

На правах рукописи



Хассан Абдулмонем Иссаевич

**КАЙНОЗОЙСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОСЕВЫХ
БАРГУЗИНСКОЙ И ТУНКИНСКОЙ ДОЛИНАХ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ
СИСТЕМЫ**

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») и Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения РАН (ФГБУН ИЗК СО РАН), 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).

**Научный
консультант:**

Усольцева Марина Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лимнологического института Сибирского отделения РАН (ФГБУН ЛИИ СО РАН, Иркутск).

**Официальные
оппоненты:**

Кривоногов Сергей Константинович, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геоинформационных технологий и дистанционного зондирования института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (Новосибирск);

Шарданова Татьяна Анатольевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры нефтегазовой седиментологии и морской геологии геологического факультета МГУ им. Ломоносова.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук им. Н.П. Юшкина (Сыктывкар).

Защита диссертации состоится «29» сентября 2022 г. в 11.00 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. Байкальская рифтовая система – классическая кайнозойская континентальная структура растяжения. Центральное положение в ней занимает озерная Южно-Байкальская впадина, образующая ядро рифтовой системы [Логачев, 1974, 2001]. Строение разреза донных отложений впадины изучалось сейсмическим профилированием с использованием результатов бурения в краевых частях и на поднятиях в акватории озера [Levi et al., 1997; Mats et al., 2000; Акулов и др., 2015]. Наиболее глубокой 600-метровой скважиной ВDP-98, пройденной на подводном Академическом хребте, были вскрыты отложения верхней части разреза с возрастными оценками до 11, 7.2 и 8.4 млн лет [Кашик, Ломоносова, 2006; Кузьмин и др., 2014; Kravchinsky, 2017]. Более древние отложения, не имеющие прямого отношения к вскрытым донным отложениям, фрагментарно представлены в обнажениях о-ва Ольхон и Танхойской тектонической ступени [Логачев, 1974; Мац и др., 2001; Машук, Акулов, 2012; Рассказов и др., 2014]. Для понимания полной осадочной летописи центральной части Байкальской рифтовой системы первостепенное значение имеет сравнительное изучение разрезов осадочных отложений в сухих Баргузинской и Тункинской долинах – дистальных структурах Южно-Байкальской впадины. Баргузинская долина относится к Байкальской рифтовой зоне, в которую объединяются структуры растяжения оз. Байкал и впадин северо-восточной части рифтовой системы. Тункинская долина входит в состав Хангай-Бельской орогенной зоны, которая, в отличие от Байкальской, развивалась в условиях общего сжатия литосферы с фрагментарным проявлением рифтовых сегментов [Чувашова, Рассказов, 2014]. Актуальность работы определяется необходимостью палеотектонических реконструкций центральной части рифтовой системы на основе изучения строения разреза осадочного наполнения дистальных сухих долин Южно-Байкальской котловины и идентификации в них отложений трансгрессий вод палеоозер с использованием ископаемой диатомовой флоры.

Цель исследования – определить характер развития центральной части Байкальской рифтовой системы по соотношению осадконакопления в осевых Баргузинской и Тункинской долинах как дистальных структурах Южно-Байкальской впадины.

Задачи:

1. Изучить строение разрезов осадочных отложений долин с использованием керна скважин.
2. Дать литологическую характеристику осадочных стратонов, построить литологические колонки, провести петрографические исследования осадочных пород.
3. Дать геохимическую характеристику стратонов, выявить временные вариации степени выветривания материала по содержаниям петрогенных оксидов и микроэлементов осадочных отложений и определить источники обломочного материала.
4. Уточнить возраст стратонов по результатам палинологического анализа, определить динамику растительности и палеоклиматические условия осадконакопления.
5. Выполнить исследование ископаемых диатомей.
6. Изучить условия аккумуляции отложений аквального парагенетического ряда осадочных образований плейстоцена Баргузинской долины.
7. Провести сравнительный анализ осадконакопления в Баргузинской и Тункинской долинах.

Научная новизна. С использованием керна новых буровых скважин впервые охарактеризован полный разрез осадочного наполнения Баргузинской долины центральной части Байкальской рифтовой системы – танхойский, аносковский и послеоносковский комплексы отложений. Обнаружен и изучен фрагмент дотанхойских олигоценовых отложений, которые коррелируются с отложениями Селенгино-Витимского прогиба. В осадочных отложениях танхойской свиты Баргузинской и Тункинской долин с помощью световой и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) проведены исследования ископаемых диатомей с выделением локальных диатомовых зон. В отложениях Баргузинской долины диатомеи исследованы впервые. На основе детальных корреляций осадочных отложений показано сходство и различие структурного развития Баргузинской и Тункинской долин. Впервые обозначены литотипы

стратонов впадин байкальского типа. По полученным литологическим, палеонтологическим и литогеохимическим данным определены региональные палеотектонические, палеогеографические и палеоклиматические события позднекайнозойской истории Байкальской рифтовой зоны.

Практическая значимость. Результаты комплексного литолого-геохимического и палеонтолого-стратиграфического изучения разрезов с обоснованием дотанхойского стратона и подсвит танхойской и ановской свит могут использоваться для геологического картирования и корреляций осадочных комплексов заполнения впадин байкальского типа, а также для поиска строительных материалов.

Соответствие результатов работы научной специальности. Результаты работы соответствуют специальностям 25.00.06 – литология и 25.00.01 – общая и региональная геология. «Объектами рассмотрения диссертации являются породно-слоевые тела и их ассоциации, их вещественно-структурная организация, форма проявления, природа и механизм их образования, а также причины, обуславливающие их свойства и практическое значение». «Разработка структурно-формационной зональности на основе анализа возраста, стратиграфического расчленения, состава и строения выделяемых в регионе вещественных комплексов».

Фактический материал и методы исследования. В работе использован керн 11-ти скважин, вскрывших осадочные отложения в Баргузинской долине, и одной скважины, пройденной в Тункинской долине. В литологические исследования вовлечено более 2500 образцов. Выполнено изучение структуры и минерального состава осадочных пород под бинокуляром. Изучено 150 шлифов представительных образцов из разновозрастных толщ. Составлены литологические колонки керна скважин и разрезы осадочных толщ. Выполнен гранулометрический анализ 350 образцов плейстоценовых отложений, количественный и качественный анализ диатомовых водорослей из отложений восьми скважин. Для расчета геохимических и литохимических модулей проинтерпретированы результаты 450 новых силикатных и микроэлементных анализов отложений.

Определения петрогенных оксидов в породах выполнены в ИЗК СО РАН комплексом методов классического химического анализа. Микроэлементный состав пород определен методом индуктивно-связанной плазменной масс-спектрометрии (ИСП МС). Изучение состава глинистых пород проводилось рентгенометрическим методом. Состав диатомовых водорослей и вивианта изучался на световом микроскопе и сканирующем электронном микроскопе. Для определения возраста осадочных пород, динамики растительности и климатических условий в районах работ выполнен анализ спор и пыльцы. Полученные данные обрабатывались с использованием метода факторного анализа в программе «Статистика» и кластерного анализа «Q-тип». При изучении плейстоценовых отложений выполнен гранулометрический анализ.

Личный вклад автора. Автор принял участие в полевых работах 2016–2019 гг. в Баргузинской и Тункинской долинах, на Танхойской тектонической ступени и в долине Праманзурки. Под руководством С.В. Рассказова описал образцы керна 12 скважин Баргузинской и Тункинской долин из коллекции лаборатории изотопии и геохронологии ИЗК СО РАН (Иркутск). Отобрал ключевые образцы для петрографических исследований. С консультациями Т.А. Корниловой выполнил описание и фотографирование шлифов. По результатам петрографического изучения пород (150 шлифов) выделил литотипы стратонов во впадинах байкальского типа. Провел подготовку и истирание 450 проб для определений содержаний петрогенных оксидов и микроэлементов. С консультациями В.Л. Коломийца выполнил гранулометрический анализ отложений в лаборатории геологии кайнозоя ГИН (Улан-Удэ). С консультациями М.В. Усольцевой провел подготовку проб из 8 скважин для диатомового анализа в отделе ультраструктуры клетки ЛИН СО РАН (Иркутск). Освоил методику работы на световом и сканирующем электронном микроскопах. Провел количественный учет диатомей в пробах озерных отложений, дал интерпретацию полученных данных. Выполнил синтез всех результатов, провел статистический и факторный анализ количественной информации с визуализацией в виде графического материала (схемы, графики,

диаграммы). С учетом комплекса полученных данных провел литолого-фациальный анализ, корреляцию разрезов осадочных толщ и составил литолого-стратиграфические схемы. Подготовил к публикации полученные материалы.

Достоверность результатов работы. Основу работы составляет новый представительный фактический материал, полученный по скважинам: просмотренные шлифы осадочных пород, полученные данные гранулометрического анализа, состав петрогенных оксидов и микроэлементов проб, результаты диатомовых и палинологических исследований. Данные получены современными аналитическими методами с использованием уникального оборудования центра коллективного пользования ЛИН СО РАН (г. Иркутск), а также оборудования специализированных лабораторий ИЗК СО РАН (г. Иркутск), ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ) и ФГБОУ ВО (г. Воронеж).

Защищаемые положения

1. В опорном разрезе Уро пространственно совмещены олигоценые отложения Селенгино-Витимского прогиба и неоген-четвертичные отложения Байкальской рифтовой зоны.

2. Ранние отложения впадин центральной части Байкальской рифтовой системы включают озерные фации с ископаемой диатомовой флорой раннего миоцена, среднего-позднего миоцена и позднего миоцена-раннего плиоцена. В раннем миоцене и позднем миоцене-раннем плиоцене озерные отложения имели локальный характер, в среднем-позднем миоцене распространялись от Баргузинской долины до Витимского плоскогорья.

3. В Баргузинской долине последовательно сменяются ранние-поздние аносовские и ранние-поздние послепаносовские фациальные комплексы отложений. Тункинская долина отличается от Баргузинской долины резко полифациальным характером послетанхойского осадконакопления, отражающим ее более дифференцированные тектонические движения.

