракций (мм): среднеспесчаной (0.5–0.25); тонко–мелкопесчаной (0.25–0.05); крупнопылевой (0.05–0.01); мелкопылевой (0.01–0.002); тонко–грубоглинистой (<0.002). Принимаются названия отложений по классификации глинистых пород В.В. Охотина, в основу которой положено содержание глинистой фракции (<0.002 мм) и отношение между песчаной и пылевой фракциями по результатам гранулометрического анализа со стандартным способом подготовки образца [Иванов, 1990].

Минералогический состав глинистых фракций определялся рентгенофазовым и электронно–микроскопическим методами. Рентгенофазовый анализ выполнялся методом порошковой дифракции на рентгеновском дифрактометре ДРОН–3.0 в ЦКП «Геодинамика геохронология» ИЗК СО РАН (измерения и обработка данных М.Н. Рубцовой). Для идентификации глинистых минералов подготавливался ориентированный материал пробы осаждением глинистой фракции на стеклянной подложке прогреванием при температуре 550° в течение 3-х часов и насыщением этиленгликолем [Рентгеновские методы..., 1965]. В расчётах по корундовым числам методом RIR [Hubbard C.R., Snyder R.L. RIR, 1988] получались данные полуколичественного анализа фаз порошковых проб. Электронно-микроскопический анализ выполнялся на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Quanta-200 FEI Company с ЭДС-спектрометром ЦКП «Ультрамикродиагностика» ЛИИ СО РАН (г. Иркутск), Метод позволяет выполнять исследования на небольшом образце в широком диапазоне увеличений от оптических (увеличение 10×) до электроннооптических (увеличение 50 000× и более).

Минералы легкой фракции (с удельным весом менее 2.88 г/см³) и тяжелой фракции (с удельным весом более 2.88 г/см³) определялись в лаборатории геологии мезозоя и кайнозоя ИЗК СО РАН Е.Г. Поляковой в иммерсионных препаратах. Применялся метод отмучивания (0.05–0.01 и <0.001 мм) и последующего рассева на ситах (>1.0; 1.0–0.5; 0.5–0.25; 0.25–0.1 и 0.1–0.05 мм) из исходной навески в 30 г (100%) по методике [Страхов, 1957].

В легких минеральных фракциях (0.25–0.1 мм) и тяжелых (0.1–0.05 мм) выделялись классы, соответственно, 0.25–0.1 и 0.1–0.05 мм. Проба помещалась в фарфоровую чашку, заливалась бромформом и накрывалась стеклом на 2 часа. Тяжелая фракция осадка опускалась на дно чашки, легкая всплывала. В колбу помещалась воронка с двумя фильтрами для слива бромформа. Тяжелая фракция осадка оставалась в чашке, легкая – на фильтре. Тяжелая фракция сухой пробы взвешивалась (в мг) на аналитических весах с точностью до 4 знака. Вес легкой фракции определялся вычитанием веса тяжелой фракции из общего веса 4–го и 5–го классов с точностью до 2 знака. Стеклышко для пробы взвешивалось и очищалось кисточкой после каждого взвешивания. Количественное процентное содержание минералов в пробе определялось из расчета 500 проанализированных зерен – 100%.

Для представительных образцов опорных скважин изготовлены шлифы. Петрографические исследования образцов керн проводились на поляризационном микроскопе OLYMPUS–BX53 P в лаборатории изотопии и геохронологии ИЗК СО РАН для уточнения названия пород, выявления структурных особенностей, изучения минерального состава и выявления вторичных изменений.

Аналитические исследования химического состава пород проводилось в ИЗК СО РАН. Определения петрогенных оксидов в породах выполнялись методом «мокрой химии» (химики-аналитики Г.В. Бондарева, Н.Н. Ухова, М.М. Самойленко). Просушиванием пробы при температуре 105 °С удалялась гигроскопическая вода (H₂O) и прокаливанием при температуре 950 °С – другие летучие компоненты (ППП). Высокотемпературным прогревом из осадочных

пород извлекалась конституционная вода минералов (в том числе глинистых) и отжигался детритовый органический материал. Микроэлементный состав пород определялся методом индуктивно-связанной плазменной масс-спектрометрии (ИСП–МС) на приборе Agilent 7500ce в ЦКП «Ультрамикроанализ» (ЛИН СО РАН) (химическая подготовка проб М.Е. Марковой, измерения и обработка данных Т.А. Ясныгиной). Методика охарактеризована в работе [Рассказов и др., 2012].

Спорово–пыльцевые спектры отложений разреза определялись в лабораториях ФГБОУ ВО (палинолог Т.Ф. Трегуб, г. Воронеж), ИЗК СО РАН (палинолог Н.В. Кулагина, г. Иркутск) и ИГХ СО РАН (палинолог С.А. Решетова, г. Иркутск). Палинологический мацерат просматривался с помощью светового микроскопа Zeiss Axiolab при увеличении 400х и 630х раз. Объем пыльцы групп растительности и каждого таксона рассчитывался от общего числа в спектре. Название палинозоны давалось по характерным таксонам и доминантам, которые указывались в порядке возрастания слева направо.

Диатомовые водоросли исследовались в ЛИН СО РАН, г. Иркутск (диатомист М.В. Усольцева) с помощью световой (СМ) и сканирующей электронной микроскопии Quanta-200. Для СМ готовились постоянные препараты с помощью смолы Naphrax. Изучение и фотографирование створок выполнялось с помощью светового микроскопа Axiovert 200 (Zeiss, Германия) с фотокамерой Рихера Penguin 600CL. Методика охарактеризована в работе [Хассан и др., 2020].

Глава 3. Схемы стратиграфии кайнозойских отложений на побережье оз. Байкал и в Западном Забайкалье

В принятой серийной легенде карт южного побережья Байкала, на Танхойской тектонической ступени, обозначены две свиты: танхойская и ановская. Стратоны представлены фрагментами дотанхойской толщи палеогена–нижнего миоцена и повсеместно развитыми отложениями танхойской угленосной свиты миоцена–нижнего плиоцена, ановской красноцветной свиты верхнего плиоцена–эоплейстоцена и песчаной свиты с синхронными полифациальными отложениями плейстоцена–голоцена. Дотанхойские отложения находятся в виде фрагмента горизонта «синих глин» в основании разреза р. Осиновка-Кедровая. Этот горизонт встречен в новом (Мишихинском) опорном разрезе с наращиванием вниз более древнего (эоценового) стратона [Аль Хамуд и др., 2019, 2021]. По уточненной схеме стратиграфии выделяются:

- мишихинская толща (эоцен-олигоцен);
- танхойская свита (миоцен–нижний плиоцен), два типа разреза: танхойский ($N_1-N_2^1$ tn) и мишихинско-ключевский ($N_1-N_2^1$ tn(ms-kl));
- осиновская свита $N_1^{1-2?}-N_2^1$ os (ранний-средний? миоцен–нижний плиоцен);
- перерыв, кора выветривания монтмориллонит-каолининовая под обоими стратонами;
- ановская (охристая) свита N_2-Q_{E1} an (плиоцен–эоплейстоцен?);
- шанхайская свита $N_2^{2-3}-Q_{E1}$ sh (средний-верхний плиоцен–эоплейстоцен?).

В Западном Забайкалье разрез начинается мел–палеогеновыми переходными слоями мохейской свиты, не имеющими стратиграфических аналогов в осадочном наполнении осевых рифтовых впадин. Выше следуют эоценовая иренгинская свита, олигоценная кулариктинская свита (сосновоозерская толща), средне-верхнемиоценовая джиллиндинская свита, плиоценовая хойготская и плейстоценовая береинская толщи.

На северо-западном побережье Байкала, в Предбайкальском прогибе, возрастной диапазон отложений подобен возрастному диапазону отложений Западного Забайкалья в Селенгино-Витимском прогибе – от маастрихта до квартера. Манзурский аллювий этой территории помещался стратиграфически выше красноцветной формации верхнего неогена и

ниже фаунистически охарактеризованного (корбикулами и остатками млекопитающих, соответствующих тираспольскому комплексу фауны) ангинского аллювия нижнего плейстоцена.

