



УДК 552.143+552.51+551.77

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.30.108>

Временные вариации состава кайнозойских отложений на Танхойской тектонической ступени Южного Байкала

А. Аль Хамуд

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Университет Альфурата, Дер-Аль-Зур, Сирия*

С. В. Рассказов, И. С. Чувашова

*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия
Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

Т. Ф. Трегуб, М. А. Волков

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Н. В. Кулагина

Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия

В. Л. Коломиец, Р. Ц. Будаев

*Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ
Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова, г. Улан-Удэ, Россия*

Аннотация. На Танхойской тектонической ступени, занимающей промежуточное положение между поднятием хр. Хамар-Дабан и опусканием днища Южно-Байкальской впадины, изучены осадочные отложения опорного Мишихинского разреза, в котором выделено шесть пачек: 1) полифацальная, охристая; 2) «синих глин»; 3) преимущественно алевролитовая с прослоями бурого угля; 4) песчано-алевритовая с фрагментами «синих глин»; 5) песчаная и 6) валунно-галечная. В двух нижних пачках определена пыльца широколиственных пород, в третьей – пыльца темнохвойных и широколиственных пород, в четвертой – пыльца светлохвойных сосново-лиственничных и темнохвойных лесов с хорошо развитым травяно-кустарниковым подлеском, в пятой и шестой – споры и пыльца растительности, близкой к современной. По составу спорово-пыльцевых спектров четыре нижние пачки датируются соответственно верхним эоценом, верхним олигоценом, нижним миоценом, средним – верхним миоценом, а две верхние – кватерном. Первые две пачки относятся к мишихинской толще, третья пачка – к танхойской свите, четвертая – к осинонской свите, пятая и шестая – к перекрывающему осадочному покрову. Предполагается, что эоцен-олигоценовая мишихинская толща с существенной составляющей глинистого материала формировалась в слаборасчлененном Селенгино-Витимском прогибе. «Синие глины» маркировали размыв милонитов шовной зоны Сибирского кратона на Протобайкальском поднятии, разделявшем Предбайкальский и Селенгино-Витимский прогибы в мелу и палеогене. Нижнемиоценовый слой танхойской свиты по-прежнему обозначал поступление глинистого материала в условиях слаборасчлененного рельефа. При нарастании его контрастности в среднем – позднем миоцене глинистый материал танхойской свиты сменился обломочным аллю-

виальным материалом осиновской свиты, транспортированным с хр. Хамар-Дабан. Распространение глинистого материала в верхней части осиновской свиты свидетельствовало о размыве прежде накопленных 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.

Ключевые слова: Байкал, литология, стратиграфия, споры, пыльца, кайнозой.

Для цитирования: Временные вариации состава кайнозойских отложений на Танхойской тектонической ступени Южного Байкала / А. Аль Хамуд, С. В. Рассказов, И. С. Чувашова, Т. Ф. Трегуб, М. А. Волков, Н. В. Кулагина, В. Л. Коломиец, Р. Ц. Будаев // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 30. С. 108–129. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.30.108>

Введение

Байкальская рифтовая зона – классическая континентальная рифтовая структура, оформившаяся, по представлениям Н. А. Логачева [1974, 2003], уже в палеоцене и развивавшаяся до настоящего времени. Гипотеза о таком развитии рифтогенеза в Байкальском регионе основывалась на трех фактах. Во-первых, на флангах Байкальской рифтовой зоны, в Предбайкальском и Селенгино-Витимском прогибах, были выявлены осадочные и осадочно-вулканогенные комплексы пород возрастного диапазона от пограничных слоев мела – палеогена до квартера. Во-вторых, в Тункинской долине, на Ахаликском месторождении бурых углей, скважинами была вскрыта 60-метровая, предположительно, палеоценовая вулканогенно-осадочная толща. В-третьих, в Южно-Байкальской впадине, в дельте р. Селенги, скважина «Степной дворец» достигла эоценовых отложений на глубине 3200 м. В не вскрытой нижележащей части разреза допускалось залегание палеоценовых отложений. В Южно-Байкальской впадине выделялись три этапа: 1) доорогенный (позднемеловой – палеогеновый), 2) раннеорогенный (миоценовый) и 3) позднеорогенный (плиоцен-четвертичный) [Mats, 2012].

Из-за фрагментарности имеющейся информации об осадочных отложениях впадин центральной части Байкальской рифтовой системы история их формирования остается слабо обоснованной. На побережье озера с его обеих сторон многие поверхности тектонических ступеней покрыты корой выветривания, озерно-речными отложениями и делювиальными осыпями. Обширные предгорные ступени отставали в своем развитии от поднятия хребтов и погружения дна котловин, задержавшись на высотном уровне мел-палеогенового рельефа.

Для реконструкций развития новейшей структуры Южного Байкала важнейшее значение имеют отложения Танхойского третичного поля, покоящиеся на тектонической ступени южного побережья Байкала. Отложения прослеживаются вдоль подножия хр. Хамар-Дабан, от долины р. Шанхаихи до пос. Боярский, непрерывной полосой шириной до 8 км. Стратиграфическое расчленение и корреляция отложений на Танхойской тектонической ступени до сих пор вызывает множество вопросов. Для определения характера возрастной смены отложений этой территории в настоящей работе проводится анализ литологического и химического состава отложений нового

опорного Мишихинского разреза с их возрастной оценкой по спорово-пыльцевым спектрам в сопоставлении с составом отложений стратиграфических подразделений, принятых в предшествующих работах.

История исследований

Изучение Танхойского третичного поля имеет длительную историю. В 1857 г. Н. Меглицким угленосные отложения южного побережья оз. Байкал были отмечены впервые как каменноугольные, в 1874 г. А. Чекановским рассматривались как юрские и в 1877 г. И. Д. Черским были отнесены к третичным по обнаруженным отпечаткам граба и раковин палюдин. В 1904 г. В. К. Яковлевым был охарактеризован разрез третичной осадочной толщи с ее подразделением на нижнюю (угленосную) и верхнюю (безугольную) части. В 1930-х гг. работами Е. С. Рамельмейер было положено начало био-стратиграфических исследований разновозрастных третичных отложений территории. По определению фауны, отобранной Г. Е. Рябухиным, она высказала предположение об олигоценовом возрасте осадков, содержащих фауну *Viviparis*. В 1951 г. Г. Г. Мартинсоном установлена малакофауна из нижних песчано-глинистых переемнинских отложений, датированная им средним миоценом – плиоценом.

В более позднем датировании осадочных стратонов значительное место заняли палинологические исследования. В 1956 г. М. А. Седова, изучившая разнофациальные отложения Танхойского третичного поля, выделила спорово-пыльцевые комплексы, датированные средним миоценом – плиоценом. Н. А. Логачевым в 1958 г. угленосная и красноцветная свиты впадин байкальского типа были обозначены стратотипами в районе ст. Танхой (танхойская свита) и в долине р. Аносовки (аносовская свита). При палинологических исследованиях В. М. Климановой в составе танхойской свиты различались слои нижнего – среднего миоцена, обнажающиеся в долинах рек Осиновки Танхойской, Ушаковки, Половинки и Ключевки, и вышележащие глинисто-песчаные и углистые отложения, обнажающиеся в долинах рек Осиновки Танхойской, Переемной и Ушаковки. Отложения аносовской свиты, развитые в бассейнах рек Осиновки Кедровой, Аносовки и Дулихи, были датированы средним – верхним плиоценом [Логачев, 1972]. К середине 1970-х гг. сложилось представление о формировании во впадинах байкальского типа двух основных стратонов – танхойского и аносовского. Нижний возрастной предел отложений танхойской свиты южного побережья оз. Байкал не опускался ниже середины олигоцена, верхний – не поднимался выше первой половины плиоцена. Аносовская свита датировалась плиоценом – эоплейстоценом [Логачев, 1974].

На Танхойской тектонической ступени особое значение придавалось «контактной пачке синих глин», залегающих в основании разреза третичных отложений. На ее существование впервые указал в 1931 г. Ю. М. Шейнманн. Отложения этого типа, вскрытые в основании разреза на левобережье р. Осиновки Танхойской и на левобережье р. Безголовки, относились к до-танхойским [Отложения..., 2014]. Горизонт «синих глин» отмечался на р. Половинке [Mats, 2013].