Апробация работы и публикации. Основные положения работы докладывались на конференции «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)» (ИЗК СО РАН, Иркутск, 2016), конференции студентов и молодых ученых по наукам о Земле (ИГУ, Иркутск, 2016), Всероссийской молодежной конференции «Строение литосферы и геодинамика» (ИЗК СО РАН, Иркутск, 2016 и 2019), Международной конференции «Пресноводные экосистемы – современные вызовы» (ЛИН СО РАН, Иркутск, 2018), Всероссийской научно-практической конференции «Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии» (ГИН БНЦ СО РАН, Улан-Удэ, 2018), XII Российско-Монгольской международной конференции (Иркутск, ИГУ, 2018), European Geosciences Union General Assembly (Вена, Австрия, 2019), 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), 4-th International Conference on Paleolimnology of Northern Eurasia, VII-th Vereshchagin Baikal Conference (ЛИН СО РАН, Иркутск, 2020), конференции «Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы» (ИЗК СО РАН, Иркутск, 2021), Байкальской молодежной научной конференции по геологии и геофизике (ГИ СО РАН, Улан-Удэ, 2021), Юбилейной мемориальной научной сессии, посвященной 110-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Владимира Николаевича Сакса (ИНГГ СО РАН, Новосибирск, 2021), XVII Международной научной конференции «Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия» (Беларусь, г. Минск 2021). По теме диссертации опубликовано 35 работ, в том числе, 2 статьи в международных журналах первой и второй кватили и 5 статей в журналах из списка ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы из 192 наименований. Общий объем 207 страниц. Работа включает 97 рисунков и 4 таблицы.

В первой главе приведен обзор предшествующих литостратиграфических исследований в Баргузинской и Тункинской долинах, во второй – сведения об объектах и методах

исследования, в третьей – общая характеристика долин, в четвертой и пятой – результаты литологических, литогеохимических, диатомовых и палинологических исследований осадочных отложений, в шестой дан синтез полученных материалов и обозначен характер структурного развития Баргузинской и Тункинской долин в сопоставлении с развитием Южно-Байкальской впадины.

Благодарности. Работа выполнялась в рамках Совместной лаборатории современных методов исследований в динамической и инженерной геологии ИГУ и ИЗК СО РАН при аспирантской подготовке на кафедре динамической геологии ИГУ и завершалась в лаборатории изотопии и геохронологии ИЗК СО РАН. Использовался керн скважин Байкальского филиала «Сосновгеология» ФГУПП «Урангеологоразведка» и керн скв. Тунка-13, пройденной за счет средств РФФИ. Аналитические исследования проводились с использованием масс-спектрометра Agilent 7500се, сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Quanta-200 FEI Compaу с ЭДС-спектрометром ЦКП «Ультрамикроанализ» ЛИИ СО РАН и рентгеновского дифрактометра ДРОН-3.0 ЦКП «Геохронология и геодинамика» ИЗК СО РАН. Автор выражает глубокую и искреннюю благодарность научному руководителю д.г.-м.н., профессору С.В. Рассказову и научному консультанту по диатомовым водорослям к.б.н. М.В. Усольцевой (ЛИИ СО РАН), а также И.С. Чувашиной (ИЗК СО РАН, ИГУ) – за предоставленные материалы и обсуждение полученных результатов, Л.А. Титовой (ЛИИ СО РАН) – за результаты диатомового анализа, В.Л. Коломийцу, Р.Ц. Будаеву (ГИИ СО РАН) – за предоставленную возможность гранулометрического анализа, материалы и обсуждение полученных результатов, Т.А. Ясныгиной и М.Е. Марковой (ИЗК СО РАН) – за выполненные аналитические определения микроэлементов в породах методом ИСП-МС, химикам-аналитикам Г.В. Бондаревой и М.М. Самойленко (ИЗК СО РАН) – за выполненные аналитические определения петрогенных оксидов в породах, палинологам Н.В. Кулагинной (ИЗК СО РАН), С.А. Решетовой (ИГХ СО РАН) и Т.Ф. Трегуб (ФГБОУ ВО) – за выполненные анализы спор и пыльцы, Г.Н. Александровой (ГИИ РАН) за консультативную помощь, В.В. Акуловой и М.Н. Рубцовой (ИЗК СО РАН) – за выполненные рентгенометрические анализы, Т.А. Корниловой (ИЗК СО РАН) – за консультации и ценные замечания при петрографическом исследовании терригенных пород и С.А. Сасиму (ИГУ) – за помощь в фотографировании шлифов. Особую признательность автор выражает д.г.-м.н., профессору А.Ю. Казанскому (МГУ; ГИИ РАН) и к.г.-м.н., А.С. Тесакову (ГИИ РАН) за подробный анализ работы и конструктивную критику. Работа проводилась с дополнительным финансированием грантами РФФИ № 18-35-00417 мол_а и № 19-04-00746А.

Глава 1. Обзор предшествующих работ

Хотя история изучения молодых осадочных отложений на юге Сибири охватывает более двух столетий, существенное развитие представлений о строении осадочного наполнения впадин байкальского типа произошло в 1950-х гг., когда проводилось бурение отложений в связи с оценкой перспектив залежей углеводородов, бурого угля и ресурсов подземных вод [Конева, 1955; Повышев, 1956; Замараев, Самсонов, 1959]. Ключевая работа по стратиграфии осадочных отложений впадин была опубликована Н.А. Логачевым [1958], который выделил основные осадочные стратоны в Южно-Байкальской впадине и Тункинской, Баргузинской долинах – угленосную, охристую, туфогенно-осадочную и песчаную свиты. Эта схема стратиграфии легла в основу первого обобщения материалов по мезозойским и кайнозойским впадинам Прибайкалья и Забайкалья [Флоренсов, 1960]. В легенде государственных геологических карт угленосная и охристая свиты получили географические названия танхойской и аносковской свит, соответственно, в объемах миоцене (верхнего олигоцена) – нижнего плиоцена и верхнего плиоцена – нижнего плейстоцена (эоплейстоцена). [Логачев, 1974; Решения..., 1981; Мац, 1985; Базаров, 1986; Черняева, Попова, 1993; Мазилев и др., 1993; Рассказов и др., 2014]. Во впадинах проводились специализированные гидрогеологические работы [Пиннекер и др., 1966; Замана, 1988], выполнялись площадные геохимические прогнозные работы на обнаружение залежей углеводородов [Исаев, 2006, 2016], осуществлялось бурение для оценки распространения минерализации гидрогенного урана.

Новые материалы были получены по сейсмопрофилированию и бурению донных отложений оз. Байкал [Levi et al., 1997; Mats et al., 2000; Кузьмин и др., 2014; Kravchinsky, 2017]. Особый интерес вызывали отложения песков, происхождение которых было предметом специального рассмотрения в диссертационных работах [Кривоногов, 2010; Коломиец, 2010].

Из обзора результатов предшествующих работ следует, что для реконструкции развития рифтовых долин центральной части Байкальской системы впадин основополагающее значение имеет определение условий накопления отложений их основного стратона – танхойской свиты и выделение факторов, отличающих ее от нижележащих и вышележащих осадочных слоев.

Глава 2. Объекты и направления исследований

По керну новых буровых скважин изучается дотанхойская толща и полная последовательность осадочного заполнения впадин центральной части Байкальской рифтовой системы, проводится литолого-стратиграфическое расчленение разреза с использованием фациальных, петрографических и геохимических критериев, обосновывается возраст отложений по палеонтологическим данным. В Баргузинской долине используется керн буровых скважин четырех участков: два из них (Уро – скв. 507, 508, 513, 517 и 545; Бодон – скв. 524, 531, 532 и 533) расположены в Джидинской (Джидотойской) котловине, третий (Борогол – скв. 537) находится на погребенном продолжении в долину Аргадинского отрога, четвертый (Аргада – скв. 538) – в наиболее глубокой Хонхинской котловине. Подобные исследования в Тункинской долине проводятся по керну специализированной скважины Тунка-13. Полученные материалы обрабатываются с применением методов математической статистики.

Глава 3. Общая характеристика долин

Баргузинская долина расположена северо-восточнее Баргузинского залива и отделена от оз. Байкал Баргузинским хребтом (рис. 1). С юго-востока долина ограничена поднятием Икатского хребта. Длина долины 200 км, ширина до 40 км. Абсолютная высота днище долины плавно повышается с юго-запада на северо-восток от 470 до 600 м. В современном рельефе юго-западное окончание Баргузинской долины отделяется от Усть-Баргузинской впадины Шаманской перемычкой с абсолютными отметками до 1000 м, а северо-восточное окончание – от малой Амутской впадины, более широким поднятием, расположенным в области сочленения Баргузинского, Северо-Муйского и Южно-Муйского хребтов.

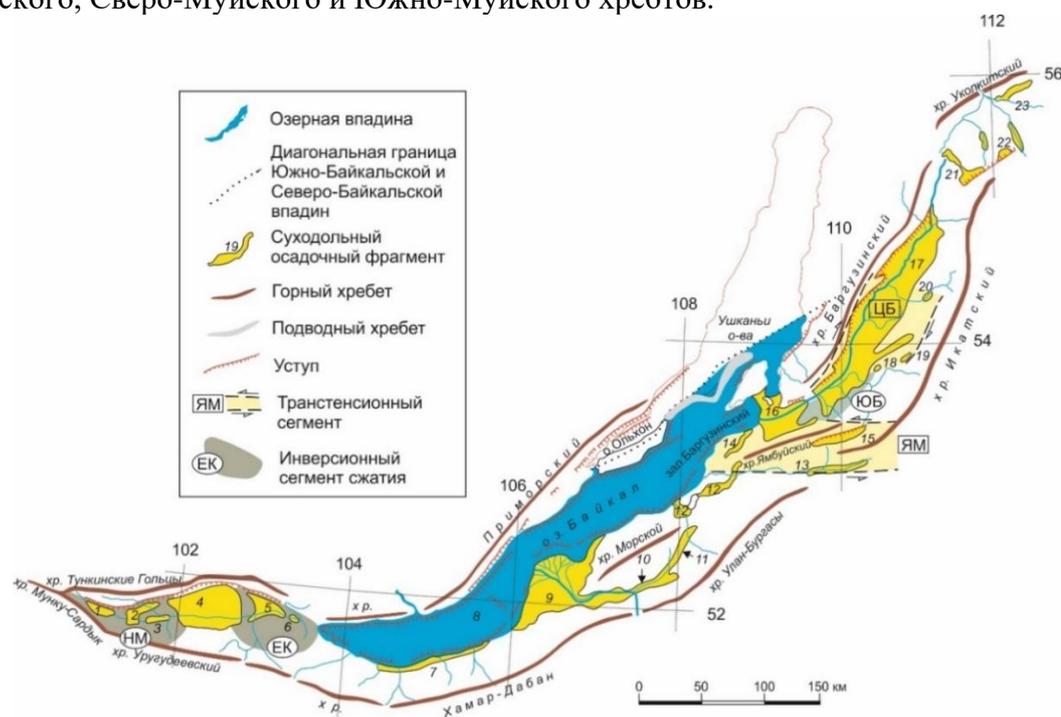


Рис. 1. Бассейны и хребты центральной части Байкальской рифтовой системы [Хассан и др., 2021a].