Глава 4. Литолого-фациальная характеристика и обоснование возраста осадочных отложений в опорных разрезах

На Танхойской тектонической ступени составлен Мишихинский разрез в южной и северной расчистках. В южной расчистке протяженностью около 250 м выделяется 6 пачек с субгоризонтальным залеганием (рис. 2 а) [Аль Хамуд и др., 2019]: 1) полифациальная, охристая; 2) «синих глин», 3) преимущественно алевроитовая с прослоями бурого угля; 4) песчано-алевритовая с фрагментами «синих глин»; 5) песчаная и 6) валунно-галечная. По составу спорово-пыльцевых спектров четыре нижние пачки датируются, соответственно, верхним эоценом, верхним олигоценом, нижним миоценом, средним-верхним миоценом. Две верхние пачки относятся к квартеру. Первые две пачки относятся к мишихинской толще, третья пачка – к танхойской свите, четвертая – к осиновской свите, пятая и шестая – к перекрывающему осадочному покрову. Предполагается, что эоцен-олигоценовая мишихинская толща формировалась с существенной составляющей глинистого материала в слабо расчлененном Селенгино-Витимском прогибе. «Синие глины» маркировали размыв милонитов шовной зоны Сибирского кратона на Южно-Байкальском поднятии, разделявшем Предбайкальский и Селенгино-Витимский прогибы в мелу и палеогене. Нижнемиоценовый слой танхойской свиты по-прежнему обозначал поступление глинистого материала в условиях слабо расчлененного рельефа. При нарастании его контрастности в среднем-позднем миоцене глинистый материал танхойской свиты сменился обломочным аллювиальным материалом осиновской свиты, транспортированным с хр. Хамар-Дабан. Распространение глинистого материала в верхней части осиновской свиты свидетельствовало о размыве накопленных прежде эоцен-нижнемиоценовых отложений. Новая четвертичная перестройка рельефа, связанная с оформлением глубокого Байкала, выразилась в общем размыве Танхойской тектонической ступени и накоплении на ее поверхности песчаного и грубообломочного покровов.

В северной расчистке различаются наклоненные толщи ее западной и восточной частей, перекрытые с размывом субгоризонтально залегающей галечниковой пачкой (рис. 2 б) [Аль Хамуд и др., 2021]. В западной части расчистки представлена мишихинская толща (ms), в восточной – мишихинская толща и танхойская свита (соответственно, ms и tn). Протяженность расчистки около 700 м, большая часть которой приходится на восточную часть. Возраст отложений обоснован спорово-пыльцевыми спектрами, которые отнесены к трем палинозомам: I – эоцена-олигоцена, II – раннего-среднего миоцена и III – позднего миоцена-начала плиоцена. В отличие от олигоценовых «синих глин» южной расчистки, олигоценовые отложения северной расчистки имеют бурый цвет. Результаты гранулометрического анализа, рентгенофазового анализа минерального состава и литогеохимические данные свидетельствуют об аллювиальном составе стратонов северной расчистки при отсутствии отложений лимнической фации.

Слои западной части северного фрагмента Мишихинского разреза имеют нормальную стратиграфическую последовательность от эоцена к олигоцену. Слои его восточной части испытали существенные тектонические деформации, в результате которых произошло опрокидывание залегания слоев от эоцена до начала плиоцена. Нижний предельный возраст деформаций определен по наиболее молодому спорово-пыльцевому спектру слоя начала плиоцена, контактирующего со слоем олигоцена. Смещение слоев произошло в начале позднеорогенного этапа развития структуры Южно-Байкальской впадины, в результате которого образовался глубокий Байкал.

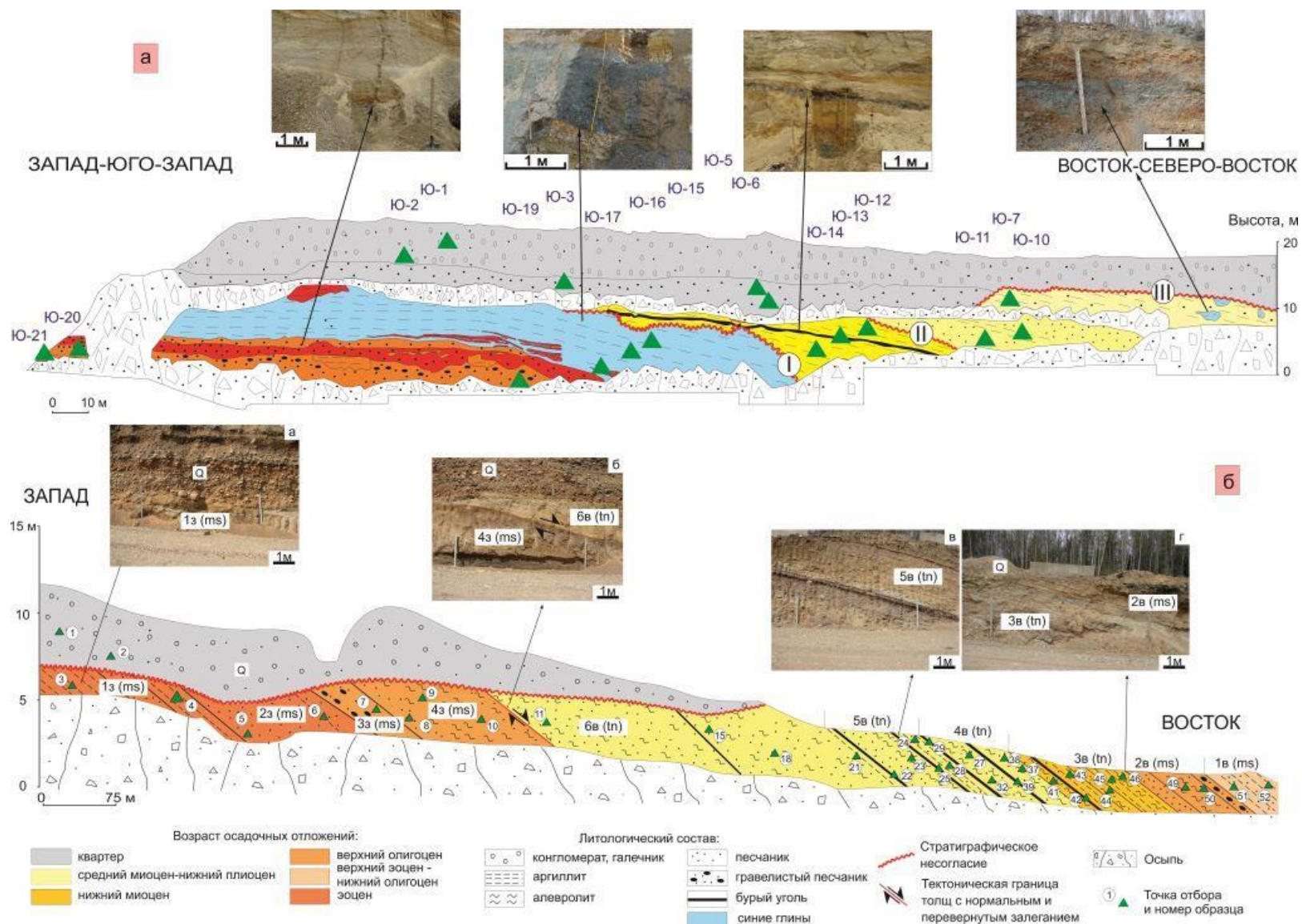


Рис. 2. Схема строения и опробования южной (а) и северной (б) расчисток Мишихинского опорного разреза [Аль Хамуд и др., 2019; 2021].

Осиновская свита была выделена в западной части Танхойской тектонической ступени со стратотипом, охарактеризованным по р. Осиновка-Кедровая [Мац и др., 2001]. В Дулихинском карьере свита представлена гравийно-галечниковыми отложениями, хорошо промытыми, слабо обохренными, с наклонной слоистостью. Литологический состав варьируется от гравийника ($x^*=1.82$ мм) до средней гальки ($x^*=26.81$ мм) (рис. 3 а). Для отложений характерно отсутствие сортировки ($\sigma =3.48-31.9$). Гранулометрический состав характеризуется асимметрией с модальным сдвигом в сторону крупных частиц ($\alpha>0$). По значениям коэффициента вариации ($v=1.19-1.91$) отложения имеют аллювиальный генезис (рис. 3 б).