В работе [Отложения..., 2014] вслед за работами Н. А. Логачева [1974, 2003] предполагалось накопление миоцен-нижнеплиоценовых толщ Танхойского поля в связи с образованием Южно-Байкальской впадины. Угленосная (танхойская) свита и красноцветная (аносовская) свита в южнобайкальском типе разреза на территории распространения аносовской свиты в западной части Танхойского поля, однако, были признаны В. Д. Мацем как не соответствующие принятым для нее возрастным границам. В нижней части обнажения стратотипа аносовской свиты на р. Аносовке был вскрыт слой, содержащий споры и пыльцу позднего миоцена. Предлагалось упразднить название «аносовская свита» и различать свиты с новыми названиями – осиновская и шанхаихинская. Шанхаихинская свита со стратотипом в междуречье Шанхаиха – Аносовка получала возрастной интервал, принимавшийся прежде для аносовской свиты. Несмотря на заключение В. Д. Маца, название «аносовская свита» использовалось в легендах всех изданных государственных геологических карт.

Осиновская свита была выделена в западной части Танхойского поля (на территории распространения аносовской свиты) со стратотипом, охарактеризованным по р. Осиновке Кедровой. Возраст этой свиты сопоставлялся с возрастом танхойской свиты. Предполагалось, что ранние слои осадочных отложений Осиновской палеодолины несколько моложе слоев Мишихинско-Клюевской палеодолины. Мишихинско-Клюевская речная палеодолина заложилась на рубеже олигоцена – миоцена (или в раннем миоцене), Осиновская – на рубеже раннего – среднего миоцена [Отложения..., 2014]. В сущности, известные типы разрезов танхойской свиты, насыщенные прослоями углей (танхойский тип, озерно-болотная фация и мишихинско-клюевский тип, аллювиальная фация), замеченные Г. Б. Пальшиным [1955], дополнялись осиновским аллювиальным типом разреза без угольных прослоев (или с редкими тонкими прослоями). В связи с этим мы используем название «осиновская свита» для обозначения стратона, в целом одновозрастного танхойской (угленосной) свите, но не содержащего угольных прослоев. Этот стратон, в отличие от танхойской свиты, обозначал сравнительно глубокое эрозионное расчленение рельефа.

Объект и методы исследований

Разрез правобережья р. Мишихи был вскрыт при проходке федеральной трассы в 2014 г. Задokumentированы обнажения южного и северного бортов дороги. Слои южного фрагмента разреза (рис. 1) почти не деформированы. Они залегают с небольшим наклоном (до 5°) в западном направлении при общей мощности около 20 м (рис. 2). Слои северного фрагмента разреза испытали сильные тектонические деформации, в результате которых было существенно нарушено первичное залегание слоев. Это обстоятельство заставляет разделять данные, полученные для южного и северного фрагментов. Строение северного фрагмента Мишихинского разреза будет рассмотрено в отдельной работе.

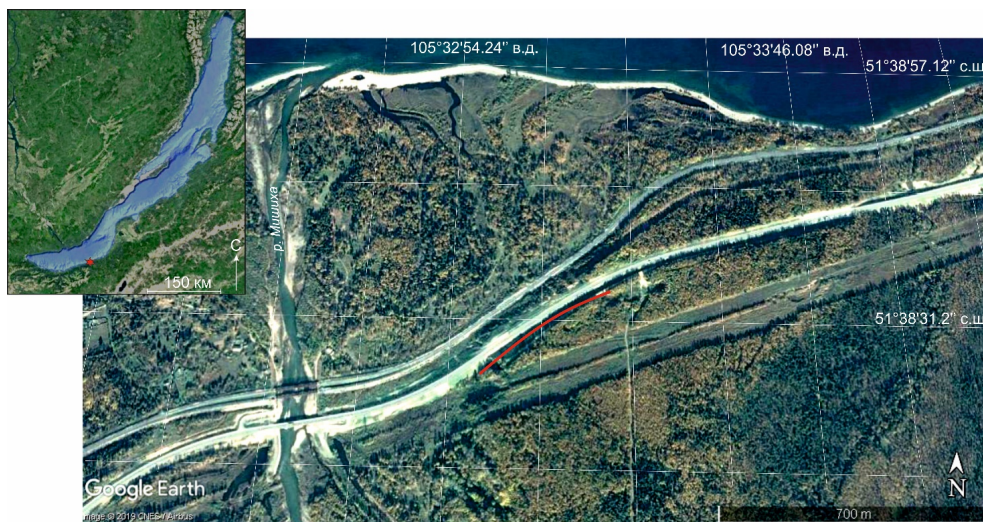


Рис. 1. Местоположение изученного южного фрагмента разреза (красная линия) на правом берегу р. Мишихи, шоссейная дорога Иркутск – Улан-Удэ. Красная звездочка на врезке обозначает устье р. Мишихи

Для наиболее тонкозернистых отложений глинистого и алевроитового (редко песчанитового) состава определены содержания петрогенных оксидов методом «мокрой химии» в аналитическом центре Института земной коры (химик-аналитик – Г. В. Бондарева). Микроэлементный состав пород установлен методом индуктивно связанной плазменной масс-спектрометрии (ИСП-МС) (химическая подготовка проб – М. Е. Марковой, измерения и обработка данных – Т. А. Ясныгиной) на приборе Agilent 7500se в Центре коллективного пользования «Микроанализ» (ЛИН СО РАН). Спорово-пыльцевые спектры дочетвертичных отложений разреза определялись в биостратиграфической лаборатории Воронежского госуниверситета. По результатам общего анализа спор и пыльцы всего разреза в соответствии с составом палинокомплексов были выделены три палинозоны с дополнительным разделением на подзоны. Палинологический анализ четвертичных отложений выполнен в лаборатории кайнозоя Института земной коры СО РАН.

Строение разреза

В разрезе различаются шесть пачек (снизу вверх).

Пачка 1 (полифациальная, охристая):

- в самой нижней вскрытой части (интервал 0,00–0,55 м) переслаиваются аргиллиты темно-серые и песчаники тонкозернистые, светло-серые, слабо сортированные. Мощность прослоев аргиллитов варьируется от 3 до 10 см. Отложения слабо обохрены;

- интервал 0,55–2,00 м представлен песчаниками с линзами гравийного, мелкогалечно-гравийного материала, слабо сцементированного, светло-коричневого. Мощность линз до 0,2 м. Слоистость наклонная, косая. Песчаники обохрены;

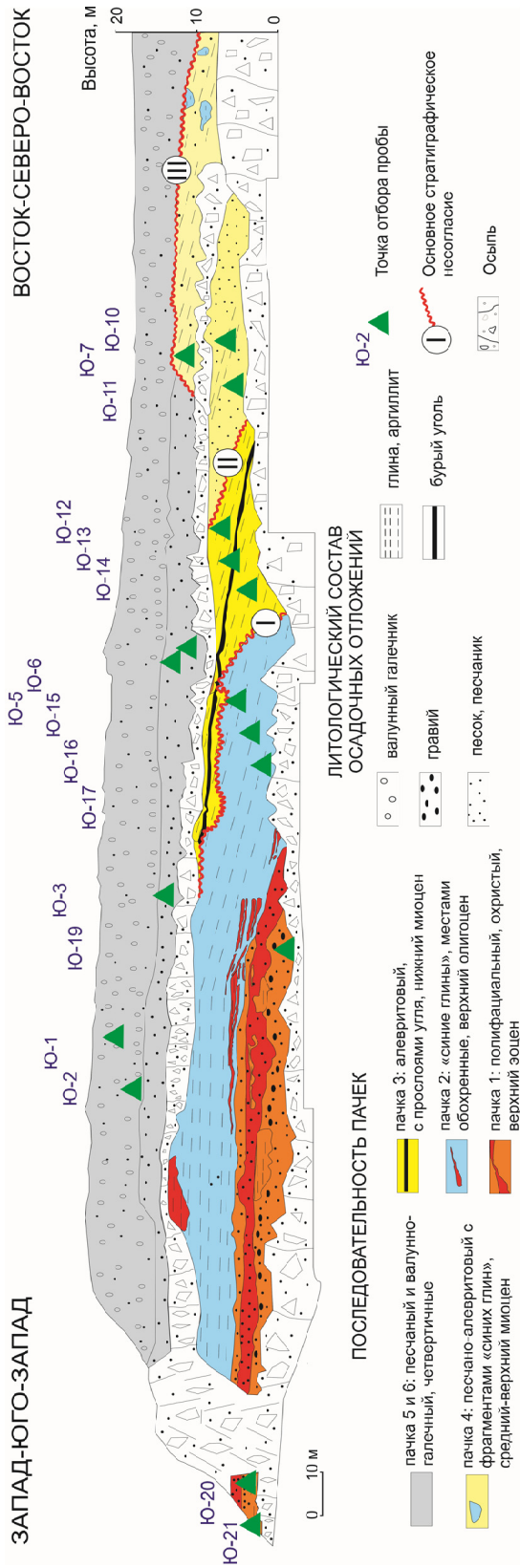


Рис. 2. Схема строения и опробования южного фрагмента Мишихинского разреза

Основные стратиграфические несогласия: I – эрозионное ложе подошвы танхойской свиты на дотанхойских отложениях; II – эрозионное ложе осиновской свиты на отложениях танхойской свиты; III – эрозионное ложе четвертичного аллювия на разновозрастных средне-верхнекайнозойских стратонах