Впадины: 1 – Мондинская, 2 – Хойтогольская, 3 – Туранская, 4 – Тункинская, 5 – Торская, 6 – Быстринская, 7 – Танхойская, 8 – Южно-Байкальская, 9 – Усть-Селенгинская, 10 – Итанцинская, 11 – Хамская, 12 – Котокельская, 13 – Туркинская, 14 – Максимихинская, 15 – Ямбуйская, 16 – Усть-Баргузинская, 17 – Баргузинская, 18 – Ясская, 19 – Богундинская, 20 – Гаргинская, 21 – Амутская, 22 – Тураки, 23 – Нироконская. Транстензионные сегменты: ЦБ – Центрально-Баргузинский, ЯМ – Ямбуйский. Инверсионные секторы сжатия: ЕК – Еловско-Култукский, НМ – Ниловско-Мондинский, ЮБ – Южно-Баргузинский. В качестве основы использован фрагмент схемы центральной части Байкальской системы впадин из работы [Флоренсов, 1960] с изменениями и дополнениями.

Тункинская долина расположена к западу от южного окончания оз. Байкал. Ее среднее звено – собственно Тункинская впадина – служит своеобразным центром долины, обладает наиболее крупными размерами (65×32 км) и имеет максимальное погружение фундамента (до 2500 м ниже уровня моря). К востоку и западу от Тункинской впадины, за Еловским и Ниловским отрогами, располагаются более мелкие и менее глубокие котловины: к востоку – Торская, за ней – Быстринская, к западу – Туранская и Хойтогольская, за ними – Мондинская (рис. 1).

В районах Баргузинской и Тункинской долин распространены стратифицированные метаморфизованные и менее метаморфизованные осадочные толщи, и интрузивные породы. Обе долины унаследовали сходные между собой коллизионные метаморфические пояса, образовавшиеся в раннем палеозое [Шафеев, 1970; Беличенко, 1985; Беличенко и др., 2006; Руженцев и др., 2012; Минина, 2014].

Глава 4. Разрезы осадочных отложений в Баргузинской долине

В главе приводятся литологические, петрографические, литогеохимические, гранулометрические и палеонтологические данные об осадочных отложениях Баргузинской долины, вскрытых на четырех участках: Уро, Бодон, Борогол и Аргада.

Отложения дотанхойской толщи с охристой окраской вскрыты на участке Уро (Читканская депрессия) (рис. 2). Возраст отложений определен по спорово-пыльцевым комплексам [Хассан и др., 2019б; Рассказов и др., 2019; Трегуб и др., 2020; Хассан и др., 2021б] как олигоценый (возможно, олигоценый-нижнемиоценовый).

Самостоятельное значение толщи подчеркивается резким несоответствием ее мощности мощностям перекрывающих слоев осадочного наполнения долины (танхойская, ановская свиты и полифациальная послепаносовская толща).

При максимальной мощности дотанхойской толщи мощность танхойской свиты минимальна. И наоборот, чем больше мощность танхойской свиты, тем больше суммарная мощность ановских и послепаносовских отложений. В скв. 513 получена максимальная мощность стратонаполнения Баргузинской долины и только 6.5 м пройдено по дотанхойской толще (без вскрытия подошвы).

В скв. 507 находятся ановские и послепаносовские отложения, а дотанхойский стратон отсутствует. Соотношения мощностей свидетельствуют об инверсии движений кристаллического ложа: блок скв. 517 опускался с накоплением дотанхойской толщи в олигоцене и вовлекался в поднятие с одновременным опусканием блока скв. 513 в неоген-квартере.

Контрастный рельеф, выработанный в дотанхойских отложениях, перекрывается осадочным наполнением долины, включающим нижнетанхойскую (угленосную) подсвиту нижнего-среднего миоцена, среднетанхойскую (озерную) подсвиту среднего-верхнего миоцена, верхнетанхойскую (озерную) подсвиту верхнего миоцена-нижнего плиоцена, нижнеаносовскую (песчаную) подсвиту верхнего плиоцена, верхнеаносовскую (ритмичную) подсвиту нижнего плейстоцена, послепаносовскую (песчаную) толщу среднего плейстоцена и террасовый комплекс верхнего плейстоцена-голоцена.

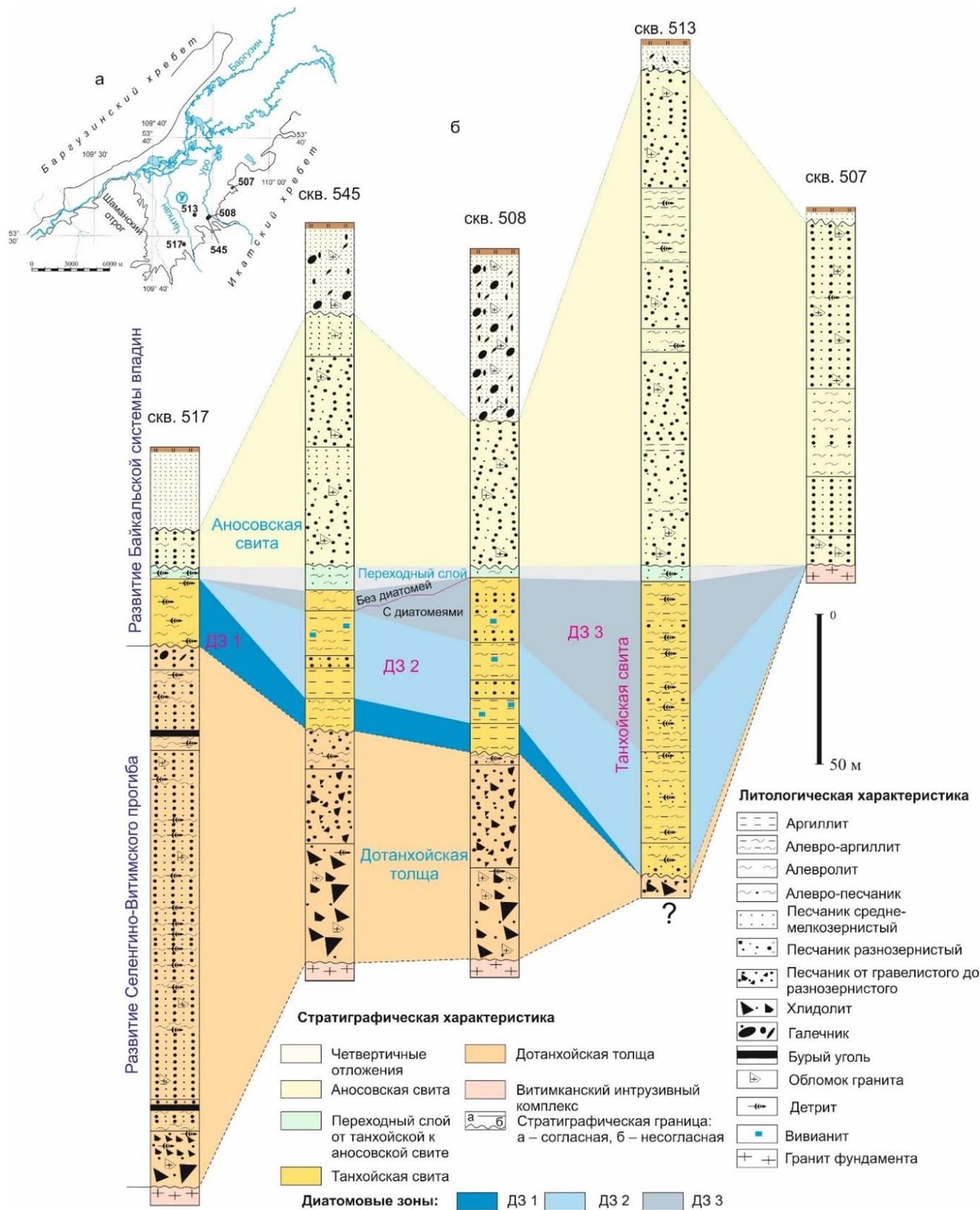


Рис. 2. Литологические колонки скважин, иллюстрирующие резкое несоответствие мощностей дотанхойской толщи с танхойским и другими стратонами осадочного заполнения Баргузинской долины (а), и местоположение скважин на участке Уро (б). Корреляционная схема составлена автором.

Дотанхойская толща представлена двумя структурно-генетическими литотипами (рис. 3) – псефитово-псаммитовым (DT-I и DT-II) и алевропелитовым (DT-III). В нижнетанхойской подсвите (участок Бодон) определяются литотипы: псефитово-псаммитовый (СТ-I и СТ-III),

бурого угля (СТ-II), алевропелитовый (СТ-IV и СТ-V). В нижнетанхойской, среднетанхойской и верхнетанхойской (озерной) подсвитах выделяются доминирующие литотипы: алевропелитовый (IT-I, IT-II и IT-IV) и псаммоалевритовый (IT-III и IaT-VI), а также литотипы, играющие подчиненную роль: псефитово-псаммитовый (IaT-V) и псаммитовый (IaT-VII). В аносовской свите находятся литотипы: псефитово-псаммитовый (An-I) и псаммитовый (An-II), редко встречаются псаммитово-алевропелитовый (An-III) и алевропелитовый (An-IV и An-V).