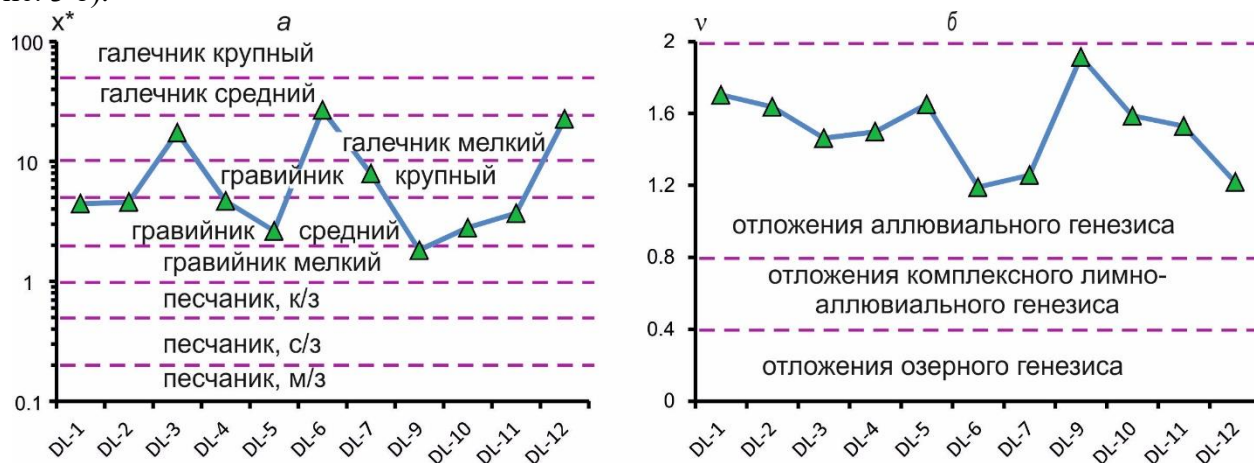


Рис. 3. Данные гранулометрического анализа для отложений Дулихинского разреза (обр. DL-1 – DL-12, снизу вверх): а – средневзвешенный диаметр частиц x^* , б – коэффициента вариации v .

Танхойская свита выделена в центральной части Танхойской тектонической ступени со стратотипом в районе ст. Танхой [Кашик и др., 1973]. В разрезе по р. Половинка (в 14 км восточнее ст. Танхой) находится единственное крупное местонахождение ископаемой фауны регионального и межрегионального значения. Этот разрез принят в качестве гипостратотипа танхойской свиты [Рассказов и др., 2014]. Обнажения изучены по обоим берегам реки. Падение слоев в разрезе северо-северо-западное, редко северо-восточное (простираение $10-20^\circ$) под углами $15-20^\circ$, на отдельных участках – до 40° (рис. 4). Из разреза отобрано 5 проб на палинологический анализ. Образец P1-1, наиболее полный по видовому и количественному составу спор и пыльцы, соответствует нижнему-среднему миоцену. Другие пробы не противоречат этому возрасту, но содержат ограниченное количество видов. Выявлены единичные миоспоры.

В Аносовском опорном разрезе наблюдаются две толщи: нижняя (пачки 1–3) и верхняя (пачки 4–6) (рис. 5). Нижняя толща представлена плотными глинами синего цвета, сменяющимися вверх по разрезу серовато-коричневыми алевролитами и алевропесками. В глинистых частицах синего слоя методом СЭМ определено содержание S от 7.6 до 10.4 мас.%, свидетельствующее о накоплении этого слоя в виде сапропелевых илов замкнутого водоема. Верхняя толща сложена охристым, горизонтально-слоистым грубообломочным материалом. Она имеет пестрый литологический состав от среднезернистых песков ($x^*=0.43$ мм) до мелкой гальки ($x^*=17.82$ мм). Из образцов 1–9 (пачки 1–2 нижней толщи) выделены представительные спектры спор и пыльцы. По таксономическому и количественному составу спектры близки между собой, поэтому рассматриваются в пределах одной палинозоны в рамках позднего миоцена (доминанты по возрастанию): ПЗ 1 – *Taxodiaceae*–*Tsuga*–*Carya*–*Quercus*–*Plex*–*Alnus*–*Picea*–*Pinus* s/g *Harpoxylon*. Эта часть разреза коррелируется с танхойской свитой. Выше по

разрезу из образцов 10, 12, 14, 19, 21 выделены единичные экземпляры пыльцевых зерен бореальных родов растений: березы, ели, ольхи, сосны; трав и спор, обилия которых недостаточно для проведения реконструкций. Из образца 17 (пачка 5) получен спорово-пыльцевой спектр ПЗ 2, в котором более 500 ед. микрофоссилий (доминанты по возрастанию) *Corylus*-*P. Diploxylon*-*Pinus* s/g *Harpoxylon*-*Polypodiaceae*. По этой палинозоне отложения датируются плиоценом. Вышележащая пачка 7 относится к квартеру.

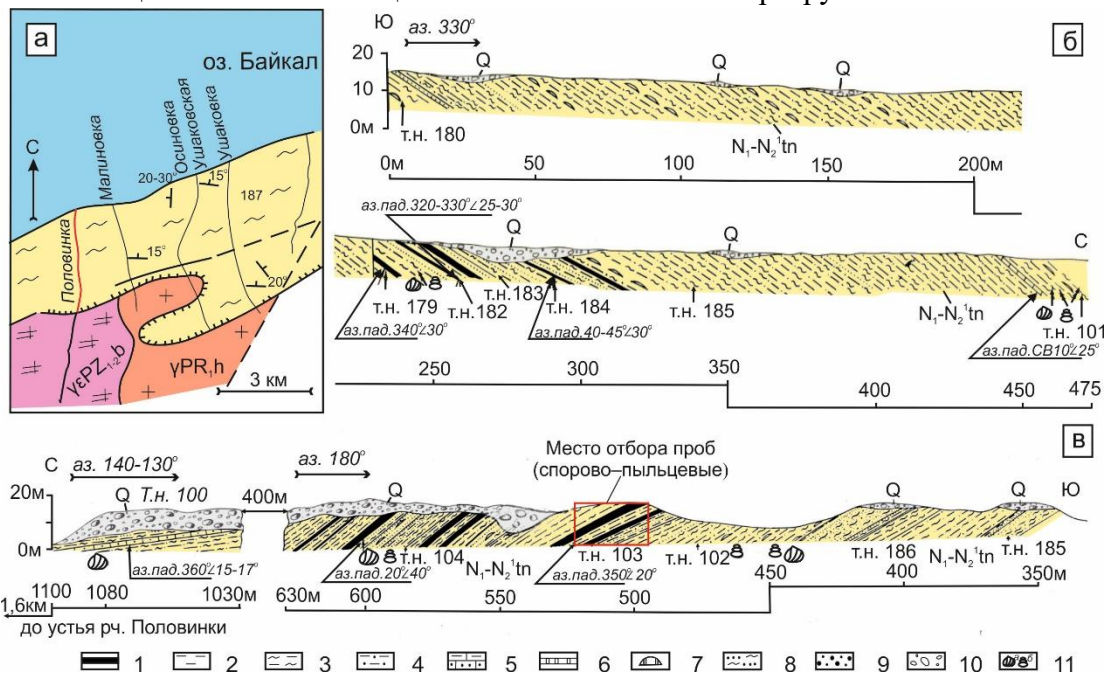
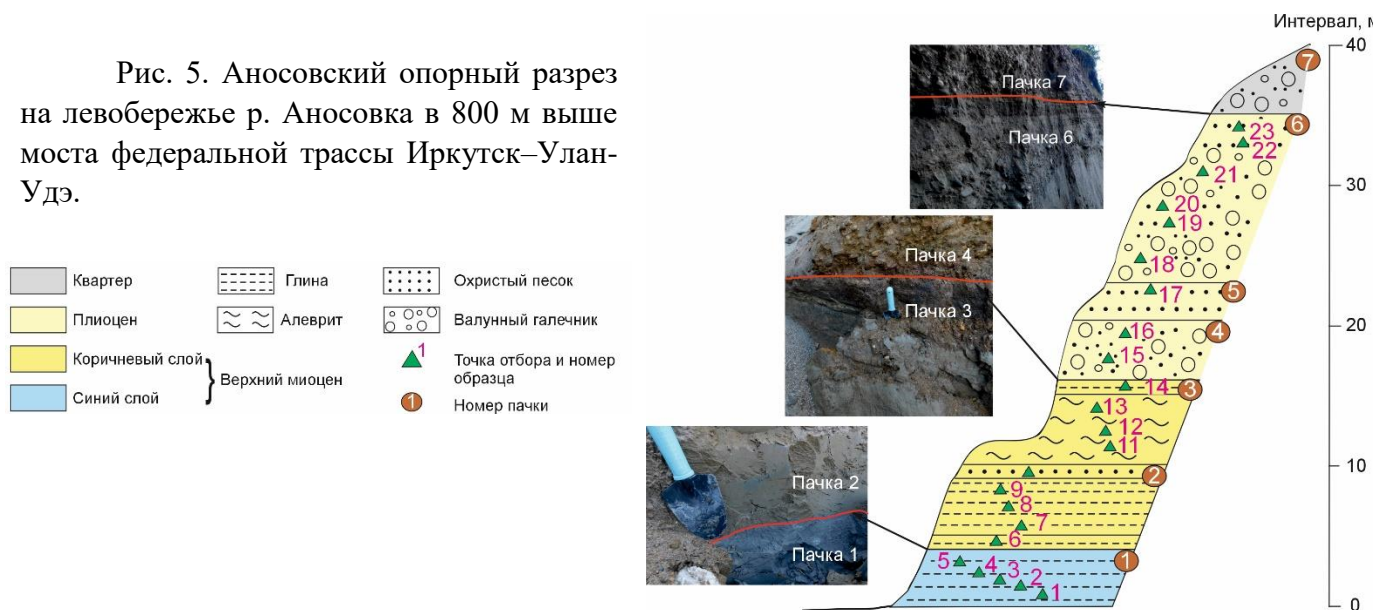