– в интервале 2,0–4,1 м следуют гравийно-песчаные отложения с мелкогалечным материалом (до 7 % от общего объема). Отложения промыты, слабо обохрены, с наклонной слоистостью;

– интервал 4,1–4,6 м сложен песчаником, разномзернистым (преимущественно крупномзернистым), серым, с линзами темно-серого аргиллита мощностью до 3 см. В верхней части находится прослой (10 см) аргиллитов, темно-серых.

Пачка 2 («синих глин»):

– в интервале 4,6–6,5 м залегают однородные глины, имеющие во влажном состоянии синий цвет. При высыхании материал твердеет с превращением в аргиллиты, голубовато-серые, плотные, комковатые. Комковатость обусловлена развитием трещин усыхания поперек и вдоль плоскостей напластования. Субвертикальные трещины, рассекающие аргиллиты, находятся на расстоянии от 1 до 10 см. По отдельным трещинам наблюдается интенсивная обохренность. Нижний контакт пачки четко выражен, относительно ровный, наклоненный.

Пачка 3 (преимущественно алевритовая с прослоями бурого угля):

– в основании пачки, в интервале 6,50–6,75 м, залегают гравийно-песчаные отложения, светло-коричневые;

– в интервале 6,75–6,85 м находится прослой алевритов, темно-серых;

– в интервале 6,85–7,00 м встречен прослой (15 см) бурого угля;

– в интервале 7,00–7,76 м опять следует слой алевритов, оранжево-коричневых;

– в интервале 7,76–8,66 м, в нижней части (до 8,01 м), находятся песчаники, разномзернистые, коричневые, интенсивно промытые и обохренные, в верхней части – песчаники мелкозернистые, светлые, серо-коричневые, однородные, обохренные;

– в интервале 8,66–8,86 м вновь залегают алевриты, темно-серые.

Пачка 4 (песчано-алеваитовая с фрагментами «синих глин»):

– интервал 8,86–10,21 м мелкозернистых песчаников, серовато-коричневых, с неясно выраженной слоистостью. На резком нижнем контакте пачки песчаник окрашен в желтовато-коричневые тона;

– интервал 10,21–11,91 м мелкозернистых песчаников, серовато-коричневых, с многочисленными темными слойками;

– интервал 11,90–13,36 м крупномзернистых песчаников серовато-коричневого цвета, интенсивно обохренных, ржаво-коричневых;

– интервал 13,36–15,81 м переслаивания светло-коричневых песчаников слабой сортировки и серых алевритов с линзами «синих глин». Многочисленные темные слойки обнаруживают слабонаклонную полосчатость песчаника. Отмечается обохривание нижних и верхних границ алевритовых прослоев.

Пачка 5 (песчанистая):

– в интервале 15,81–16,86 м сложена песчаником, серовато-коричневым, с тонкими темными слойками. Отмечается слабое обохривание и окрашивание отдельных прослоев в темно-коричневый цвет.

Пачка 6 (валунно-галечная):

– в интервале 16,86–20,50 м, в валунно-галечных отложениях, галька составляет более 40 % объема породы. Цемент песчано-глинистый, серовато-светло-коричневый и темно-коричневый, с небольшим количеством мелкого гравия. Обломочный материал хорошо окатан и представлен валунами диаметром до 0,4 м в поперечнике и разноразмерной галькой. Отложения не сортированы. Нижний контакт четко выражен, слабо наклонен.

На верхней пачке развит почвенно-растительный покров мощностью 0,4–0,5 м.

Обоснование возраста

В дочетвертичных отложениях разреза (см. рис. 2) определено 5 спорово-пыльцевых спектров (табл. 1). В принятой зональной палиностратиграфической последовательности обр. Ю-21 и Ю-20 относятся к палинозоне I, обр. Ю-17 и Ю-12 – к палинозоне II (соответственно, к подзонам **a** и **b**), обр. Ю-10 – к палинозоне III. Спорово-пыльцевые спектры обр. 1 и 2, отобранных из финальной грубообломочной пачки, относятся к палинозоне IV.

Таблица 1

Спорово-пыльцевые спектры из дочетвертичных отложений южного фрагмента Мишихинского разреза

Состав спор и пыльцы	Обр. Ю-21	Обр. Ю-20	Обр. Ю-17	Обр. Ю-12	Обр. Ю-10
Палинозона	I		II		III
Всего пыльцы древесной растительности, %	91,3	94,8	84,5	84,6	88,6
Всего пыльцы травянистой растительности, %	3,1	2,2			
Всего спор, %	5,6	3,0	15,5	15,4	11,4
Всего зерен (шт.)	231	226	232	232	185
Всего пыльцы хвойных растений, %	20,8	15,9	19,4	41,8	5,4
<i>Podocarpus</i> aff. <i>dacrydioides</i> Rich.		0,9			
<i>P. insignis</i> (Naum) Bolch.			0,4		
<i>Podocarpus</i> sp.			1,3		
<i>Tsuga Tsuga canadensis</i> (L.) Carr.			1,7	5,6	0,5
<i>T. crispa</i> (<i>ignicula</i> (R. Pot.) Anan.) Zakl.	1,3			4,7	1,6
<i>T. acicularis</i> Kupt.			0,9	2,6	
<i>Keteleeria microreticulata</i> Anan.				1,3	
<i>Picea</i> sect. <i>Eupicea</i> в т. ч.	1,3	2,2	3,0	6,9	1,6
<i>Picea</i> sect. <i>Omorica</i> в т. ч.				3,0	
<i>Pinus</i> s/g <i>Haploxyton</i>	0,9	0,9			
<i>Pinus</i> sect. <i>Cembra</i>				3,4	
<i>P. cembraeformis</i> Zakl.		2,6	4,3		
<i>Pinus</i> sect. <i>Strobus</i>				1,7	1,1
<i>Pinus</i> sect. <i>Mirabilis</i>				0,4	
<i>Pinus</i> s/g <i>Diploxyton</i>	0,4		2,1		
<i>Ginkgo</i> sp.	1,7		0,9	1,3	
<i>Sequoia sempervirens</i> Engl.	4,4	3,5	0,9	2,1	
Taxodiaceae	3,9	3,6	3,9	5,9	0,5
<i>Cryptomeria japonica</i> Erdt.		0,9			
<i>Sciadopites serrata</i> R. Pot.	1,7	1,3		0,8	
<i>Cycadopites follicularis</i> Wilson et Werster.	1,3			2,1	