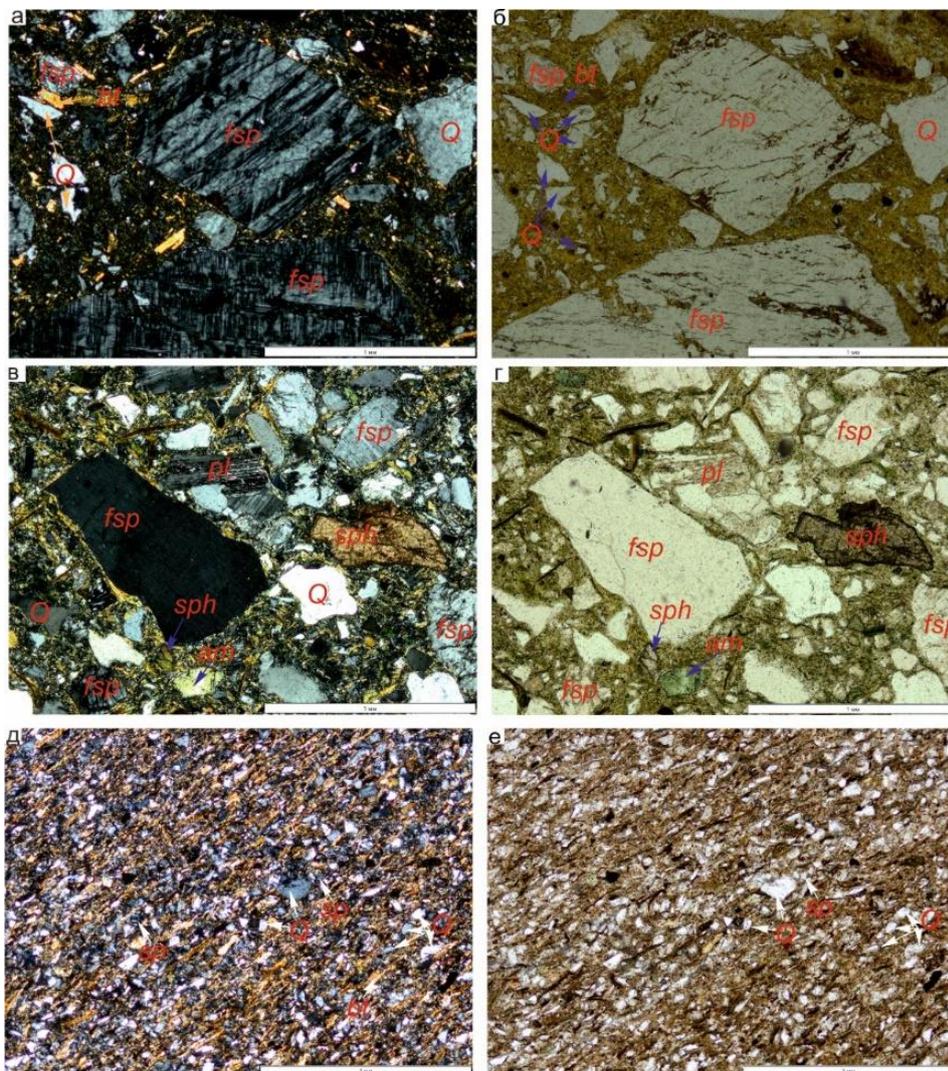


Рис. 3. Микрофотографии шлифов пород дотанхойской толщи, литотипы: а–б– DT-I (обр. 508/222); в–г– DT-II (обр. 508/193) и д–е– DT-III (обр. 508/171.5).

В породах проявлен катаклаз, пелитизация калишпата, серицитизация плагиоклаза, обломочный материал не сортирован, цемент обогащен гидроокислами железа. На микрофотографиях д–е наблюдается конформность границ зерен (отмечена красными кружками). Обозначения: am – амфибол; bt – биотит; fsp – калиевый полевой шпат; Q – кварц; sp – полевой шпат; sph – титанит. Вид в шлифах а, в, д со скрещенными николями, вид в шлифах б, г, е – с параллельными николями.

Стратоны различаются между собой по степени выветривания обломочного материала. Максимальное выветривание свойственно отложениям танхойской свиты, минимальное – отложениям квартера. Отложения аносовской свиты и дотанхойской толщи характеризуются промежуточной степенью выветривания (рис. 4б). Резкий переход от красноцветной дотанхойской толщи к сероцветным отложениям танхойской свиты выражен в снижении значений Fe_2O_3/FeO от интервала 3.1–22.5 к интервалу 0.1–3.0, последующий переход к красноцветным отложениям аносовской свиты – в возрастании Fe_2O_3/FeO до интервала 3.0–56.0 (рис. 4а).

Вдоль восток-юго-восточного борта Баргузинской долины источники обломочного материала менялись. По петрогенным оксидам и микроэлементам с использованием дискриминационных диаграмм устанавливаются источники сноса, соответствующие породам кислого состава (рис. 4в–е).

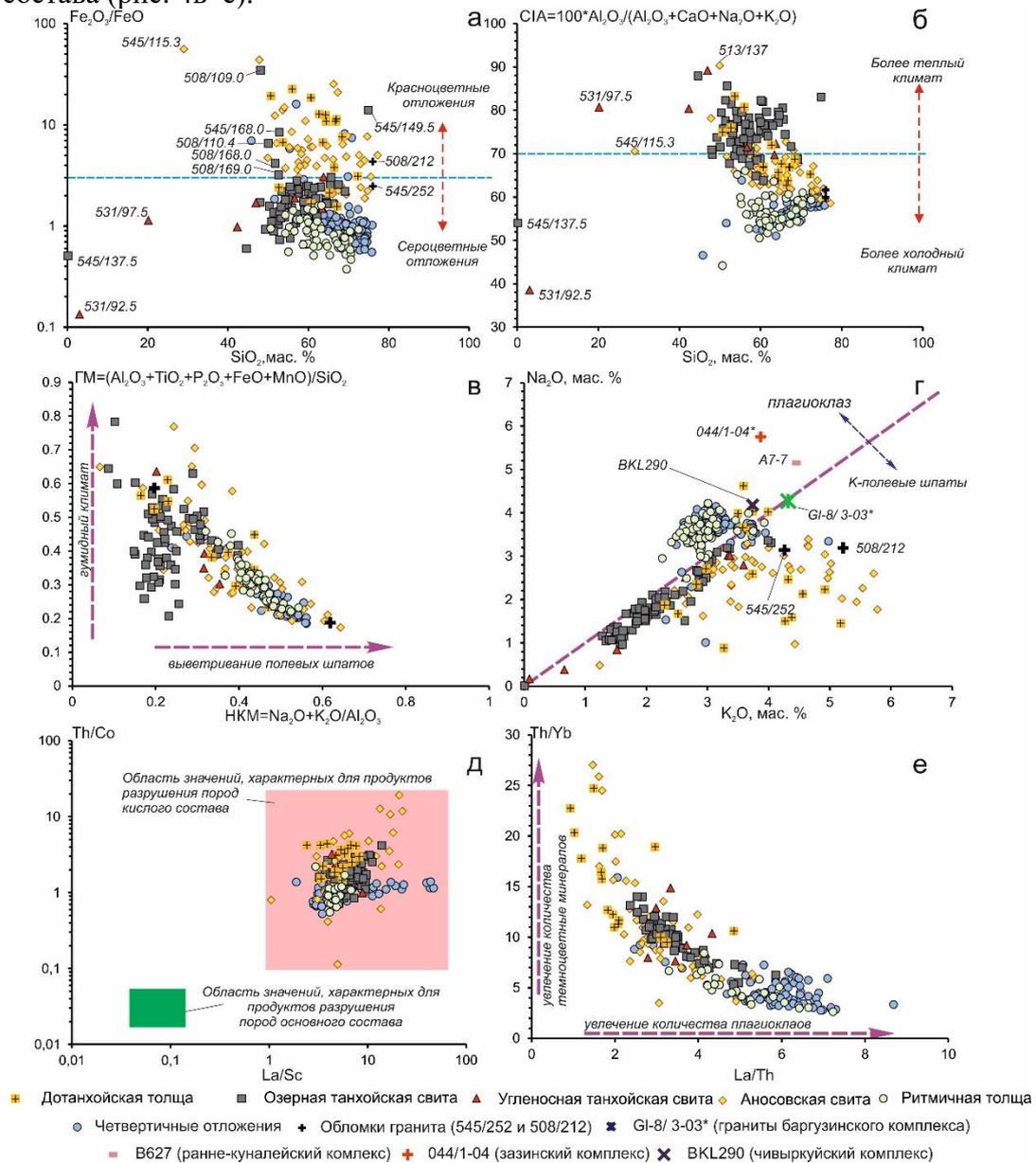


Рис. 4. Соотношения $Fe_2O_3/FeO-SiO_2$ (а), $CIA-SiO_2$ (б) $GM - HKM$ по Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [2000] (а); $Na_2O - K_2O$ по [Pettijohn, 1975] (б); $Th/Co - La/Sc$ [Cullers, 2002] (в) и $Th/Yb - La/Th$ [McLennan et al. 1980; Bhatia and Crook, 1986] (г) для отложений Баргузинской долины.

Граница между сероцветными отложениями танхойской свиты и красноцветными отложениями аносовской свиты – $Fe_2O_3/FeO=3$ [Расказов и др., 2016], между отложениями холодного и теплого климата – $CIA=70$ [Nesbitt, Young, 1982].

По ископаемым диатомовым водорослям танхойского времени различается озерная седиментация раннего миоцена, среднего-позднего миоцена и позднего миоцена-раннего плиоцена [Hassan et al., 2019; Усольцева и др., 2019; Титова и др., 2019; Usoltseva et al., 2020; Хассан и др., 2020; Усольцева и др., 2021а; Усольцева и др., 2021б ; Хассан и др., 2021б]. Выделяется 7 локальных диатомовых зон (ДЗ) (табл. 1). В наиболее древней (ранне-среднемиоценовой) диатомовой флоре ДЗ 1–3 не обнаружено диатомей, которые были бы подобны диатомеям отложений сопредельных территорий Витимского плоскогорья и Палео-Байкала. Диатомовая флора ДЗ 4–6 имеет общие виды со средне-позднемиоценовыми

диатомеями Витимского плоскогорья. Диатомовая флора ДЗ 7 коррелируется с флорой байкальских осадков верхнемиоценового-нижнеплиоценового возраста на уровне родов, но не имеет общих видов. Распространение палеоозера Бодон-1 Баргузинской долины до Витимского плоскогорья и разрыв единого бассейна с обособлением палеоозера Бодон-2 от палеоозер Витимского плоскогорья свидетельствует о позднемиоценовом образовании водораздельного Икатского хребта в начале позднетанхойского времени.