Рис. 4. Разрез гипостратотипа танхойской свиты по р. Половинка [Расказов и др. 2014]. *a* – местоположение разреза (красная линия); *б* – разрез по левобережью р. Половинка; *в* – разрез по ее правобережью. Усл. обозн.: 1 – угли бурые, 2 – аргиллиты, 3 – глинисто-слюдистые алевролиты и алевриты, 4 – песчанистые алевриты и алевролиты, алевритовые пески, 5 – известковистые алевролиты и песчаники, 6 – мергели, 7 – конкреции мергелей, известковистых песчаников, 8 – песчаники и пески мелкозернистые сильно слюdistые, 9 – песчаники разномзернистые, гравелистые, 10 – конгломераты, галечники, 11 – моллюски: а – двустворки, б – гастроподы.

Рис. 5. Аносовский опорный разрез на левобережье р. Аносовка в 800 м выше моста федеральной трассы Иркутск–Улан-Удэ.



Новый разрез Косая Степь-3 открывает возможность уточнения данных о наиболее ранних отложениях палеодолины Пра-Манзурки, вскрытых карьером в среднем течении р. Бугульдейки. Центр нового карьера имеет координаты: 52°52.563' с.ш., 106°05.674' в.д. В составном разрезе различаются 5 литологических пачек (рис. 6) [Рассказов, Аль Хамуд и др., 2022].

Наиболее ранние отложения песчаной пачки 1 (обр. 1–5) вскрываются в западной части карьера. В северной стенке песчаная пачка 1 перекрывается песчано-гравелистой пачкой 2 (обр. 6–25). Выше прослеживается поверхность размыва, содержащая фрагменты глин (обр. 26). Эта поверхность выходит на стратиграфический уровень горизонтально-слоистой пачки 3. Выше поверхности размыва следуют гравелисто-песчаная пачка 4 (обр. 41–43 слоя гравелитов и обр. 43–48, 54, 55, 96, 97 вышележащих отложений). В новый (более глубокий) размыв вовлекаются пачки 2 и 4. На поверхности размыва пачки 2 обнаружен глинистый валик (обр. 27). Выше глубокой поверхности размыва находится галечниковая пачка с линзами косослоистого песка (пачка 5), образующая хорошо обнаженную северную стенку карьера. По непрерывным обнажениям карьера прослеживаются переходы с наращиванием слоев пачки 2 до его восточной стенки, в которой наблюдается пачка 2 (обр. 52–53), перекрытая по поверхности размыва слоем глин (обр. 53А), синхронных пачке 3. Выше слоя глин залегает гравелисто-песчаная пачка 4.

В южной стенке карьера пачки 2 и 4 разделены поверхностью размыва, переходящей в линзу горизонтально-слоистых отложений пачки 3 (обр. 28–59 – нижний интервал, обр. 60–95 – вышележащие пестроцветные слои). Вдоль южной стенки, от его восточного окончания к центральной части, наблюдается переход от верхних песчаных слоев пачек 2 и 4 к нижним. Горизонтально-слоистая линза пачки 3 перекрывает гравелисто-песчаную пачку 2 и, в свою очередь, перекрывается гравелисто-песчаной пачкой 4 (обр. 96–97). В западной части южной стенки наблюдается тектонический контакт горизонтально-слоистых отложений пачки 3 с однородными средне-крупнозернистыми песками пачки 1.

Поверхность размыва второй пачки меняет относительное высотное положение перекрывающих пачек на 4–5 м. От этой поверхности внутрь пачки 2 по трещинам распространяются пятна лимонита. Поверхность несогласия между четвертой (гравийно-песчаной) и пятой (галечниковой) пачками обозначена неровным контактом галечников и гравелистых песков, меняющим относительную высоту на 7–8 м.

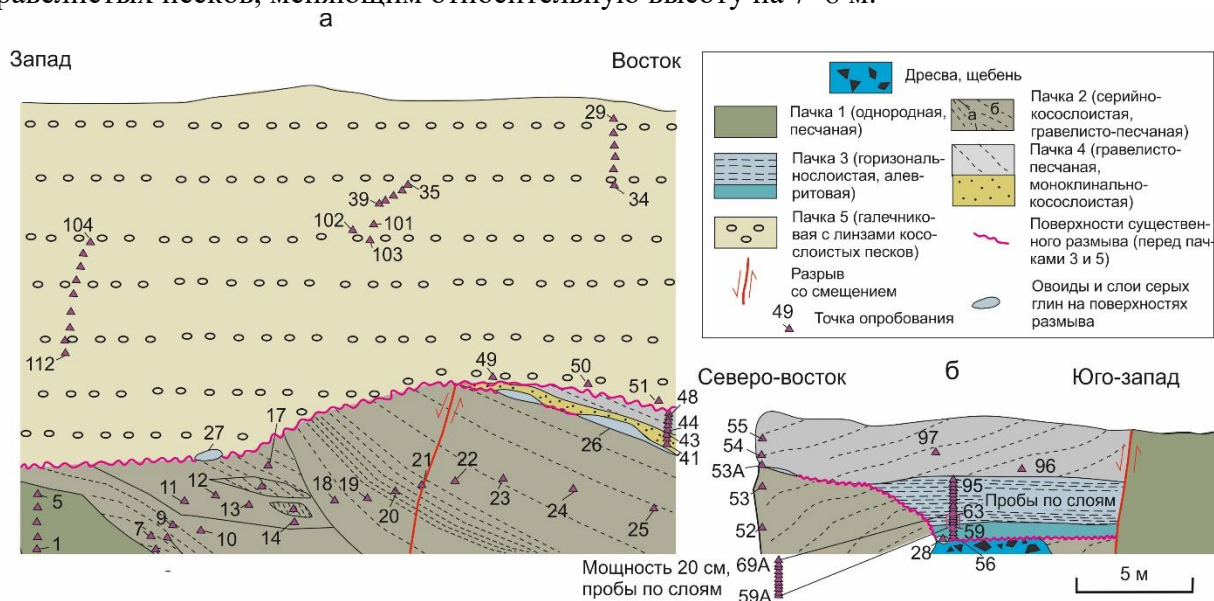


Рис. 6. Стратиграфические соотношения литологических пачек в разрезе Косая Степь-3 [Рассказов, Аль Хамуд и др., 2022].