Продолжение табл. 1

Состав спор и пыльцы	Обр. Ю-21	Обр. Ю-20	Обр. Ю-17	Обр. Ю-12	Обр. Ю-10
<i>Larix daurica</i> Turcs.	0,9				
<i>Ephedra fusiformis</i> Shakhm.	1,7				
Всего пыльцы лиственных растений, %	70,5	78,9	65,1	42,8	83,2
<i>Betulaepollenites betuloides</i> (Pf.) Nagy.	2,2		1,7	1,7	4,3
<i>Betula</i> aff. <i>nigra</i> L.		0,9			
<i>Alnus</i> sp.	1,3	1,8	3,0	6,8	1,6
<i>Corylus colifornica</i> L.			1,3		2,2
<i>Carpinus duinensisformis</i> Pan.		1,8			
<i>C.</i> aff. <i>perfectus</i> Pan.			5,2		
<i>C. granulatus</i> Manyk.				1,8	5,9
<i>Carpinus</i> sp.	0,9				
<i>Humulus lupulus</i> L.			0,6	1,7	1,1
<i>Sabal turgaica</i> Bolot.	1,3				
<i>Acer</i> sp.	0,4	0,4			0,5
<i>Sabal turgaica</i> Boitz.		0,9			
<i>Milfordia incerta</i> (Th. Et Pf.) Kr.		1,0	0,5	0,4	
<i>Myrica</i> aff. <i>pseudogranulata</i> Gladk.		1,8			
<i>M. rabra</i> Romanov.					3,2
<i>Myrica</i> sp.	0,8	1,3	1,8		
Moraceae		0,9	0,5		
<i>Vitis</i> sp.		1,8			
<i>Momipitis punctatus</i> (R. Pot.) Nagy.	3,6	1,8	4,4	2,2	4,9
<i>Comptonia aborigena</i> Glad.	3,2	3,5	2,4		
<i>Ulmus americana</i> L.				2,2	
<i>U. glabra</i> Wolf.	1,8		1,0	0,4	
<i>Celtis</i> sp.			0,5		
<i>Planera</i> aff. <i>hirbitica</i> Simps	4,8	3,0	1,7		
<i>P. mullensis</i> Simps.					3,8
<i>Ulmoideipites planeraeformis</i> Anders	3,1				
<i>Ulmus inaequaliarcuata</i> Trav.	1,3	2,2	3,0		
<i>U. americana</i> L.					9,2
<i>Zelkova</i> sp.	0,9	2,2		0,4	5,4
<i>Fagus silvatica</i> L.		4,4	1,9		
<i>F. parvifossilis</i> Trav.	2,2	3,9			
<i>F. jandonica</i> Bolot.		4,9			
<i>F. tenella</i> Pan.					2,2
<i>Quercus sibirica</i> Pan.			0,5		
<i>Q. dentatiformis</i> Pan.					2,7
<i>Q. ovalis</i> Pan.	3,6	3,1	3,0	2,1	
<i>Q. minor</i> Moench.				0,4	
<i>Q. williamsonia</i> Trav.	2,2	1,3		0,4	
<i>Q. aff. gracilis</i> Boitz.			0,5		
<i>Q. aff. granulatus</i> Manyk.			7,3		
<i>Q. mongolica</i> Max				0,8	
<i>Q. castaneifolia</i> C. A.					3,8
<i>Q. porrectus</i> Pan.	1,3				
<i>Quercus</i> sp.		1,8			

Продолжение табл. 1

Состав спор и пыльцы	Обр. Ю-21	Обр. Ю-20	Обр. Ю-17	Обр. Ю-12	Обр. Ю-10
<i>Tilia aff. caucasica</i> Kupr.			0,5	0,8	1,1
<i>Castanopsis crenataeformis</i> Sanig.	1,7	0,9		0,4	
<i>Castanea vachrameevii</i> Bolot.	1,3		1,5	0,4	
<i>Castanea</i> sp.		3,1			0,5
<i>Cyclocarya cycloptera</i> (Schr.) Jljinsk.	0,4				
<i>Platicaryapollenites aff. irregularis</i> W. Kr.		0,4			
<i>Platycarya fraxinifolia</i> (Lam.) Spach.		2,6			
<i>Juglans jondonica</i> Bolot.	4,2		3,4	3,0	
<i>J. polyporata</i> Vojc.		1,3		3,4	4,9
<i>J. sieboldianiformis</i> Vojc.		1,3			
<i>J. orbiculata</i> Bolot.		1,3			
<i>J. sibirica</i> Vojc.		1,8			10,2
<i>Pterocarya stenopteroides</i> Vosc.	1,8			3,0	3,8
<i>P. fraxinifolia</i> (lum.) Sphen.	3,1	3,5	1,8	0,8	
<i>Cyclocarya cycloptera</i> (Schl.) Jliisk.		1,3	1,0		
<i>Carya ordinaria</i> Pan.			0,5		
<i>C. grandipollina</i> Bolot.				5,1	3,8
<i>C. alba</i> K. Koch.			1,0		3,8
<i>C. bella</i> Bolot.					1,2
<i>C. spackmania</i> Trav.	2,6	8,4	5,6		
<i>Engelgardtia spicata</i> Blum.			1,8		0,5
<i>E. quieta</i> (R. Pot.) Elsik	4,8	0,4			
<i>Hamamelis scotica</i> Simpson		1,3			
<i>Parthenosissus</i> sp.		0,9			
<i>Corylopsis mtchedlishviliae</i> Lubm.			0,5		
<i>Fothergilla gracilis</i> Lubom.	0,4				
<i>Liquidambar brandonensis</i> Trav.			2,2	0,4	0,5
<i>Platanus</i> sp.		0,9			
<i>Pex aff. aquifolium</i> L.					0,5
<i>Sterculia</i> sp.	3,1	1,7		1,3	
<i>Magnolia delicate</i> Lubm.			4,7		
<i>M. denudatoides</i> Lubm.			0,5		
<i>M. aff. obovatiformis</i> Lubm.				1,7	
<i>Magnolia</i> sp.	3,1	0,9	1,3		
<i>Salix</i> sp.	1,8			0,8	0,5
<i>Triporopollenites rubustus</i> Ptl	0,4	1,3			
<i>Triatriopollenites plicatus</i> Pfl.	2,2	0,9			
<i>Triporopollenites</i> sp.	1,8				
Всего пыльцы травянистых растений, %	3,1	2,2			
Ericaceae	0,4				
Chenopodiaceae		0,9			
<i>Polygonum persicarya</i> L.	2,3	1,3			
<i>Diervilla</i> sp.	0,4				
Всего спор, %	5,6	3,0	15,5	15,4	11,4
<i>Glechenia laeta</i> Bolch.	1,7	0,4			
<i>Cibotium</i> sp.	0,4				
<i>Matoniasporites</i>			0,9		

Окончание табл. 1

Состав спор и пыльцы	Обр. Ю-21	Обр. Ю-20	Обр. Ю-17	Обр. Ю-12	Обр. Ю-10
<i>Leiotriletes miocaenicus</i> Nagy.			3,0		
<i>Cyathea</i> sp.			1,3		
<i>Coniopteris</i> sp.		0,9			
Polypodiaceae	1,7		9,0	6,4	5,9
Lycopodiaceae		0,4	0,9	4,2	1,1
<i>Riccia</i> sp.				1,7	
Hypolepidaceae		0,9			
<i>Osmunda</i> sp.	0,9		0,4	1,7	0,6
<i>Selaginella sibirica</i> (Milde) Hier.		0,4			
Cyatheaceae sp.					1,1
<i>Sphagnum</i> sp.	0,9			1,3	2,7

Палинозона I (обр. Ю-21 и Ю-20) соответствует отложениям пачки охристых полифацциальных отложений (пачка 1). Палинозона выделена по максимальному количеству пыльцы родов *Fagus* и *Myrica*, а также присутствию реликтов, относящихся к родам *Cryptomeria* и *Sciadopites*. В спектрах господствует пыльца покрытосеменных (70,5–78,9 %) с подчиненной ролью голосеменных (15,8–20,8 %) и травянистых растений (2,2–3,1 %). Споры занимают относительно небольшой объем от 3,0 до 5,6 %. Небogatый, но характерный состав голосеменных пород с участием *Ginkgo* sp. *Sequoia semperviriformis*, а также *Podocarpus dacrydioides*, *Cycadopites follicularis* указывает на эоценовый возраст изучаемых отложений. Большая часть выделенных видов характерна для отложений верхнего эоцена. Этот вывод подтверждает и богатый видовой состав покрытосеменных пород, с участием пыльцы формальной классификации (*Triporopollenites*, *Triatriopollenites*), а также с заметным участием в составе комплекса таких родов, как *Comptonia*, *Momipites* и *Juglans poliporata*, *Carpinus duinensiformis*, *Fagus parvifossilis*.