Таблица 1. Локальные диатомовые комплексы в озерных отложениях Баргузинской долины

Геохронологическая шкала		палеоозеро	№ скважины	Комплексы диатомей для каждой диатомовой зоны Баргузинской долины
плиоцен	нижний	Бодон-2	531	
миоцен	средне-верхний	Бодон-1	532	Маркером этой зоны выбран вид <i>Pseudoaulacoseira moisseevae</i> . Сопутствующими видами были <i>Aulacoseira canadensis</i> , <i>A. spiralis</i> , <i>Act. gorbunovii</i> и <i>Ellerbekia kochii</i> . Выявлено 6 планктонных, 8 литорально-планктонных и 26 бентосных.
				Доминировали представители с овальными створками, обозначенные как <i>Aulacoseira</i> sp. 5. В небольших количествах встречались <i>A. spiralis</i> , <i>A. distans</i> , <i>Aulacoseira</i> sp. 4, <i>Alv. tscheremissinova</i> , <i>A. krasskei</i> , <i>M. varians</i> , <i>E. kochii</i> . Всего обнаружено 27 видов, из них 8 планктонных, 5 литорально-планктонных и 14 бентосных.
				В качестве маркера этой зоны выделена мелкоклеточная <i>Aulacoseira</i> sp. 4. Сопутствующими видами были <i>A. spiralis</i> , <i>A. distans</i> , <i>A. italica</i> , <i>A. canadensis</i> , <i>Alv. tscheremissinova</i> , <i>Actinocyclus krasskei</i> , <i>Act. gorbunovii</i> , <i>Act. tunkaensis</i> , <i>P. moisseevae</i> , <i>M. varians</i> , <i>E. kochii</i> . Выявлено 6 планктонных, 5 литорально-планктонных и 8 бентосных таксонов.
	нижний	Уро	545, 508 и 517	Для этой зоны характерна частая смена доминирующих таксонов и разнообразие видов с неопределенным таксономическим статусом <i>Aulacoseira</i> sp. 1, <i>Aulacoseira</i> sp. 2 и <i>Aulacoseira</i> sp. 3. Встречались <i>Aulacoseira</i> cf. <i>ceretana</i> , <i>A. cf. baicalensis</i> , <i>Actinocyclus styliferum</i> , <i>E. kochii</i> , <i>Melosira undulata</i> . Обнаружено 8 планктонных, 14 литоральных и 20 бентосных таксонов.
				Зона выделена по появлению представителей рода <i>Aulacoseira</i> и доминированию <i>Aulacoseira</i> cf. <i>ceretana</i> . Сопутствующими видами были <i>A. cf. spiralis</i> , <i>A. praegrnulata</i> var. <i>praeislandica</i> , <i>A. cf. baicalensis</i> , <i>Actinocyclus styliferum</i> , <i>E. kochii</i> . Всего обнаружено 11 планктонных, 12 литоральных и 23 бентосных таксонов.
				Зона выделена по доминированию овальных створок <i>Alveolophora antiqua</i> . Сопутствующими видами были <i>Alv. baicalensis</i> , <i>Actinocyclus styliferum</i> , <i>Ellerbekia kochii</i> , <i>Melosira undulata</i> . Всего обнаружено 4 планктонных, 12 литоральных и 32 бентосных таксонов.

В плиоцене в Баргузинской долине накопились пески нижнеаносовской подсвиты, в раннем плейстоцене сформировалась мощная ритмичная песчано-алевритовая толща верхнеаносовской подсвиты, сменившаяся в среднем плейстоцене накоплением мощной однородной послепалеоаносовской песчаной толщи. Ранние пески аносовской свиты сопутствовали включению послетанхойских горообразовательных процессов. Ритмичная верхнеаносовская подсвита обозначала русловой аллювий, накопившийся при опускании впадины одновременно с быстрым (некомпенсированным осадками) погружением ложа оз. Байкал. Послеаносовская песчаная толща образовалась в результате последующей аккумуляции обломочного материала в проточных палеоозерах до Тыйской тектонической фазы перестройки рельефа, произошедшей в конце среднего плейстоцена [Хассан и др., 2019а; 2019г].

Глава 5. Разрез осадочных отложений в Тункинской долине

В главе рассмотрены результаты литогеохимических, петрографических, диатомовых и палинологических исследований осадочных отложений, вскрытых скважиной Тунка-13 в юго-восточной части суходольной Тункинской впадины.

Скважиной Тунка-13 вскрыты отложения юго-восточной окраины Тункинской впадины, залегающие выше среднемиоценового базальтового слоя возрастом 16–15 млн лет. По вариациям окисленности железа и химического индекса выветривания выделяется 9 пачек

(рис. 5): семь нижних из них (интервал 7.2–86.5 м) относятся к танхойской свите миоцена – нижнего плиоцена, восьмая (интервал 2.7–6.6 м) – к ановоской свите верхнего плиоцена – нижнего плейстоцена, девятая (интервал <2.4 м) – к послеплиоценовой песчаной толще среднего плейстоцена. Определены фации отложений: аллювий источников локального размыва (пачки 1 и 2), аллювий источников более обширного размыва (пачка 3), отложения авандельты палеозера (пачка 4), озерные отложения (пачки 5–7), вновь аллювий источников обширного размыва (пачка 8) и озерно-эоловые отложения (пачка 9) [Хассан и др., 2020; 2019д; Руднева и др., 2019].

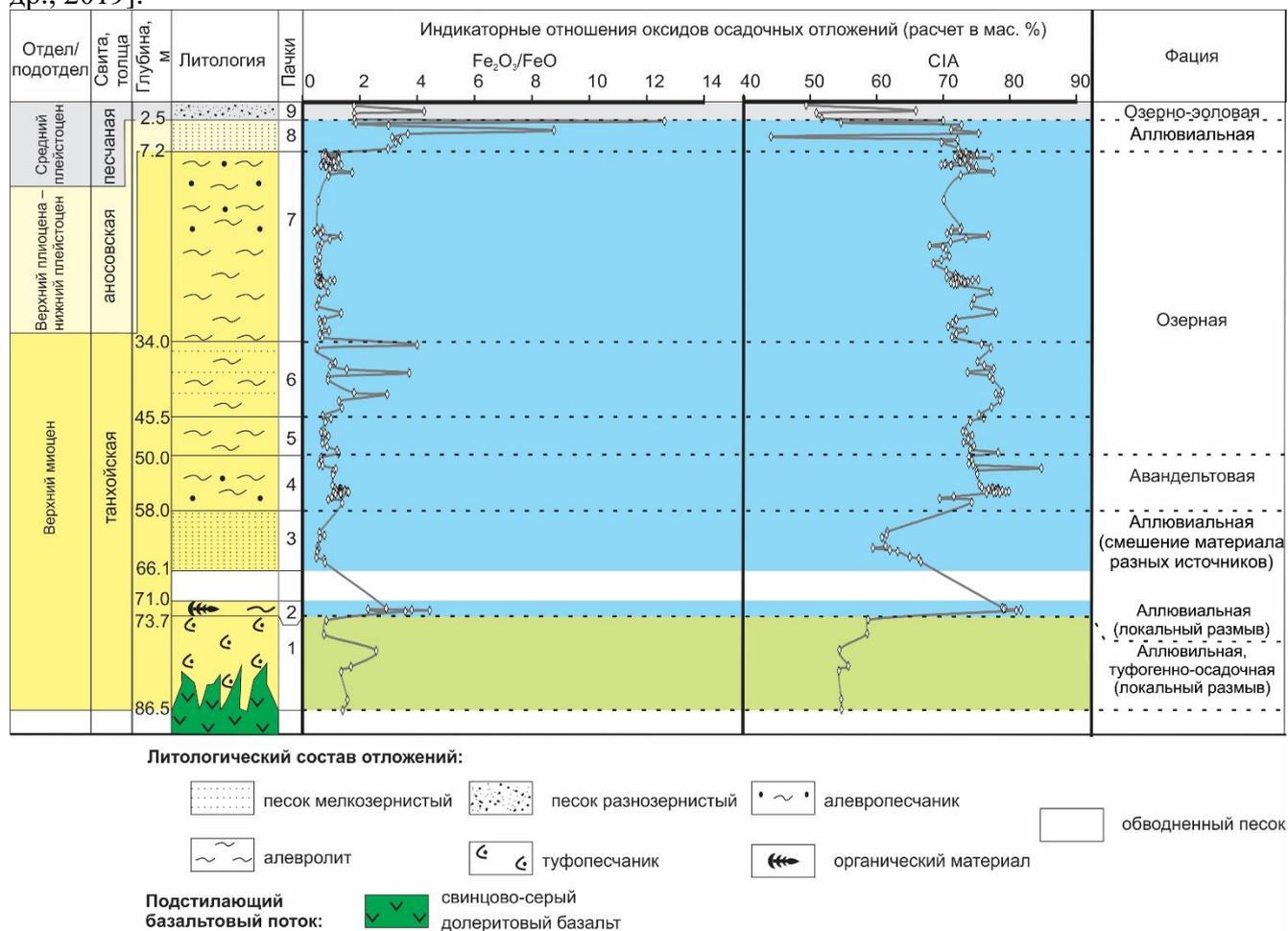


Рис. 5. Смена состава и фаций осадочных отложений в разрезе, вскрытом скважиной Тунка–13. В керне по глубине обозначены вариации окисленности железа (Fe_2O_3/FeO) и химического индекса выветривания (CIA) [Хассан и др., 2020].

Пачки: 1 – базальтовые туффиты (местный аллювий); 2 – аллювий материала кислого состава местного размыва; 3 – аллювий размыва различных источников обширной территории; 4 – отложения авандельты в палеозере; 5–7 – отложения палеозера; 8 – аллювий ановоской свиты; 9 – пески озерно-эолового происхождения.