В Селенгино-Витимском прогибе осадочно-вулканогенная толща изучена с использованием керн скважин. Получены новые данные по кулариктинской и джилиндинской свитам. В керне скв. 8245 определены семь литологических пачек, в скв. 8238 – шесть пачек, скв. 8182 – три пачки. В последней скважине две нижние пачки относятся к джилиндинской свите (пачка 1 – нижнеджилиндинская подсвита, пачка 2 – верхнеджилиндинская подсвита), третья пачка – к хойготской толще. Общая мощность вскрытого разреза 175 м. В разрезе отложений, вскрытых скважиной 8182 в интервале глубин 19–65 м, изучено 17 спорово-пыльцевых спектров двух палинозон: ПЗ 1 – поздний миоцен и ПЗ 2 – ранний плиоцен.

Створки диатомовых водорослей обнаружены в скважине 8182 в интервале глубин 98.0–20.0 м (рис. 7). Всего выявлено 153 видов пресноводной диатомовой флоры, из них 18 – планктонных, 22 – литорально-планктонных и 113 – бентосных таксонов. В результате диатомового анализа кернов скважины определены 4 локальные диатомовые зоны (ДЗ).

При сравнении с другими известными в Байкальском регионе древними диатомеями Витимского плоскогорья [Рассказов и др., 2007], Байкала [Кузьмин и др., 2009], Баргузинской долины [Hassan et al., 2019; Усольцева и др., 2019; Usoltseva et al., 2020] и Тункинской долины [Черемисинова, 1973; Хассан и др., 2020] показано, что отложения ДЗ 1–3 по общим видовым составам ископаемых диатомей относятся к среднему-позднему миоцену, а отложения ДЗ 4 – к раннему плиоцену.

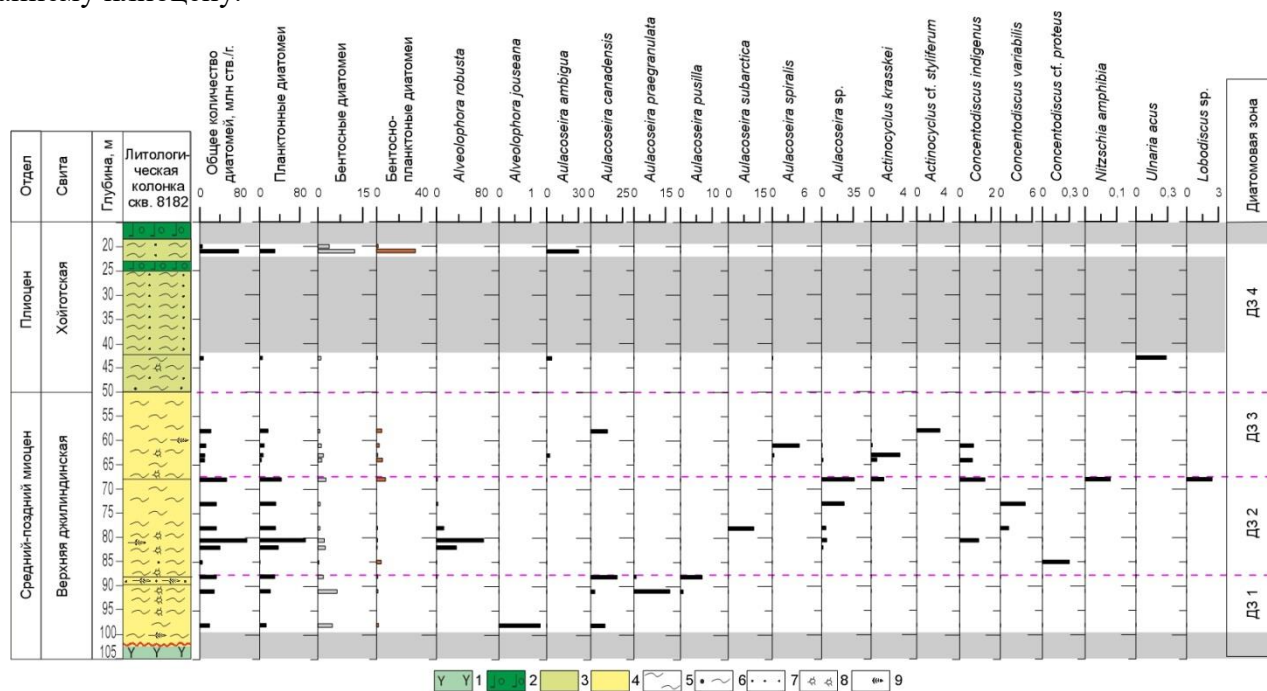


Рис. 7. Распределение планктонных диатомей в озерных отложениях скв. 8182. По оси x даются содержания млн ств./г. Литологическая характеристика (1–17): 1 – базанит с К–Аг датировкой 12 млн лет [Рассказов и др., 2000]; 2 – базальт с К–Аг датировкой 4.4 млн лет [Рассказов и др., 2000]; 3 – хойготская толща; 4 – джилиндинская свита; 5 – алевролит; 6 – алевропесчаник; 7 – песчаник; 8 – вивианит; 9 – детрит. Серым цветом выделены интервалы без диатомей.

Глава 5. Синтез

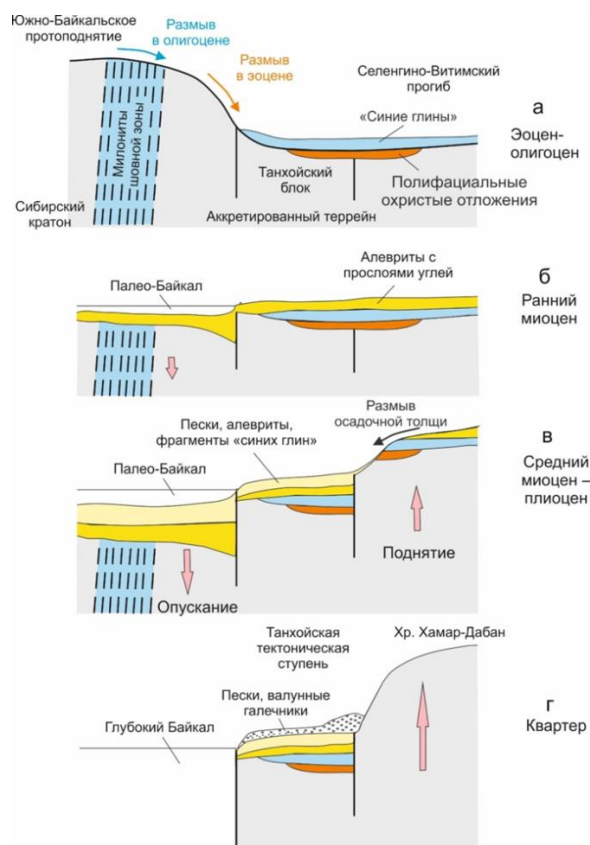
По результатам литолого-фациальных, биостратиграфических, гранулометрических и минералогических исследований кайнозойских осадочных отложений Танхойской тектонической ступени, палеодолины Пра-Манзурки и Витимского выделяются три этапа развития рельефа: 1) эоцен-олигоценый этап развития Селенгино-Витимского прогиба как предгорного прогиба Южно-Байкальского поднятия, 2) миоцен-раннеплиоценовый (раннебайкальский) этап образования Южно-Байкальской рифтовой впадины с поднятием

окружающих горных хребтов и 3) плиоцен-четвертичный (позднебайкальский) этап образования глубокого Байкала и окружающих высоких горных хребтов.