Подзона **b** (обр. Ю-12) соответствует преимущественно алевритовой пачке с прослоями бурого угля (пачка 3). Подзона зафиксирована по максимальным значениям пыльцы семейства *Taxodiaceae* и рода *Tsuga* с видовым разнообразием. Среди покрытосеменных пород доминирует пыльца семейства *Juglandaceae* (*Juglans*, *Pterocarya*, *Carya*). Спектр обр. Ю-12 в своем составе содержит пыльцу покрытосеменных (42,8 %) и голосеменных (41,8 %), а также споровых (15,4 %). В составе спор и пыльцы преобладают формы нижнего миоцена, с единичными элементами верхнего олигоцена: *Carpinus granulatus*, *Pterocarya fraxinifolia*, *Milfordia incerta*. Нижнемиоценовый возраст обозначался для танхойской фации танхойской свиты, насыщенной прослоями бурого угля в гипостратотипе разреза Половинка [Отложения ... , 2014].

Палинозона III обозначена для песчано-алевритовой пачки с фрагментами «синих глин» (пачка 4). Эта палинозона характеризуется обедненным составом спор и пыльцы как в видовом, так и в родовом плане, а также зна-

чительно большим количеством пыльцы травянистых растений. Споры, в отличие от палинозоны II, представлены в меньшем количестве. На основе изменений в составе палиноспектров были выделены две подзоны **v** и **g** [Болотникова, 1979; Томская, 1981].

Подзоне **v** свойственно резкое преобладание пыльцы трех родов: *Ulmus*, *Juglans*, *Carya* на фоне снижения роли пыльцы голосеменных пород. Данный этап, вероятно, отразил одну из фаз миоценового оптимума. В составе палиноспектра обр. Ю-10 господствует пыльца покрытосеменных (83,2 %), голосеменных (5,4 %) и споры (11,4 %). При доминировании пыльцы покрытосеменных пород встречены виды, характерные для поздних этапов среднего и ранних фаз позднего миоцена, что свидетельствует о формировании отложений в среднем – позднем миоцене.

Палинозона IV характеризует песчанистый и валунно-галечные слои (пачки 5 и 6). В двух образцах (обр. Ю-1, Ю-2) определена пыльца древесно-кустарниковых растений (55–67 %), трав (2–4 %) и спор (31–41 %). Состав палиноспектров говорит о развитии светлохвойных сосново-лиственничных и темнохвойных лесов (пихты, ели, кедровидной сосны) с хорошо развитым травяно-кустарниковым подлеском. Открытые участки были заняты остепненными и лугово-степными растительными сообществами. Четвертичный возраст отложений предполагается исходя из сходства реконструируемого растительного сообщества с современной растительностью речной долины.

Степень выветривания осадочного материала

Выветривание сопровождается образованием глинистых минералов. Повышение их роли в составе тонкозернистого материала отложений выражается в высоких значениях индекса химического выветривания (Chemical Index of Alteration, $CIA = 100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)$) [Nesbitt, Young, 1984]. В 600-метровой толще донных отложений Академического хребта оз. Байкал, вскрытой скважинами BDP-96 и BDP-98, значения CIA снижаются постепенно снизу вверх по разрезу [Kashik, Lomonosova, 2006]. С учетом вхождения в кристаллическую решетку глинистых минералов в среднем около 8–10 мас. % H₂O породы, измененные выветриванием, определяются также по высоким потерям при прокаливании (ППП).

По соотношению La/Sc–Th/Co [Cullers, 2002] все осадочные отложения танхойской тектонической ступени представляют собой продукты разрушения пород кислого состава. Из распределения фигуративных точек пород пачек на рис. 3 следует вывод об обогащении глинистыми минералами отложений нижней части разреза и отличии его верхней части распространением неизменного обломочного материала, хорошо отмытого от глин. Отложения нижней части разреза (пачки 1–3) характеризуются высокими значениями CIA (77–87) и ППП (5,9–13,0 мас. %). В отложениях верхней части (пачки 5–6) значения этих показателей резко снижаются (CIA = 60–66, ППП = 0,7–2,5 мас. %). В обломочном материале преобладает кварц и полевые шпаты, что выражается в относительном возрастании SiO₂. Исключение

составляет слой пачки 4, содержащий фрагменты «синих глин». На диаграммах рис. 3 порода этого слоя не отличается от «синих глин» верхнего олигоцена. Очевидно, что в позднем миоцене – раннем плиоцене размывался материал осадков позднего олигоцена со своеобразной синей окраской.

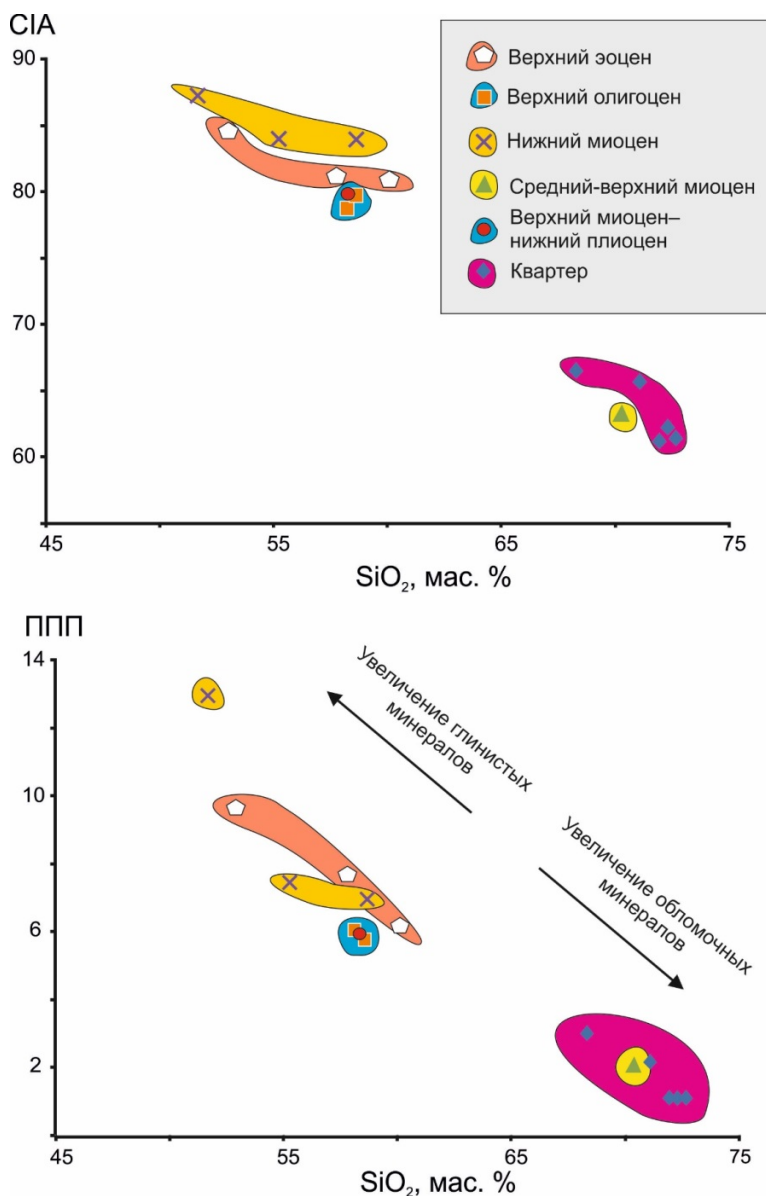


Рис. 3. Соотношения индекса химического выветривания и потерь при прокаливании с содержаниями SiO₂ в разновозрастных тонкозернистых осадочных отложениях южного фрагмента Мишихинского разреза. Возраст отложений определен по составу спор и пыльцы

Обсуждение

В охарактеризованном фрагменте Мишихинского разреза совмещены осадочные отложения стратонов широкого возрастного диапазона от верхнего эоцена до квартера. Стратоны формировались на Танхойской тектонической ступени между опущенным ложем Южно-Байкальской впадины и поднятием хр. Хамар-Дабан. По данным сейсмопрофилирования во впадине Южного Байкала накопилось около 4 км осадков, залегающих на сейсмически изотропном фундаменте [Hutchinson et al., 1992]. Поднятие и эрозионное расчленение хр. Хамар-Дабан началось перед раннемиоценовой фазой вулканических извержений, произошедших около 18 млн л. н. [Late Cenozoic ... , 2003]. Промежуточное пространственное положение Мишихинского разреза между расчлененным хребтом и опущенным днищем впадины отразилось в резком сокращении мощности стратонов (относительно мощности отложений, накопившихся во впадине) и распространении стратиграфических несогласий с выпадением из разреза толщ, получивших развитие в других частях тектонической ступени (например, отложений аносовской свиты в ее западной части).