Стратоны различаются между собой по степени выветривания обломочного материала (рис. 5). Наибольшее выветривание свойственно отложениям танхойской свиты (пачки 2–7), наименьшее – туффитам пачки 1 и среднеплейстоценовым пескам пачки 9. Отложения ановоской свиты характеризуются промежуточной степенью выветривания. Для пачки 1 в качестве источника сноса обломочного материала служили породы базальтового состава, для вышележащей части разреза – породы кислого состава (рис. 6а).

Во вскрытой части танхойской свиты различаются палинозоны ПЗ-1–ПЗ-3 позднего миоцена – раннего плиоцена (рис. 6б). ПЗ-1 характеризует растительность умеренно теплого, влажного климата позднего миоцена со значительной долей хвойных пород в составе смешанных мелколиственных лесов. ПЗ-2 соответствует растительности более теплых и

влажных условий конца позднего миоцена с развитием мезофильных хвойных лесов, в которых усиливалась роль широколиственных пород. ПЗ-3 обозначает растительность похолодания раннего плиоцена при уменьшении влагообеспеченности, которое повлекло за собой сокращение хвойных формаций и дальнейшее обеднение термофильной флоры.

В озерных отложениях пачек 5–7 выделяются диатомовые зоны (ДЗ) 1–4. ДЗ-1 обозначает преобладание планктонных диатомовых водорослей при позднемиоценовой трансгрессии глубокого палеозера, ДЗ-2–ДЗ-4 – преобладание видов, формировавшихся в зоне литорали раннеплиоценового малоглубинного озера с короткой трансгрессией глубинных вод (рис. 6в) [Хассан и др., 2020; Titova et al., 2021].

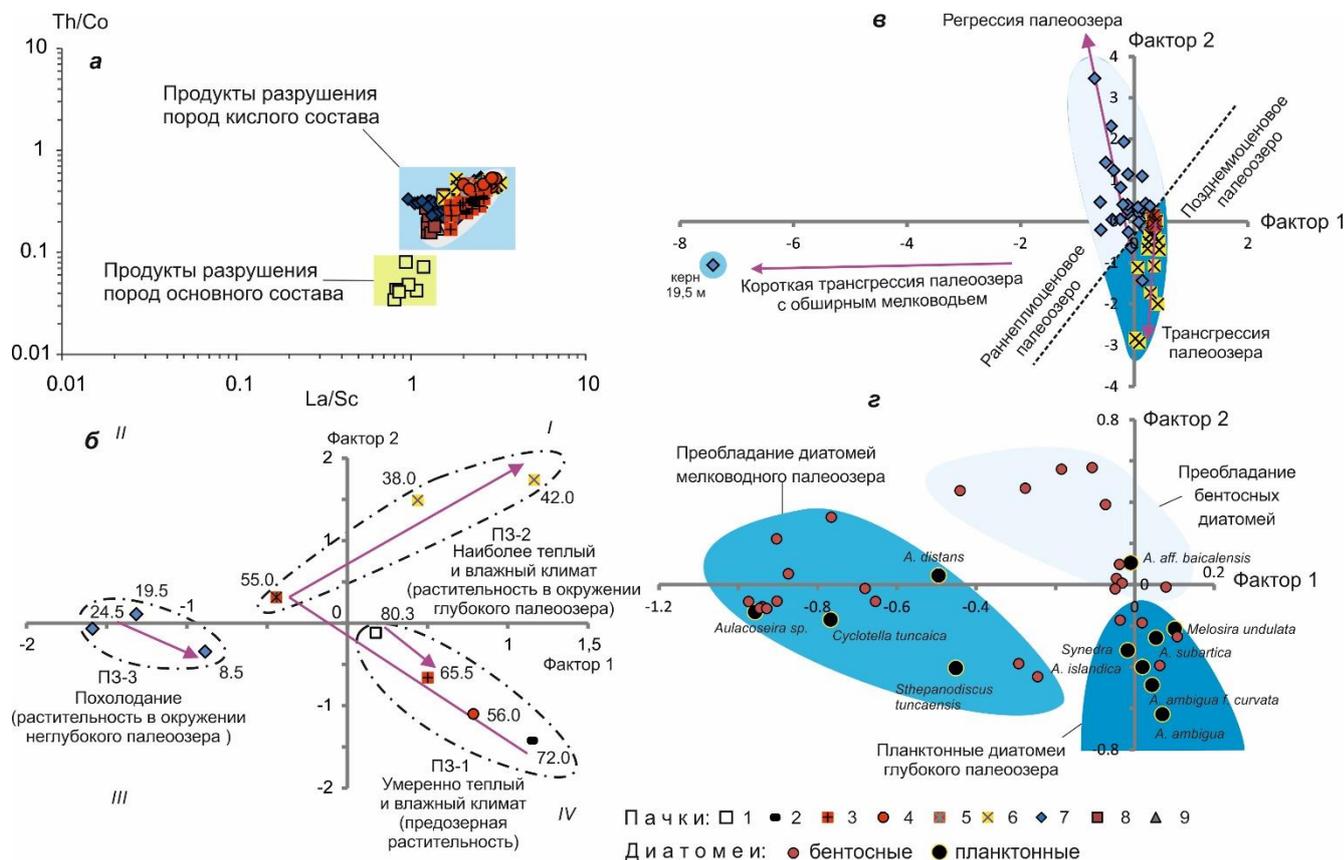


Рис. 6. Соотношение Th/Co – La/Sc по работе [Cullers, 2002] (а), факторная диаграмма спорово-пыльцевых спектров (б), факторная диаграмма для сообществ диатомей (в) и факторные нагрузки для видов (г) в отложениях Тункинской впадины [Хассан и др., 2020].

Глава 6. Корреляции

Проявление отложений олигоцена в Баргузинской долине пространственно связано с оформлением бассейнов мел-палеогенового Селенгино-Витимского передового прогиба Южно-Байкальского поднятия, предшествовавшего неоген-четвертичному образованию Южно-Байкальской впадины. Фрагментарность дотанхойской части разреза свидетельствует о позднеолигоценовой перестройке новейшей структуры в области будущего восточного дистального замыкания Южно-Байкальской впадины, в ее сочленении с Баргузинской долиной [Хассан и др., 2018а; 2019б; 2021а]. Подобное проявление отложений верхнего олигоцена в Тункинской долине отразило активизацию тектонических движений в области западного замыкания будущей Южно-Байкальской впадины, в сочленении с Тункинской долиной (рис. 1).

По ископаемой диатомовой флоре осадочных отложений танхойской свиты впадин байкальского типа и джилдинской свиты Витимского плоскогорья реконструируется последовательное образование глубоких тектонических палеозер [Hassan et al., 2019; Хассан и др., 2019д; Усольцева и др., 2019; Титова и др., 2019; Usoltseva et al., 2020; Хассан и др., 2020; Усольцева и др., 2021а; Усольцева и др., 2021б; Хассан и др., 2021б]: в раннетанхойское время

(ранний – средний миоцен) – палеоозера Уро в Баргузинской долине, в *среднетанхойское время* (средний-поздний миоцен) – палеоозера Бодон-1 в Баргузинской долине, в *средне-позднеджилдинское время* (средний миоцен, 13–12 млн лет назад и первая половина позднего миоцена, 10–9 млн лет назад) – палеоозер на Витимском плоскогорье, в *поздетанхойское время* (вторая половина позднего миоцена–ранний плиоцен, 8.0–3.6 млн лет назад) – палеоозер в Тункинской долине и палеоозера Бодон-1 в Баргузинской долине. Сходство видового состава диатомей свидетельствует о соединении глубокого средне-позднемиоценового палеоозера Бодон-1 Баргузинской долины с палеоозерами Витимского плоскогорья. Более поздние палеоозера были обособлены и содержали уникальную диатомовую флору (рис. 7).

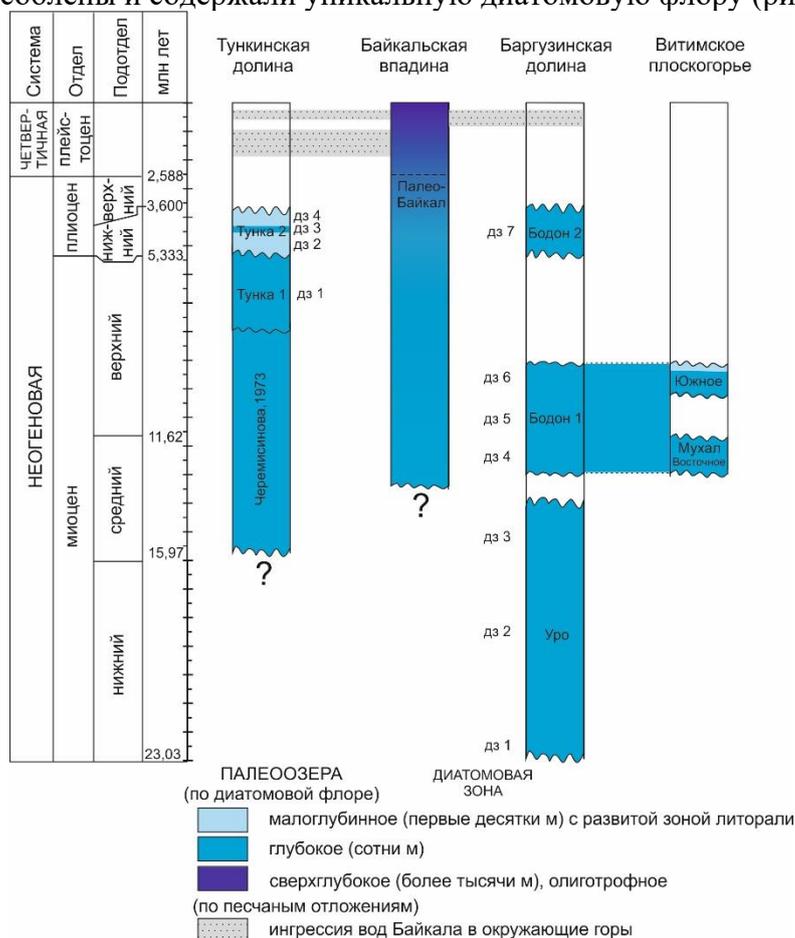


Рис. 7. Схема корреляции палеоозер центральной части Байкальской рифтовой системы.