Верхнеолигоценовый слой «синих глин» Танхойской ступени образовался в результате размыва пород источника особого состава. Таким источником могли служить милониты Южно-Байкальского фрагмента шовной зоны Сибирского кратона. Синий цвет глин подобен окраске милонитов. Своеобразная синяя окраска обусловлена красящим эффектом кобальта, содержание которого в верхнеолигоценовых «синих глинах» составляет 20–25 мкг/г. В отложениях других слоев Танхойской тектонической ступени концентрации кобальта находятся в интервале 5–15 мкг/г. Слой «синих глин» обозначает позднеолигоценовый размыв Южно-Байкальского палеохребта, существовавшего в мелу и палеогене на месте Южно-Байкальской впадины. В свете такой трактовки происхождения нижних слоев мишихинской толщи погружение фундамента Южно-Байкальской котловины связывается с более поздним накоплением миоценовых и более молодых толщ при поднятии и размыве хр. Хамар-Дабан. Нижнемиоценовые осадочные отложения, с размывом перекрывающие мишихинскую толщу, обозначают переход к осадконакоплению в бассейне Палео-Байкала с погружением дна впадины [Аль Хамуд и др., 2019] (рис. 8).

Слои мишихинской толщи коррелируются со слоями иренгинской и кулариктинской свит Селенгино-Витимского прогиба и рассматриваются как отложения этой структуры, получившей развитие в конце мела и палеогене. В Селенгино-Витимском прогибе мохейская свита пограничных слоев мела и палеогена (кампан-маастрихт) надстраивается нижней и верхней подсвитами иренгинской свиты, соответственно, палеоцена–эоцена и среднего-верхнего эоцена. Эти стратоны залегают в разрезах со стратиграфическим несогласием. После общего кампан-маастрихтского запуска седиментации в Селенгино-Витимском прогибе в той или иной степени проявились структурные перестройки, в которых отразилась индивидуальность сначала – палеоцен-эоценового, а затем – средне-верхнеэоценового стратонов [Рассказов и др., 2007].

Рис. 8. Схема накопления разновозрастных осадочных стратонов на Танхойской тектонической ступени Южного Байкала [Аль Хамуд и др., 2019].



Аллювиальное осадконакопление доминировало на восточном и западном окончаниях Танхойской тектонической ступени, в Мишихинско-Клюевской и Осиновской палеодолинах. В Танхойском блоке центральной части ступени накопилась мощная нижнемиоценовая толща болотно-старичной фации, экспонированная в современном рельефе. В основании этой толщи находится слой «синих глин», представленный в южной расчистке Мишихинского разреза. Масштабные сдвиговые деформации привели к пространственному совмещению разреза южной расчистки Танхойского блока с разрезом северной расчистки Мишихинско-Клюевской палеодолины. Стратоны Мишихинско-Клюевской палеодолины Танхойской тектонической ступени коррелируются со стратонами, вскрытыми скважинами в дельте р. Селенга.

Отложения, представленные в Мишихинском разрезе эоцен-раннеплиоценовым аллювием, сопоставляются с аллювием Мишихинско-Клюевского блока. Восточное падение слоев разреза согласуется с таким же падением слоев других частей этого блока и отличается от северного падения слоев Танхойского блока. Расположение Мишихинского разреза вблизи границы Танхойского блока отражается в проявлении контрастных межблоковых движений. Нормальное залегание слоев характеризует Мишихинско-Клюевский блок, тогда как опрокинутое залегание эоцен-нижнеплиоценовых слоев рассматривается как следствие пограничных межблоковых движений. Для объяснения обратного залегания слоев предлагается сценарий деформаций, включающий эндогенную (тектоническую) и экзогенную (гравитационно-оползневую) составляющие [Аль Хамуд и др., 2021] (рис. 9).

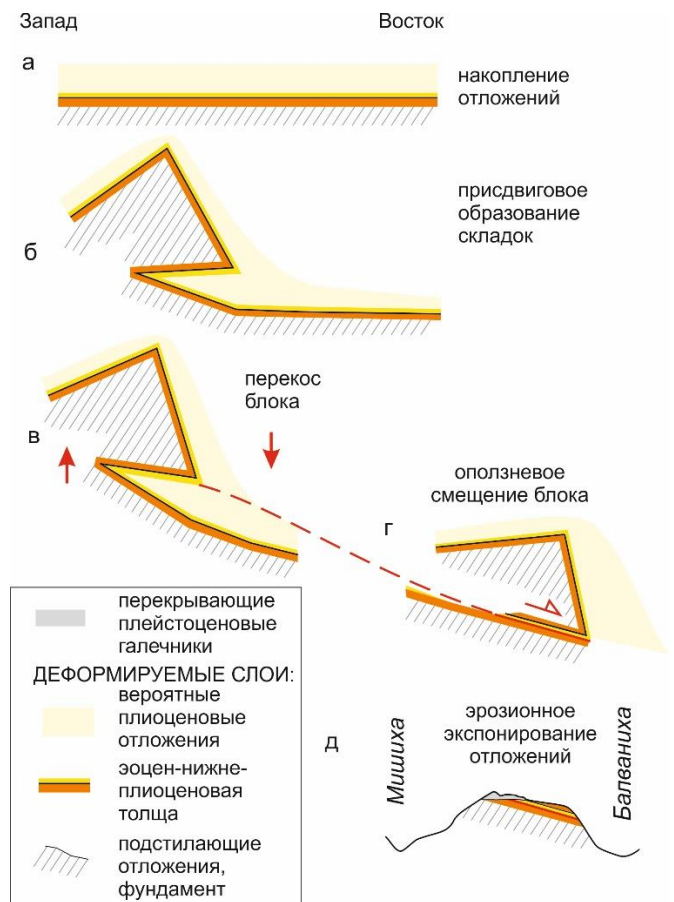


Рис. 9. Схематическая реконструкция последовательности событий, реализовавшихся в опрокинутом залегании слоев в северной расчистке Мишихинского разреза [Аль Хамуд и др., 2021]. События: а – экзогенные, седиментационные; б–в – эндогенные, тектонические; г–д – экзогенные, следствие преобразования рельефа в борту озера тектонического происхождения.

После накопления осадочной толщи эоцена-начала плиоцена в спокойных тектонических условиях (панель а) в плиоцене активизируются сдвиговые смещения по субширотному разлому, сопровождающиеся образованием лежащей складки, в верхнем крыле которой древние слои находятся выше молодых слоев (панель б). В результате перекося блока (панель в) реализуются оползневые движения опрокинутых эоцен-нижнеплиоценовых слоев до параллельного совмещения с более жесткой подложкой эоцен-верхнеолигоценовых слоев (панель г). Сочетание толщ с нормальным и опрокинутым залеганием экспонируется в эрозионном рельефе на водоразделе Мишиха–Балваниха (панель д) [Аль Хамуд и др., 2021].

Характер развития Южно-Байкальского бассейна определяется при сравнительном изучении разрезов осадочных отложений Мишихинско-Клюевской палеодолины Танхойской тектонической ступени южного побережья Байкала и палеодолины Пра-Манзурка его северо-западного побережья. На южной стороне Байкала получили продолжительное развитие однотипные тектонические деформации вплоть до начала плиоцена, на его северо-западной стороне в начале плиоцена образовался сток из оз. Байкал через палеодолину Пра-Манзурка, продолжавшийся до начала среднего плейстоцена. Совпадение раннеплиоценовой перестройки рельефа на противоположных берегах Байкала не случайно. Эта перестройка обозначает перелом в развитии структуры Южно-Байкальского бассейна с последующим быстрым (не компенсированным осадочными отложениями) опусканием ложа и образованием глубокого Байкала.

Из результатов сопоставления геохимических характеристик осадочных отложений по латерали Южного Байкала (рис. 10) следует вывод о длительном (эоцен-миоценовом) поступлении аллювия в Мишихинско-Клюевскую и Осиновскую палеодолины Танхойской

тектонической ступени из общего источника, в отличие от меняющегося с течением времени поступления олигоцен-миоценового обломочного материала на Витимское плоскогорье. Состав танхойского осадочного материала контролировался стабильным водосбором, в то время как последовательная смена состава витимского осадочного материала отразила мигрирующее развитие речной сети на фоне палеогеографических изменений окружающих территорий.