Обращаясь к корреляциям разновозрастных стратонов с отложениями сопредельных территорий, нужно, во-первых, подчеркнуть значение перехода от дотанхойских отложений мишихинской толщи к отложениям танхойской свиты (т. е. от пачек 1 и 2 к пачке 3 в нижней части разреза), во-вторых, обратить внимание на резкую смену состава отложений от танхойской к осиновской свите и вышележащей толще (т. е. от пачек 1–3 к пачкам 4–6 в средней части разреза) и, в-третьих, отметить выдержанность грубообломочного покрова, представляющего собой финальный плейстоценовый стратон Танхойской тектонической ступени (т. е. пачки 5 и 6 верхней части разреза). Соответственно, в разрезе выделяется особая роль стратиграфических несогласий: 1) между танхойской свитой и мишихинской толщей, 2) между осиновской и танхойской свитами и 3) между плейстоценовым грубообломочным покровом и подстилающими разновозрастными средневерхнекайнозойскими стратонами (см. рис. 2).

Нижняя часть разреза

Прежде всего нуждаются в уточнении представления о «синих глинах» как наиболее древних образованиях Танхойского третичного поля, которые, как предполагалось [Логачев, 1974], имеют возраст не древнее середины олигоцена. В Мишихинском разрезе ниже пачки «синих глин» залегает пачка верхнеэоценовых охристых полифациальных отложений. Следовательно, отложения «синих глин» не самые ранние на Танхойском поле.

Происхождение «синих глин» предполагает размыв пород источника особого состава. Таким источником могли служить милониты Южно-Байкальского фрагмента шовной зоны Сибирского кратона. Своеобразная окраска глин находит объяснение в идентификации отложений этого типа в нижней части разреза Танхойской ступени как продуктов размыва Протобайкальского поднятия, существовавшего на месте Южно-Байкальской впадины. Следовательно, охристые полифациальные отложения и «синие гли-

ны» нижней части Мишихинского разреза вместе с одновозрастными отложениями дельты р. Селенги должны относиться к дотанхойскому (эоцен-олигоценовому) осадочному комплексу Селенгино-Витимского прогиба (рис. 4, а).

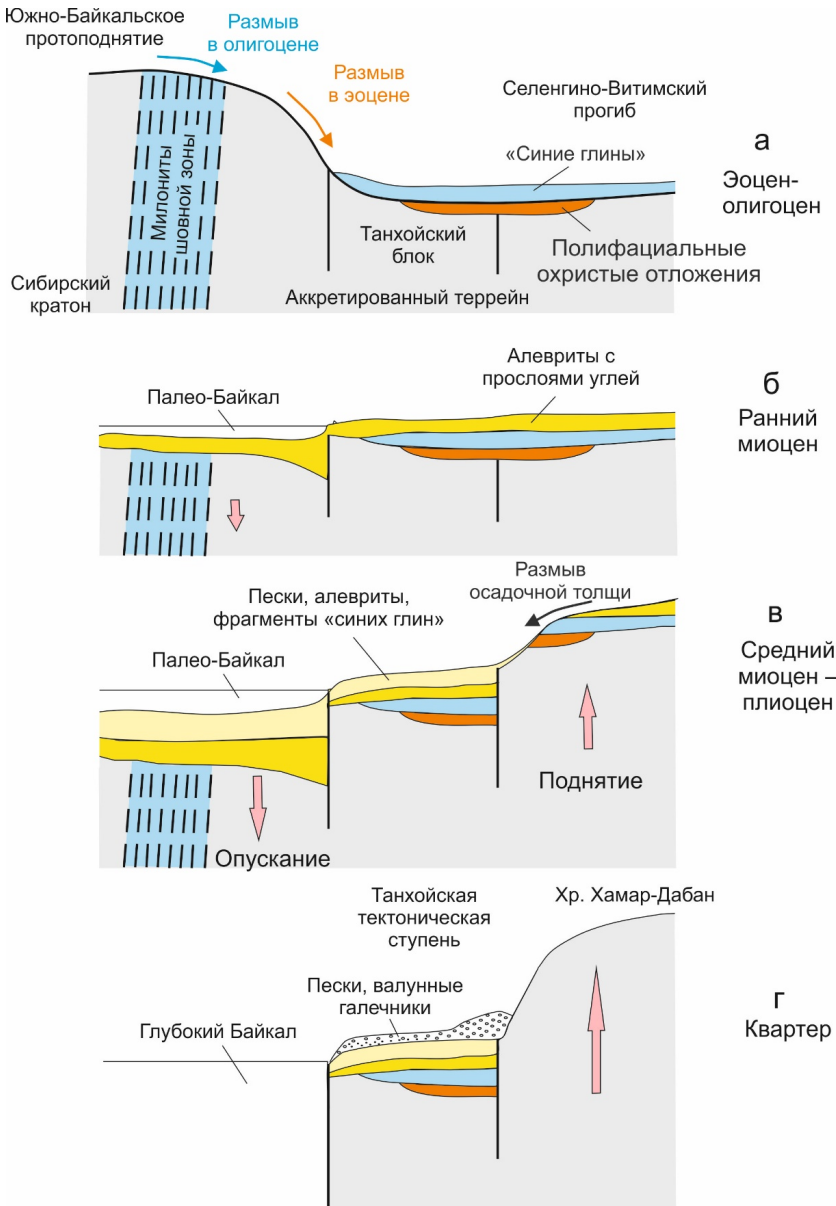


Рис. 4. Схема накопления разновозрастных осадочных стратонаов на Танхойской тектонической ступени Южного Байкала. Реконструкции основаны на данных, полученных в Мишихинском разрезе (рис. 2), и общих корреляциях

В свете такой трактовки происхождения нижних слоев (мишихинской толщи) погружение фундамента Южно-Байкальской котловины нужно связывать с накоплением миоценовых и более молодых толщ. В Мишихинском разрезе нижнемиоценовые осадочные отложения с размывом ложились на мишихинскую толщу (рис. 2, 4, б) и обозначали наиболее нижний стратон, формировавшийся во впадине.

Средняя часть разреза

В левом борту р. Мишихи, в 2,5 км от устья, скв. 9-Т был вскрыт безугольный разрез горизонтально залегающих слоев миоценовых отложений: в интервале 133,0–90,5 м – слои разнородных песчаников; в интервале 90,5–18,5 м – слои аргиллитов и слюдистых глин. Характер этих слоев соответствует по фациальной специфике осиновской свите. Между тем на правобережье р. Мишихи наблюдались аллювиальные отложения с прослоями углей. Эти отложения относились к мишихинско-кюлевскому типу разреза танхойской свиты, насыщенного угольными прослоями [Отложения..., 2014].

Нижнемиоценовые угленосные отложения Мишихинского разреза коррелируются с мишихинско-кюлевскими разрезами правобережья р. Мишихи. Выше лежащие отложения среднего – верхнего миоцена пачки 4, не содержащего углей, сопоставляются с безугольными слоями скв. 9-Т. Большая вскрытая мощность безугольных слоев (более 110 м) свидетельствует о существенном возрастании роли эрозионно-аккумулятивных процессов в среднем – позднем миоцене. Хорошо промытые от глин обломочные отложения нижней части осиновской свиты говорят о глубоком размыве пород фундамента, распространение глинистого материала (в том числе фрагментов «синих глин») в верхней части свиты отражает размыв накопившихся прежде отложений эоцена – нижнего миоцена (рис. 4, в).

Верхняя часть разреза

В Мишихинском разрезе охристые отложения аносской свиты отсутствуют, но распространены в западной части Танхойской ступени. Очевидно, что в верхнем плиоцене и эоплейстоцене в районе Мишихинского разреза преобладал транзитный вынос обломочного материала.

Валунные галечники широко представлены в разных частях Танхойской тектонической ступени в виде покрова мощностью от первых и до десятков метров. Покров образовался грязекаменными потоками, спускавшимися с хр. Хамар-Дабан. Отложения песчаной свиты проявлены только в основании грубообломочного четвертичного покрова. Но нужно отметить, что песчаные отложения залегают на дне глубокого (около 1 км) Южного Байкала под маломощным (до 3 м) слоем глубоководных илов [Мац, Галкин, Мизандронцев, 1975].