С учетом выявленного пространственного совмещения осадочных отложений Селенгино-Витимского прогиба и Баргузинской долины, а также строения осадочных линз впадин по геофизическим данным [Зорин, 1971], реконструируются три уровня погребенного фундамента: позднеолигоценный (дотанхойский), миоценовый (раннетанхойский) и раннеплейстоценовый (позднеаносовский) (рис. 8).

Мощность отложений в котловинах Баргузинской долины (Джидинской (Джидотойской), Усть-Миндайской и Усть-Гаргинской) не превышает 2000 м, увеличиваясь в центральной Хонхинской котловине долины до 2500 м. Танхойский уровень обозначается максимальным погружением центральной части Баргузинской долины, где в основании разреза находятся миоценовые отложения [Конева, 1955]. На северо-восточном и юго-западном окончаниях долины глубина впадин уменьшается. По согласованным мощностям отложений танхойской и аносовской свит погружение Баргузинской долины с центрированием на Хонхинской впадине датируется танхойским и аносовским временем.

Хонхинский раннетанхойский депоцентр сменяется к юго-западу резко поднятым Усть-Миндайским депоцентром, а ближе к Шаманскому отрогу, отделяющему Баргузинскую долину

от Южно-Байкальской впадины, расположен Джидинский депоцентр, который оказывается ниже Усть-Миндайского. В Джидинской впадине находятся дотанхойские отложения, диссонирующие по мощностям с вышележащими отложениями танхойской и аносовской свит. Диссонанс мощностей предполагает фиксацию уровня Джидинского депоцентра дотанхойскими отложениями.

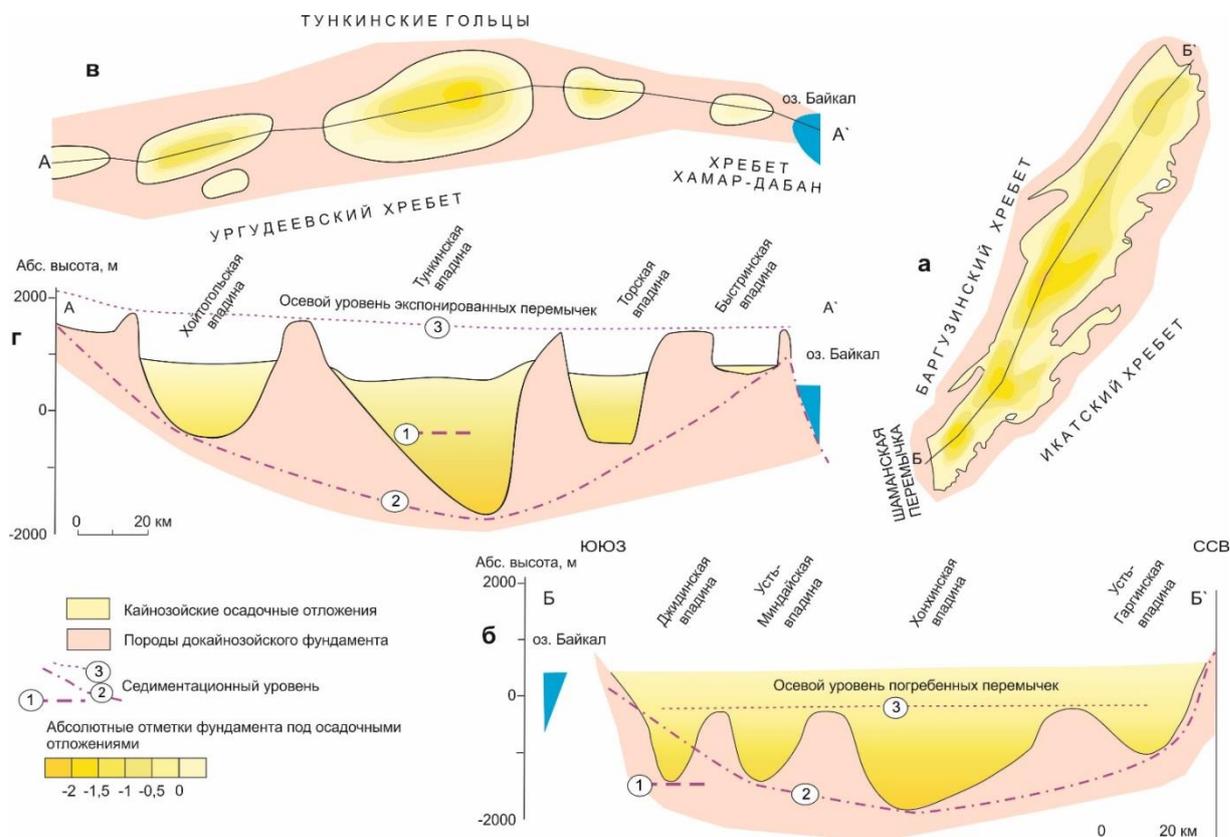


Рис. 8. Глубины впадин осадочного наполнения Баргузинской (а) [Хассан и др., 2021а] и Тункинской (в) долин по геофизическим данным и соответствующие продольные осевые профили долин (б, г). Цифры в кружках на профилях обозначают уровни: дотанхойский (1), раннетанхойский (2) и позднеаносовский (2–3 млн лет) в Баргузинской долине и послееаносовский (~0.8 млн лет) в Тункинской долине (3) (объяснения в тексте). Используются оценки глубин впадин Ю.А. Зорина [1971].

По междувпадинным перемычкам, погребенным вдоль осевой линии долины под ритмичными отложениями Баргузинской долины на глубине 700 м, обозначается единый уровень, резко ограниченный северо-восточным и юго-западным замыканиями долины. Уравнивание перемычек между собой свидетельствует о погружении дна Баргузинской долины как единого тектонического блока. Верхняя часть разреза долины сложена ритмичным аллювием, поэтому осевой уровень погребенных перемычек датируется ранним плейстоценом.

Современное днище юго-западной части долины, образованное аллювиальной равниной меандр р. Баргузин и ее крупных притоков, находится почти на уровне зеркала оз. Байкал (456 м). С одной стороны, переход от нижнеплейстоценовой ритмичной толщи к среднеплейстоценовой песчаной в целом соответствует современному днищу долины. Следовательно, ритмичные отложения накапливались в опускавшемся блоке Баргузинской долины при контроле вреза Палео-Баргузина базисом эрозии, находившимся в Южно-Байкальской впадине. Положение тальвега раннеплейстоценовой палеодолины на 700 м ниже современного днища долины свидетельствует о накоплении ритмичной толщи одновременно с опусканием ложа Южно-Байкальской впадины. Ритмичность сменилась накоплением однородных песков, когда опускание днища этой впадины, не компенсированное осадочными

отложениями, привело к ее наполнению озерной водой до уровня равнинного профиля р. Баргузин. В Баргузинской долине началось накопление однородных песков, подобных пескам дельты Селенги.

Подобные уровни прослеживаются вдоль Тункинской долины. Также как в Баргузинской долине, глубины впадин имеют максимум в центральной части долины (Тункинский депоцентр) и уменьшаются к ее западному и восточному окончаниям, фиксируя наиболее глубокий раннетанхойский уровень осадконакопления. Дотанхойский уровень находится южнее и выше Тункинского депоцентра. Осевой уровень междувпадинных перемычек, однако, в отличие от погребенного уровня Баргузинской долины, экспонирован и высоко поднят над современным тальвегом долины (рис. 8). Поднятию Еловской междувпадинной перемычки предшествовал вулканизм в интервале 2.4–0.8 млн лет назад. Поверхность перемычки наклонялась в сторону Тункинской впадины при завершении вулканизма [Рассказов и др., 2010]. Следовательно, сначала (2–3 млн лет назад) установился режим, повлекший за собой опускание и погребение междувпадинных перемычек Баргузинской долины, а затем (около 0.8 млн лет назад) резко морфологически обозначились перемычки Тункинской долины. Различие осевых уровней перемычек характеризует Баргузинскую долину как структуру центральной части Байкальской рифтовой зоны, в целом согласующуюся по нисходящим позднеаносовским движениям с нисходящим движением дна Южно-Байкальской впадины, а Тункинскую долину как структуру Хангай-Бельской орогенной зоны с восходящими и дифференцированными движениями, резко отличающимися от этих нисходящих движений.

Корреляции осадочных отложений в Баргузинской и Тункинской долинах свидетельствуют о дотанхойском, раннем, среднем и позднем танхойских, раннем и позднем аносовских и, наконец, раннем и позднем послеплейстоценовых этапах осадконакопления. Общее развитие Баргузинской долины было более согласовано с развитием Южно-Байкальской впадины как ее дистальной структуры в Байкальской зоне, чем развитие Тункинской долины, испытавшей инверсию движений в результате сжатия литосферы в Хангай-Бельской зоне [Хассан и др., 2021a].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа новых литологических, петрографических, геохимических, палинологических и диатомовых данных, полученных для осадочных отложений в Баргузинской и Тункинской долинах по керну буровых скважин, следует:

1. Олигоценые отложения, охарактеризованные прежде В.Н. Мазилковым и др. [1993] в Тункинской долине коррелируются с верхней частью толщи олигоцена, обнаруженной в разрезе Уро Баргузинской долины. В обоих случаях они имеют локальный характер и отличаются от миоцен-нижнеплиоценовых отложений танхойской свиты впадин байкальского типа по положению в погребенном рельефе кристаллического ложа, а также по литологическим и палеонтологическим характеристикам. Отложения рассматриваются как дотанхойские, связанные со сменой развития палеогенового Южно-Байкальского орогена и предорогенных прогибов развитием неоген-четвертичной Байкальской рифтовой системы.

2. В Баргузинской долине Байкальской рифтовой зоны различаются 7 этапов осадконакопления: 1) ранне-среднемиоценовый (раннетанхойский), 2) средне-позднемиоценовый (среднетанхойский), 3) позднемиоценовый-раннеплиоценовый (поздетанхойский), 4) позднеплиоценовый (раннеаносовский), 5) раннеплейстоценовый (позднеаносовский), 6) среднеплейстоценовый (ранний послеплейстоценовый) и 7) позднеплейстоценовый-голоценовый (поздний послеплейстоценовый). Стратоны имеют разную степень выветривания обломочного материала. Наибольшее выветривание свойственно отложениям танхойской свиты, наименьшее – послеплейстоценовым. Отложения аносовской свиты характеризуются промежуточной степенью выветривания.