После раннеплиоценовой структурной перестройки в Мишихинско-Клюевской палеодолине Танхойской тектонической ступени преобладал материал, сходный с материалом аллювия в долине Пра-Манзурки по умеренно-К составу, концентрациям Rb, Ba, Ba/Rb и Ba/Sr отношениям. Из такого сходства следует вывод о накоплении плиоцен-четвертичных отложений территорий за счет дезинтегрирования и переотложения юрских (Пра-Манзурка) и верхнеюрских-нижнемеловых пород (Мишиха) с поднятых хребтов, Приморского и Хамар-Дабан [Аль Хамуд и др., 2022].

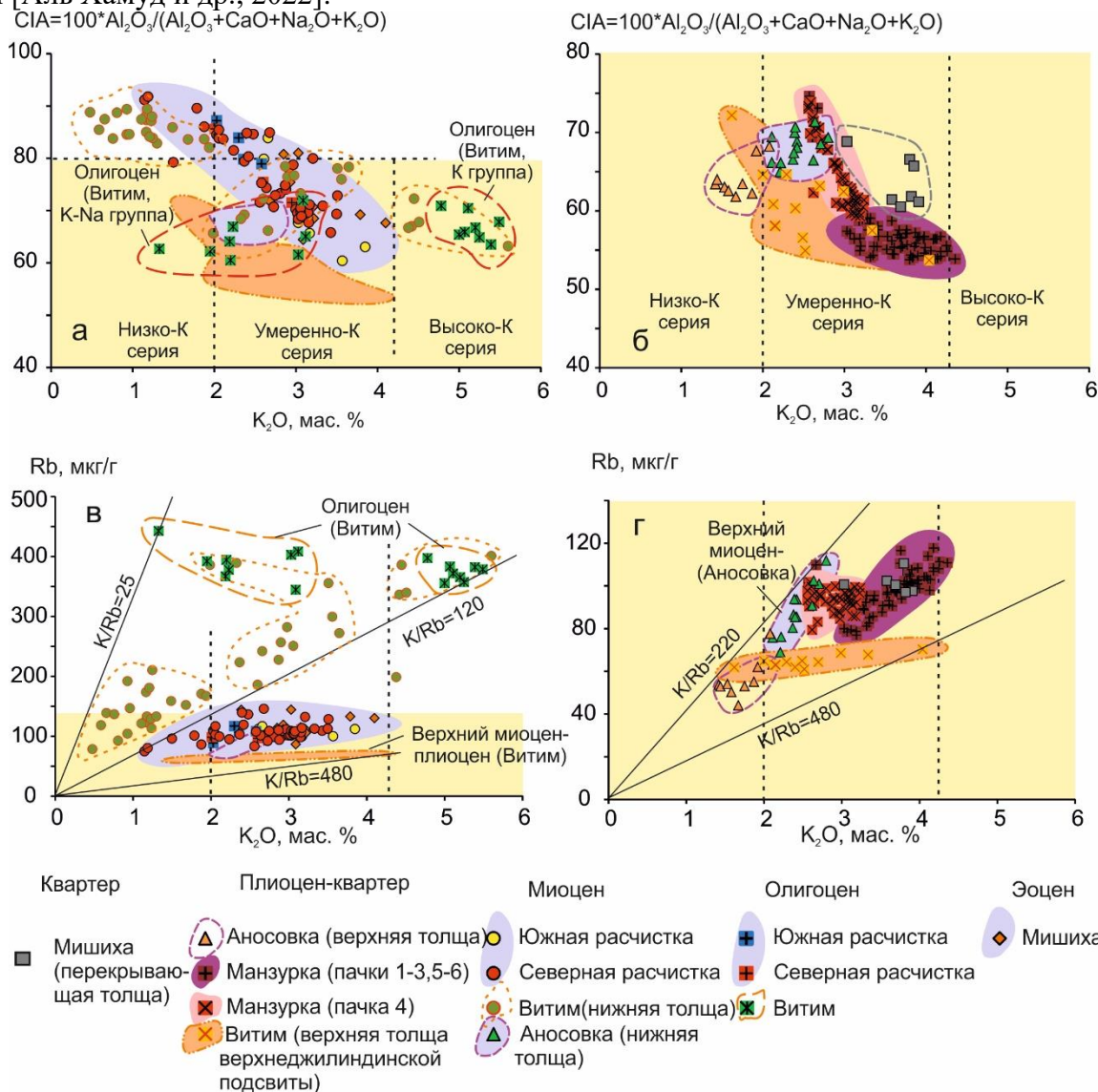


Рис. 10. Сопоставление разновозрастных осадочных отложений по латерали Южного Байкала на диаграммах CIA – K₂O (а,б) и Rb – K₂O (в,г) [Аль Хамуд и др., 2022]. Бледно-желтая область на диаграммах а и в (эоцен-миоценовые отложения) соответствуют областям такого же цвета на диаграммах б и г (верхнемиоценовые-четвертичные отложения).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разрезах отложений Танхойской тектонической ступени южного берега Байкала впервые обнаружены и изучены осадочные слои широкого (эоцен–нижнеплиоценового)

возрастного диапазона. Здесь выделяются: мишихинская толща (эоценовые и верхнеолигоценые пачки), танхойская и ановская свиты, а также перекрывающие четвертичные отложения. Эоценовый и олигоценый стратон мишихинской толщи Танхойской тектонической ступени коррелируются с иренгинской и кулариктинской свитами Селенгино-Витимского прогиба. Основные стратон Южно-Байкальской впадины миоцено-нижнего плиоцена и верхнего плиоцена-эоплейстоцена (соответственно, танхойская и ановская свиты) коррелируются с джилиндинской свитой, хойготской и береинской толщами Витимского плоскогорья, пространственно связанного с развитием северо-восточной части Байкальской рифтовой системы.

В нижней части осадочного комплекса Танхойской тектонической ступени (в мишихинской толще) определены продукты размыва пород мел-палеогенового поднятия Южного Байкала, а в верхней части – продукты размыва пород хамардабанского плеча Южно-Байкальского рифта. Мишихинская толща представляет собой стратон Селенгино-Витимского предгорного прогиба Южно-Байкальского мел-палеогенового палеохребта, танхойская и ановская свиты – стратон неоген-четвертичных впадин Байкальской рифтовой системы. Верхнеолигоценые синие глины являются позднеолигеновым продуктом размыва поднятых и экспонированных на земной поверхности милонитов шовной зоны Сибирского кратона, материал танхойской и ановской свит – продуктом размыва более позднего поднятия хр. Хамар-Дабан. Смена характера седиментации в Западном Забайкалье и на Танхойской тектонической ступени в конце олигоцена и раннем миоцене отражает перестройку в неотектонической эволюции Внутренней Азии – переход от формирования мел-палеогеновых структур Южно-Байкальского палеохребта и предгорных Селенгино-Витимского и Предбайкальского прогибов к формированию неоген-четвертичных структур Байкальской рифтовой системы.

Обнаружены признаки сильных раннеплиоценовых деформаций отложений Мишихинско-Клюевской палеодолины и определены нижнеплиоценовые отложения в палеодолине Пра-Манзурки, что свидетельствует о переломном характере развития структуры Южно-Байкальской впадины в начале плиоцена. В это время мог начаться сток из оз. Байкал через палеодолину Пра-Манзурки, просуществовавший до поднятия Приморского хребта, произошедшего в конце эоплейстоцена–начале неоплейстоцена. Раннеплиоценовые события обозначили главный рубеж тектонической перестройки рельефа, которая привела к образованию современного глубокого Байкала.

Установлена общность геохимических характеристик эоцен-миоценовых пород Танхойской тектонической ступени, в отличие от последовательной смены геохимических характеристик олигоцен-миоценовых пород Витимского плоскогорья. Выделены отдельные геохимические тренды плиоцен-четвертичных отложений в Осиновской и Мишихинско-Клюевской палеодолинах при сходстве последних с трендом отложений в палеодолине Пра-Манзурки.