Заключение

В опорном Мишихинском разрезе идентифицированы отложения полифациальной, охристой пачки, пачки «синих глин», преимущественно алевритовой пачки с прослоями бурого угля, песчано-алевритовой пачки с фрагментами «синих глин», песчаной и валунно-галечной пачек. В двух

нижних пачках определена пыльца широколиственных пород, в третьей – пыльца темнохвойных и широколиственных пород, в четвертой – пыльца светлохвойных сосново-лиственничных и темнохвойных лесов с хорошо развитым травяно-кустарниковым подлеском, в пятой и шестой – споры и пыльца растительности, близкой к современной. По составу спорово-пыльцевых спектров четыре нижние пачки датируются соответственно верхним эоценом, верхним олигоценом, нижним миоценом, средним – верхним миоценом, а две верхние – кварталом. Первые две пачки относятся к мишихинской толще, третья – к танхойской свите, четвертая – к осиновской свите, пятая и шестая – к покровной толще. В разрезе наблюдается несогласное залегание: 1) отложений танхойской свиты на дотанхойских отложениях мишихинской толщи, 2) осиновской свиты на отложениях танхойской свиты и 3) покровной толщи на разновозрастных стратонах среднего – верхнего кайнозоя.

Литологические исследования показали обогащение отложений нижней части разреза (эоцена – нижнего миоцена) глинистым материалом, высокие значения индекса химического выветривания ($CIA = 77-87$) и потерь при прокаливании (ППП = 5,9–13,0 мас. %). В отличие от отложений нижней части разреза, отложения его верхней части (среднего миоцена – квартала) сложены обломочным материалом, хорошо отмытым от глин, и обнаруживают низкие значения этих показателей ($CIA = 60-66$, ППП = 0,7–2,5 мас. %). Обломочный материал преобладал в нижней части пачки осиновской свиты, однако его верхняя часть оказалась вновь обогащенной глинистым материалом, в том числе фрагментированными «синими глинами».

Отложения изученного разреза находятся на Танхойской тектонической ступени, которая задержалась на высотном уровне добайкальского рельефа, отделившись от поднятого хр. Хамар-Дабан и погруженного дна Южно-Байкальской котловины. Предполагается, что эоцен-олигоценовая мишихинская толща основания разреза формировалась в контуре Селенгино-Витимского прогиба за счет поступления материала кор выветривания слаборасчлененного рельефа Танхойского блока и сопредельных территорий. «Синие глины» маркировали эпизод северного размыва милонитов шовной зоны Сибирского кратона на Протобайкальском поднятии, разделявшем Предбайкальский и Селенгино-Витимский прогибы в мелу и палеогене. Нижнемиоценовый слой танхойской свиты по-прежнему обозначал поступление материала, подверженного выветриванию в условиях слабо-контрастного рельефа, и только в результате его средне-позднемиоценовой перестройки с нарастанием контрастности поднятия хр. Хамар-Дабан и опусканием фундамента будущей Южно-Байкальской котловины проявилась речная транспортировка обломочного материала осиновской свиты без глинистой составляющей. Глинистый материал распространился в верхней части осиновской свиты за счет размыва эоцен-нижнемиоценовых отложений на хр. Хамар-Дабан. Новая перестройка рельефа, связанная с четвертичным оформлением глубокого Байкала, выразилась в общем размыве тектонической ступени и накоплении на ее поверхности песчаного и валунно-галечного покровов.

Авторы выражают свою благодарность рецензенту за вдумчивый анализ рукописи и рисунков.

Работа выполнена в рамках госзаданий по проекту геологического факультета ИГУ и Института земной коры СО РАН № 0346-2016-0005 с частичной поддержкой грантом РФФИ № 18-35-00417 мол_a.

Список литературы

Болотникова М. Д. Спорово-пыльцевые комплексы третичных отложений западного побережья Японского моря. М. : Наука, 1979. 195 с.

Логачев Н. А. Литология третичных отложений юго-западной части Байкальской рифтовой зоны. М. : Наука, 1972. 120 с.

Логачев Н. А. Саяно-Байкальское и Становое нагорье // Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М. : Наука, 1974. С. 16–162.

Логачев Н. А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика. 2003. Т. 44, № 5. С. 391–406.

Мац В. Д., Галкин В. И., Мизандронцев И. Б. Песчаная свита и возраст Байкальской впадины // Проблемы рифтогенеза : материалы к симпозиуму по рифтовым зонам Земли. Иркутск : ИЗК СО РАН. 1975. С. 45–46.

Отложения Танхойского третичного поля, Южно-Байкальская впадина: стратиграфия, корреляции и структурные перестройки в Байкальском регионе / С. В. Рассказов, Н. А. Лямина, И. В. Лузина, Г. П. Черняева, И. С. Чувашова, М. В. Усольцева // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2014. Т. 5, № 4. С. 993–1032.

Пальшин Г. Б. Кайнозойские отложения юго-восточного побережья Байкала. М. : Изд-во АН СССР, 1955. 201 с.

Томская А. И. Палинология кайнозоя Якутии. Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1981. 221 с.

Cullers R. L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo // *Chemical Geology*. 2002. Vol. 191, N 4. P. 305–327.

Kashik S. A., Lomonosova T. K. Cenozoic deposits of the underwater Akademicheskii Ridge in Lake Baikal // *Lithology and Mineral Resources*. 2006. Vol. 41, N 4. P. 339–353. <http://dx.doi.org/10.1134/S0024490206040018>.

Late Cenozoic volcanism in the Baikal Rift system: evidence for formation of the Baikal and Khubsugul basins due to thermal impacts on the lithosphere and collision-derived tectonic stress / S. V. Rasskazov [et al.] // *Berliner paläobiologische abhandlungen*. 2003. Vol. 4. P. 33–48.

Mats V. D. The sedimentary fill of the Baikal Basin: Implications for rifting age and geodynamics // *Russian Geology and Geophysics*. 2012. Vol. 53, N 9. P. 936–954. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2012.07.009>.

Mats V. D. Late cretaceous and cenozoic stratigraphy of the Baikal Rift sediments // *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2013. Vol. 21, N 6. P. 637–651. <http://dx.doi.org/10.1134/S0869593813060075>.

Nesbitt H. W., Young G. M. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic correlation // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1984. Vol. 48. P. 1523–1534.

Temporal Compositional Variations of Cenozoic Sediments on the Tankhoi Tectonic Step, the Southern Baikal

A. Al Hamoud

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation
University of Alfurat, Der-Al-Zur, Syria

S. V. Rasskazov, I. S. Chuvashova

Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

T. F. Tregub, M. A. Volkov

Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

N. V. Kulagina

Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

V. L. Kolomiets, R. Ts. Budaev

Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation
D. Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, Russian Federation

Abstract. Sediments of the Mishikha section were studied on the Tankhoi tectonic step, located between the rise of Khamar-Daban range and subsided bottom of South Baikal Basin. Six packages were distinguished: 1) polyfacial, ocher; 2) “blue clay”, 3) mainly aleuritic with interlayers of brown coal; 4) sand-silt with «blue clay» fragments; 5) sandy and 6) boulder-pebble. In the two lower packages, pollen of broadleaf species is defined, in the third one – pollen of dark coniferous and broadleaf species, in the fourth – pollen of light coniferous pine-larch and dark coniferous forests with well-developed grass-shrub undergrowth, in the fifth and sixth – spores and pollen of vegetation close to modern. From spore-pollen spectra, the 4 lower packets are dated back, respectively, to the upper Eocene, upper Oligocene, lower Miocene, middle-upper Miocene and the 2 upper ones to the Quaternary. The two lower packages referred to the Mishikha stratum, the third one to the Tankhoi Formation, the fourth to the Osinovka Formation, the fifth and sixth to the overlying sedimentary cover. It is proposed that the Eocene-Oligocene Mishikha unit with a significant amount of clay material was formed in a slightly dissected Selenga-Vitim foredeep. The “blue clay” unit marked the erosion of milonites in the Siberian craton suture zone exposed on Proto-Baikal Rise, which separated the Pre-Baikal and Selenga-Vitim foredeeps in the Cretaceous and Paleogene. The lower Miocene Tankhoi Formation continued to denote clay material under conditions of slightly dissected relief. With its contrast increasing in the mid-late Miocene, the clay material of the Tankhoi Formation was changed to alluvial material of the Osinovka Formation, transported from Hamar-Daban Range. The occurrence of clay material in the upper part of the Osinovka formation indicated the erosion of previously accumulated Eocene-Lower Miocene sediments. A new Quaternary reorganization of the relief, associated with the deep Baikal formation resulted in erosion of the Tankhoi tectonic step and accumulation on its surface of sandy and coarse debris.