3. По данным диатомового и спорово-пыльцевого анализов отложений Баргузинской долины обосновываются три этапа развития крупных палеозер: раннетанхойский, среднетанхойский и поздетанхойский. Различается 7 локальных диатомовых зон (ДЗ1–7).

Раннетанхойское палеозеро Уро характеризуется диатомеями ДЗ 1–3, не распространенными в палеозерах сопредельных территорий, среднетанхойское палеозеро Бодон-1 – диатомеями ДЗ4–6, характерными на уровне видов для озер Витимского плоскогорья, а позднетанхойское озеро Бодон-2 – диатомеями ДЗ7, подобными диатомеям Палео-Байкала на уровне родов, но не имеющих общих видов.

4. По результатам гранулометрического анализа верхнеаносовского песчано-алевритового ритмичного аллювия и ранних послепалеоаносовских однородных песков предполагается, что ритмичный аллювий накапливался в условиях опускания палеодолины одновременно с ускоренным (не компенсированным терригенными осадками и водой) погружением ложа Палео-Байкала, а переход к однородным пескам связывается с установившимся контролем врезания Пра-Баргузина уровнем Палео-Байкала. В этих условиях основную роль играла дельто-подобная седиментация в слабопроточных озерных водоемах.

5. В осадочном наполнении Тункинской долины изучен разрез отложений танхойской, аносовской свит и плейстоценовых песков, залегающих со стратиграфическим перерывом выше базальтового потока возрастом 15–16 млн лет. В составе танхойской свиты выделены фации туффитов локального размыва, аллювия обширного размыва и авандельты палеозера с переходом к озерным отложениям, в составе аносовской свиты – аллювиальная фация обширного размыва и в составе песчаной толщи – озерно-эоловая фация. В материале фации туффитов локального размыва и озерно-эоловой фации определена малая степень выветривания, а в материале аллювиальных, авандельтовых и озерных отложений танхойской свиты – высокая степень выветривания при промежуточном выветривании отложений аносовской свиты.

6. Отложения танхойской и аносовской свит Тункинской долины охарактеризованы палинокомплексами ПК-1–ПК-3 позднего миоцена-раннего плиоцена. ПК-1 представляет растительность умеренно теплого, влажного климата позднего миоцена со значительной долей хвойных пород в составе смешанных мелколиственных лесов. ПК-2 соответствует растительности более теплых и влажных условий конца позднего миоцена с развитием мезофильных хвойных лесов, в которых усиливалась роль широколиственных пород. ПК-3 обозначает растительность похолодания раннего плиоцена при уменьшении влагообеспеченности, которое повлекло за собой сокращение хвойных формаций и дальнейшее обеднение термофильной флоры. В озерных отложениях Тункинской долины выделены диатомовые зоны ДЗ-1–ДЗ-4. ДЗ-1 обозначает преобладание планктонных диатомовых водорослей при позднемиоценовой (позднетанхойской) трансгрессии глубокого палеозера, ДЗ-2–ДЗ-4 – преобладание видов, формировавшихся в зоне литорали раннеплиоценового малоглубинного озера с короткой трансгрессией глубинных вод.

7. Из общего сопоставления осадочного наполнения Баргузинской и Тункинской долин сделан вывод о резком проявлении несогласованности их развития как дистальных структур Южно-Байкальской впадины в позднеаносовское и послепалеоаносовское время.

Публикации в журналах (Список ВАК)

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. 2019а. 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.

Трегуб Т.Ф., Волков М.А., **Хассан А.И.**, Хамуд А.Аль. Эволюция состава палинокомплексов для отложений аллювиальной формации Байкальской рифтовой зоны в неогене // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2020. № 1. С. 39–50.

Хассан А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Титова Л.А., Кулагина Н.В., Усольцева М.В. Идентификация озерных отложений верхнего миоцена – нижнего плиоцена в суходольной Тункинской впадине Байкальской рифтовой зоны // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 116 № 2. С. 262–284. (**scopus Q3 и web of science**)

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. (scopus Q3 и web of science)

Публикации в журналах (Список scopus Q1-2 и web of science)

Hassan A., Usoltseva M., Rasskazov S., Chuvashova I., Titova L. The first study of fossil diatom flora from Middle Miocene-Lower Pliocene lacustrine sediments in Barguzin Valley, Baikal Rift Zone // Quaternary international. 2019. V 524. P. 24–30.

Titova L, **Hassan A.**, Mikhailov I, Rodionova E, Rasskazov S, Usoltseva M. Diversity and Ecology of Diatoms in Pliocene Deposits of the Tunka Valley (Baikal Rift Zone) // Diversity. 2021. 13(10): 479.

Статьи в других журналах:

Усольцева М.В., Титова Л.А., **Хассан А.**, Чувашова И.С., Рассказов С.В. Центрические диатомовые водоросли из палеозер Байкальской рифтовой зоны, Россия // Вопросы современной альгологии. 2019. № 2 (20). С. 279–284.

Usoltseva M.V., **Hassan A.**, Rodionova E.V., Titova L.A., Chuvashova I.S., Rasskazov S.V. The first finding of diatoms from the Early Miocene lacustrine deposits of the Barguzin Valley (Baikal Rift Zone) // Limnology and Freshwater Biology 2020 (4): 752-754.

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): 588-590.

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. 2021а. Т 1, № 1. С. 54-73.

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. 6–14.

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.

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.

Работы, опубликованные в сборниках и материалах конференций:

Хассан А., Чувашова И.С., Рассказов С.В. Строение разреза осадочной толщи верхнего кайнозоя в Усть-Миндайсской впадине Баргузинской долины. Научная конференция студентов и молодых ученых по наукам о Земле. ИГУ, Иркутск, 2016, выпуск 19, С. 100–101.

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.

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.**, Хамуд А.Аль, 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.

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.

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.

Хассан А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Усольцева М.В., Федин А.Ю. Соотношения стратонов в осадочном наполнении южной части Баргузинской долины // Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии: материалы V Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию Геологического института СО РАН (Улан-Удэ). Изд-во БУГ, 2018а. - С. 364-366.

Хассан И.А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Руднева Н.А. Литолого-минералогический анализ осадочных отложений в разрезе Бодон Баргузинской долины Байкальской рифтовой системы // 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, 2018б.– С. 76–77.

Усольцева М.В., Титова Л.А., Чувашова И.С., **Хассан А.**, Рассказов С.В. Ископаемые диатомовые водоросли в неогеновых палеоводоемах Байкальской рифтовой зоны // Международной конференции «пресноводные экосистемы – современные вызовы». Иркутск: Лимнологический институт СО РАН, 2018.– С. 385–387.

Хассан И.А., Чувашова И.С., Титова Л.А., Усольцева М.В., Руднева Н.А. Олигоцен–нижнеплиоценовые отложения Баргузинской долины: корреляции с отложениями Витимского плоскогорья по результатам палинологического и диатомового анализов // XXVIII Всероссийская молодежная конференция Строение литосферы и геодинамика. Иркутск, 2019б. С. 173–175.

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 стратонів 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. 2019в.– С. 228–230.

Хассан И.А., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Рассказов С. В., Чувашова И.С., Кулагина Н.В. Гидродинамические условия формирования четвертичной ритмичной толщи песчаного массива верхний Куйтун в Баргузинской долине на основе данных гранулометрического анализа // Материалы IV Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых, посвященного 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева. Иркутск, ИЗК СО РАН. 2019.г– С. 225–227.

Хассан А., Рассказов С.В., Усольцева М.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Титова Л.А., Кулагина Н.В. Идентификация озерной фации в отложениях среднего миоцена-квартера Тункинской впадины Байкальской рифтовой зоны по диатомеям и геохимическим характеристикам // IX Всероссийского литологического совещания (с международным участием). КФУ, Казань. 2019д.– 488–489.

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.

Hassan Abdulmonem, Usoltseva Marina, Rasskazov Sergei, Chuvashova Irina, Titova Lyubov'. Diatomic reconstructions of the Middle Miocene – Early Pliocene tectonic paleo-lakes in Barguzin Valley: Correlations with paleo-Baikal and paleo-lakes on Vitim Plateau, Baikal Rift Zone // Geophysical Research Abstracts, vol. 21, EGU2019-11836, 2019.

Титова Л.А., **Хассан И.А.,** Усольцева М.В., Чувашова И.С. Зональная стратиграфия миоцен-плиоценовой диатомовой флоры озерных отложений баргузинской долины // XXVIII Всероссийская молодежная конференция Строение литосферы и геодинамика. Иркутск, 2019.– С. 163–164.

Руднева Н.А., **Хассан И.А.,** Аль Хамуд А, Чувашова И.С., Титова Л.А., Усольцева М.В. Корреляции кайнозойских стратонів Витимского плоскогорья и Тункинской впадины по вариациям химического состава в слоях осадочных отложений // XXVIII Всероссийская молодежная конференция Строение литосферы и геодинамика. Иркутск, 2019.– С. 132–133.

Хассан А., Титова Л.А., Чувашова И.С., Усольцева М.В., Решетова С.А., Рассказов С.В. Стратиграфия озерных неогеновых отложений Баргузинской долины // Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике. Улан-Удэ – Горячинск, ГИ СО РАН. 2021б. С. 124–126.

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.

Усольцева М.В., Титова Л.А., **Хассан А.,** Рассказов С.В. Зональная диатомовая шкала неогена Забайкалья // XVII Международная научная конференция «Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия». Беларусь, г. Минск, Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича» 2021а.– С. 124–126.

Усольцева М.В., **Хассан А.,** Родионова Е.В., Чувашова И.С., Рассказов С.В., Титова Л.А., Таксономическая, стратиграфическая и эколого-географическая характеристика диатомей из миоценовых отложений Баргузинской долины // Материалы науч. онлайн-сессии. Новосибирск: ИНГТ СО РАН, 2021б. – С. 417-421.

Титова Л.А., **Хассан А.,** Усольцева М.В. Диатомовые водоросли Тункинской впадины: стратиграфическая и эколого-географическая характеристика // XVII Международная научная конференция «Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия». Беларусь, г. Минск, Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича» 2021.– С. 182–184.