Публикации в журналах (список ВАК)

- Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Трегуб Т.Ф., Волков М.А., Кулагина Н. В., Коломиец В., Будаев Р. Временные вариации состава кайнозойских отложений на Танхойской тектонической ступени Южного Байкала // Известия ИГУ. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 30. С. 108–129.
- Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Трегуб Т.Ф., Рубцова М.Н., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Хассан А., Волков М.А. Опрокинутая эоцен-нижнеплиоценовая аллювиальная толща на южном берегу оз. Байкал и ее неотектоническое значение // Геодинамика и тектонофизика. 2021. Т. 12, № 1. С. 139–156.
- Трегуб Т.Ф., Волков М.А., Хасан А.И., Аль Хамуд А. Эволюция состава палинокомплексов для отложений аллювиальной формации Байкальской рифтовой зоны в неогене // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2020. № 1. С. 39–50.

Хассан А., Коломиец В., Рассказов С., Будаев Р., Чувашова И., **Аль Хамуд А.** Палеопотамология плейстоценовых отложений в Баргузинской долине (Байкальская рифтовая зона) // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2019. № 4. С. 37–46.

Чувашова И., Хассан А., **Аль Хамуд А.**, Коваленко С., Руднева Н., Рассказов С. Переход от Селенгино-Витимского прогиба к Витимскому плоскогорью: кайнозойское осадконакопление и вулканизм // Известия ИГУ. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 27. С. 138–153.

Другие опубликованные работы

Аль Хамуд А., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц. Генетическая интерпретация данных гранулометрического анализа отложений Танхойского третичного поля, южное побережье Байкала // Материалы IV Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых, посвященного 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева «Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы». Иркутск, ИЗК СО РАН. 2019. С. 22–24.

Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Чувашова И.С., Рубцова М.Н. Строение опорного разреза Мишиха Танхойского третичного поля и его значение для реконструкций ранней истории Южно-Байкальской впадины и Хангайского орогена // Солнечно-земные и геодинамика Байкало-Монгольского региона: результаты многолетних исследований и научно-образовательная политика (к 100-летию ИГУ): тез. докл. XII Рос.-монг. междунар. конф. Иркутск: Изд-во ИГУ. 2018. С. 57–58.

Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Чувашова И.С. Осадочные отложения в долинах плейстоценового стока вод из оз. Байкал // Научная конференция студентов и молодых ученых по наукам о Земле. ИГУ, Иркутск. 2016. Вып. 19. С. 85–87.

Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Трегуб Т.Ф., В.Л. Коломиец, Р.Ц. Будаев. Результаты палинологических и литогеохимических исследований осадочных отложений в Мишихинском опорном разрезе южного побережья оз. Байкал: значение для неотектонических реконструкций // IX Всероссийского литологического совещания с международным участием. КФУ, Казань. 2019. С. 9–10.

Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Хассан А., Сравнительный анализ геохимических характеристик источников кайнозойских осадочных отложений по латерали Южного Байкала // Геология и окружающая среда. 2022. Т. 2, № 1. С. 104–114.

Аль Хамуд А., Чувашова И. С. Расчленение стратонов танхойского третичного поля Южно-Байкальской впадины по палинологическим данным: сопоставления со стратонами Западного Забайкалья // Строение литосферы и геодинамика. Мат-лы совещания. Вып. XXVIII. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2019. С. 14–16.

Аль Хамуд А., Чувашова И. С., Хассан А., Буянов А. В. Строение палеогеновой осадочной толщи в опорном разрезе р. Мишиха, Танхойское третичное поле, Южно-Байкальская впадина // Строение литосферы и геодинамика. Материалы совещания. Вып. XXVII. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2017. С. 28–29.

Рассказов С.В., **Аль Хамуд А.**, Хассан А., Кулагина Н.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Будаев Р.Ц. Литогеохимические и палинологические показатели палеоклимата раннего плиоцена в озерных отложениях из разреза манзурского аллювия (Предбайкалье) // Геология и окружающая среда. 2022. Т.1, № 2. С. 43–81.

Рассказов С.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., **Аль Хамуд А.**, Чувашова И.С. Осадочные отложения Танхойского третичного поля южного побережья Байкала: вклад В.Д. Маца в их изучение и результаты новых исследований // Материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Геонауки 2018: Актуальные проблемы изучения недр», посвященной памяти профессора В.Д. Маца. Иркутск. 2018. Вып. 18. С. 8–12.

Рассказов С.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Хассан И.А., **Аль Хамуд А.**, Кононов Е.Е. Представления Н.А. Логачева о манзурском аллювии (Предбайкалье) и развитие его идей в связи с обнаружением новых элементов разреза // Материалы IV Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых, посвященного 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева «Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы». Иркутск, ИЗК СО РАН. 2019. С. 141–143.

Рассказов С.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Чувашова И.С., **Аль Хамуд А.**, Хассан А., Алокла Р. Новейшая активизация шовной зоны Сибирского кратона под Южным Байкалом: от мел-палеогенового орогена к неоген-четвертичному рифту // Геология и окружающая среда. 2021. Т.1, № 1. С. 7–15.

Рассказов С.В., Миколайчук А.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Усольцева М.В., Сунь Йи-минь, Сие Чжэньхуа, Янг Чэнь, Чувашова И.С., Чикишева Т.А., Хассан А., **Аль Хамуд А.**, Алокла Р. Кайнозойские красноцветные осадочные отложения Внутренней Азии: литогенетическое значение вариаций содержаний Al_2O_3 и CO_2 // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы совещания. Выпуск 14. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2016. С. 233–235.

Рассказов С.В., Трегуб Т.Ф., **Аль Хамуд А.**, Волков М.А., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц. Палинологическая характеристика отложений опорного разреза Мишиха, Южно-Байкальская впадина // Материалы IV Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых, посвященного 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева «Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы». Иркутск, ИЗК СО РАН. 2019. С. 152–154.

Руднева Н.А., Хассан И.А., **Аль Хамуд А.**, Чувашова И.С., Титова Л.А., Усольцева М.В. Корреляции кайнозойских стратонов Витимского плоскогорья и Тункинской впадины по вариациям химического состава в слоях

- осадочных отложений // Строение литосферы и геодинамика. Мат-лы совещания. Вып. XXVIII. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2019. С. 132–133.
- Хассан А., **Аль Хамуд А.**, Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц. Химический состав осадочных отложений Баргузинской впадины: сопоставление с отложениями Танхойского третичного поля Южного Байкала // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы совещания. Выпуск 14. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2016. С. 293–294.
- Хассан А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., **Аль Хамуд А.** Структурное развитие центральной части Байкальской рифтовой системы: сходство и отличие Баргузинской и Тункинской долин // Геология и окружающая среда. 2021. Т 1, № 1. С. 58–74.
- Хассан И.А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Кулагина Н.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., **Аль Хамуд А.** Литологическая и палинологическая характеристика ритмичного (аллювиального) и песчаного (озерного) четвертичных стратонов Баргузинской долины // Материалы IV Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых, посвященного 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева «Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы». Иркутск, ИЗК СО РАН. 2019. С. 228–230.
- Хассан А., Чувашова И.С., **Аль Хамуд А.** Полный разрез стратонов Байкальской рифтовой зоны в Баргузинской долине и его значение для неотектонических реконструкций // строение литосферы и геодинамика. Материалы совещания. Вып. XXVII. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2017. С. 246–246.
- Чувашова И.С., Рассказов С.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Хассан А., **Аль Хамуд А.** Развитие структуры Южно-Байкальского бассейна от эоцена до плейстоцена в пространственно-временных соотношениях седиментационных и вулканических событий // Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ: тезисы докладов Всероссийского совещания, посвященного памяти профессора С.И. Шермана. Иркутск. 2021. С. 103–104.
- Rasskazov S.V., **Al Hamud A.**, Kononov E.E., Kolomiets V.L., Budaev R.Ts., Hassan A., Tregub T.F., Kulagina N.V., Yasnygina T.A., Chuvashova I.S. The main structural reorganization of the South Baikal Basin: Early Pliocene initiation of strong tectonic deformations and the Lena runoff from Lake Baikal // Limnology and Freshwater Biology. 2020. № 4. С. 588–590.