Keywords: Baikal, stratigraphy, spores, pollen, Cenozoic.

For citation: Al Hamoud A., Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Tregub T.F., Volkov M.A., Kulagina N.V., Kolomiets V.L., Budaev R.Ts. Temporal Compositional Variations of Cenozoic Sediments on the Tankhoi Tectonic Step, the Southern Baikal. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2019, vol. 30, pp. 108-129. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.30.108> (in Russian)

References

- Bolotnikova M.D. *Sporovo-pyl'tsevyye komplekсы tretichnykh otlozheniy zapadnogo poberezh'ya Yaponskogo morya* [Spore-pollen complexes of tertiary sediments on the western coast of the Sea of Japan]. Moscow, Science, 1979, 195 p. (in Russian)
- Logachev N.A. *Litologiya tretichnykh otlozheniy yugo-zapadnoy chasti Baykal'skoy riftovoy zony* [Lithology of Tertiary sediments south-western part of the Baikal Rift Zone]. Moscow, Science, 1972, 120 p. (in Russian)
- Logachev N.A. *Sayano-Baykalskoye i Stanovoye nagoriya* [The Sayan-Baikal and Stanovoe Highlands]. *Nagoriya Pribaykaliya i Zabaykaliya* [Highlands of Pribaikalie and Transbaikalia]. Moscow, Nauka Publ., 1974, pp. 7-163. (in Russian)
- Logachev N.A. Istoriya i geodinamika Baykalskogo rifta [History and geodynamics of the Baikal rift]. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], 2003, vol. 44, no. 5, pp. 391-406. (in Russian)
- Mats V.D., Galkin V.I., Mizandrontsev I.B. Peschanaya svita i vozrast Baykal'skoy vpadiny [Sandy formation and the age of the Baikal Basin]. *Problemy riftogeneza (matly k simpoziumu po riftovym zonam Zemli)* [Problems of rifting (Symposium materials on Earth's rift zones)]. Irkutsk, IEC SB RAS, 1975, pp. 45-46. (in Russian)
- Rasskazov S.V., Lyamina N.A., Luzina I.V., Chernyaeva G.P., Chuvashova I.S., Usoltseva M.V. Otlozheniya Tankhoyskogo tretichnogo polya, Yuzhno-Baykal'skaya vpadina: stratigrafiya, korrelyatsii i strukturnyye perestroyki v Baykal'skom region [Sediments from the Tankhoi tertiary field, South Baikal basin: stratigraphy, correlations, and structural reorganizations in the Baikal region]. *Geodynamics & Tectonophysics*, 2014, vol. 5, no. 4, pp. 993-1032. (in Russian)
- Palshin G.B. *Kaynozoiyskiye otlozheniya yugo-vostochnogo poberezh'ya Baykala* [The Cenozoic Deposits and Landslides at the South-Eastern Coast of Lake Baikal]. Moscow, Publishing House of the USSR Acad. Sci., 1955, 201 p. (in Russian)
- Tomskaya A.I. *Palinologiya kaynozoya Yakutii* [Palinology Cenozoic of Yakutia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1981, 221 p. (in Russian)
- Cullers R.L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo. *Chemical Geology*, 2002, vol. 191, no. 4, pp. 305-327.
- Kashik S.A., Lomonosova T.K. Cenozoic deposits of the underwater Akademicheskii Ridge in Lake Baikal. *Lithology and Mineral Resources*, 2006, vol. 41 (4), pp. 339-353. <http://dx.doi.org/10.1134/S0024490206040018>.
- Rasskazov S.V., Luhr J.F., Bowring S.A. et al. Late Cenozoic volcanism in the Baikal Rift system: evidence for formation of the Baikal and Khubsugul basins due to thermal impacts on the lithosphere and collision-derived tectonic stress. *Berliner palaobiologische abhandlungen*, 2003, vol. 4, pp. 33-48.
- Mats V.D. The sedimentary fill of the Baikal Basin: Implications for rifting age and geodynamics. *Russian Geology and Geophysics*, 2012, vol. 53, no. 9, pp. 936-954. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2012.07.009>.
- Mats V.D. Late cretaceous and cenozoic stratigraphy of the Baikal Rift sediments. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2013, vol. 21, no. 6, pp. 637-651. <http://dx.doi.org/10.1134/S0869593813060075>.
- Nesbitt H.W., Young G.M. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic correlation. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1984, vol. 48, pp. 1523-1534.

Аль Хамуд Аднан

аспирант

Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, К. Маркса, 1
e-mail: hamoudadnan04@gmail.com

Al Hamoud Adnan

Postgraduate

Irkutsk State University
1, K. Marx, Irkutsk, 664003, Russian
Federation
e-mail: hamoudadnan04@gmail.com

Рассказов Сергей Васильевич

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, заведующий лабораторией
изотопии и геохронологии

Институт земной коры СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 128
заведующий кафедрой динамической
геологии
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: 8(3952)51-16-59
e-mail: rassk@crust.irk.ru

Rasskazov Sergey Vasilyevich

Doctor of Sciences (Geology and
Mineralogy), Professor, Head, Laboratory
Isotopies and Geochronology

Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
Head of Department of Dynamic Geology
Irkutsk State University
1, K. Marx, Irkutsk, 664003,
Russian Federation
tel.: (3952)511659
e-mail: rassk@crust.irk.ru

Чувашова Ирина Сергеевна

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Лермонтова 128
доцент

Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: chuvashova@crust.irk.ru

Chuvashova Irina Sergeevna

Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Researcher
Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
Associate Professor

Irkutsk State University
1, K. Marx, Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: chuvashova@crust.irk.ru

Трегуб Тамара Федоровна

кандидат географических наук, старший
научный сотрудник, НИИ геологии
Воронежский государственный университет
Россия, 394018, г. Воронеж,
Университетская площадь, 1
тел.: 8(473)220-82-91
e-mail: ttregub108@yandex.ru

Tregub Tamara Fedrovna

Candidate of Sciences (Geography),
Senior Researcher
Institute of Geology
Voronezh State University
1, University sq., Voronezh, 394018,
Russian Federation
tel.: 8(473)220-82-91
e-mail: ttregub108@yandex.ru

Волков Максим Андреевич

аспирант

Воронежский государственный университет
Россия, 394018, г. Воронеж, Университет-
ская площадь, 1
тел.: 8(473)220-82-91
e-mail: 1994vomaan@mail.ru

Volkov Maxim Andreevich

Postgraduate

Voronezh State University
1, University sq., Voronezh, 394018,
Russian Federation
tel.: 8(473)220-82-91
e-mail: 1994vomaan@mail.ru

Кулагина Наталья Валентиновна

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Лермонтова 128
e-mail: kulagina@crust.irk.ru

Kulagina Natalia Valentinovna

Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Researcher
Institute of the Earth's Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: kulagina@crust.irk.ru

Коломиец Владимир Леонидович

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник,
Геологический институт СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ,
ул. Сахьяновой, 6а
доцент
Бурятский государственный университет
им. Д. Банзарова
Россия, 670047, г. Улан-Удэ,
ул. Смолина, 24а
e-mail: kolom@ginst.ru

Kolomiets Vladimir Leonidovich

Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Senior Researcher
Geological Institute SB RAS
6a, Sakhyanova st., Ulan-Ude, Russia,
670047, Russian Federation
Associate Professor
D. Banzarov Buryat State University
24a, Smolin st., Ulan-Ude, 670000,
Russian Federation
e-mail: kolom@ginst.ru

Будаев Ринчин Цыбикжапович

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник
Геологический институт СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ,
ул. Сахьяновой, 6а
доцент
Бурятский государственный университет
им. Д. Банзарова
Россия, 670047, г. Улан-Удэ,
ул. Смолина, 24а
e-mail: budrin@ginst.ru

Budaev Rinchin Tsybikzhapovich

Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Senior Researcher
Geological Institute SB RAS
6a, Sakhyanova st., Ulan-Ude, Russia,
670047, Russian Federation
Associate Professor
D. Banzarov Buryat State University
24a, Smolin st., Ulan-Ude, 670000,
Russian Federation
e-mail: budrin@ginst.ru