Литология

УДК 552.5(571.5) https://doi.org/10.26516/2541-9641.2022.2.22

Литотипы, фации и источники материала осадочных пород в Баргузинской долине Байкальской рифтовой системы

А.И. Хассан^{1,2,3}, С.В. Рассказов^{1,2}, И.С. Чувашова^{1,2}, Т.А. Корнилова¹, Т.А. Ясныгина¹

¹ Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

³ Университет Аль-Басс, Хомс, Сирия

Аннотация. Приводятся литологические, петрографические и литогеохимические данные для осадочных пород аллювиальной, озерно-болотной и озерной фаций в Баргузинской долине, вскрытых новыми буровыми скважинами. При петрографических исследованиях шлифов обозначены основные литотипы стратонов рифтовых впадин. По минеральному составу пород, петрохимическим и микроэлементным характеристикам сделан вывод о происхождении осадочных отложений в результате размыва пород фундамента гранитного состава.

Ключевые слова. Баргузинская долина, осадочные отложения, литотип, литология, петрография, источник сноса.

Lithotypes, Facies, and Sources of Sedimentary Rocks in the Barguzin Valley of the Baikal Rift System

A.I. Khassan^{1,2,3}, S.V. Rasskazov^{1,2}, I.S. Chuvashova^{1,2}, T.A. Kornilova¹, T.A. Yasnygina¹

¹ Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia ² Irkutsk State University, Irkutsk, Russia ³ Al-Bass University, Homs, Syria

Abstract. Lithological, petrographic, and lithogeochemical data are given for sedimentary rocks of alluvial, lacustrine-marsh, and lacustrine facies in the Barguzin valley, uncovered by new boreholes. During petrographic studies of thin sections, the main lithotypes of stratons of rift basins were identified. According to the mineral composition of the rocks, petrochemical and microelement characteristics, a conclusion was made about the origin of sedimentary deposits as a result of erosion of the granite basement rocks.

Keywords. Barguzin valley, sedimentary deposits, lithotype, lithology, petrography, drift source.

Введение

Баргузинская долина представляет собой одну из структур центральной части Байкальской рифтовой системы, включающую (с юго-запада на северо-восток) Джидинскую (Джидотойскую), Усть-Миндайскую, Хонхинскую и Усть-Гаргинскую котловины, заполненные осадочными отложениями с максимальной мощностью 2.5 км в центральной (Хонхинской) котловине (Зорин, 1971). В осадочном наполнении долины выделяются (Логачев, 1958): (1) танхойская угленосная свита (миоцен–нижний плиоцен, $N_1 - N_2^1 tn$), (2) аносовская красноцветная свита (верхний плиоцен-эоплейстоцен, $N_2^2 - Q_E an$) и (3) песчаная свита с синхронными полифациальными отложениями (плейстоцен-голоцен, QII-IV). По керну новых скважин с определениями спорово-пыльцевых спектров осадочных отложений в нижней части разреза установлен дотанхойский (олигоценовый) стратон (Рассказов и др., 2019; Хассан и др., 2019; Трегуб и др., 2020).

Цель настоящей работы – охарактеризовать основные литотипы фаций стратонов полного разреза осадочного наполнения Баргузинской долины и определить состав пород в источниках сноса осадочного материала.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являются кайнозойские осадочные образования, вскрытые на двух участках Джидинской (Джидотойской) котловины (рис. 1): 1) Уро (скв. 513, 545 и 508) и 2) Бодон (скв. 531, 532). Для изучения пород в шлифах выбраны наиболее характерные образцы керна, отражающие основные закономерности изменения литологии пород по разрезу, а также образцы, явно отличающиеся по своим характеристикам от других пород разреза. В петрографические исследования вовлечено более 150 образцов песчаников, алевролитов, алевропесчаников, аргиллитов и бурого угля.

По структуре разных стратонов, которая является наиболее надежным индикатором динамики среды осадконакопления (Шишлов, 2010), выделяются литотипы с обозначением буквенно-цифровыми индексами по классификации Н.В. Логвиненко (1984).

Концентрации петрогенных оксидов определены классическими методами «мокрой химии» по методикам (Сизых, 1985; Рященко, Ухова, 2008). Микроэлементный состав пород определен методом ИСП-МС на приборе Agilent 7500се по методике (Ясныгина и др., 2003, 2015). Исследования вивианита выполнены на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Quanta-200 FEI Сотрапу с приставкой рентгеновского микроанализа EDAX.



Рис. 1. Местоположение района исследований в Баргузинской долине относительно оз. Байкал (*a*) и местоположение скважин (*б*).

Fig. 1. Location of the study area in the Barguzin valley relative to the lake Baikal (*a*) and location of wells (δ) .

Литологические характеристики стратонов

В осадочном наполнении Баргузинской долины скважинами вскрыты охристые олигоценовые осадки дотанхойской толщи, сероцветные угленосные миоцен-нижнеплиоценовые отложения танхойской свиты, охристые верхнеплиоценовые-эоплейстоценовые отложения аносовской свиты и пестроцветные четвертичные полифациальные отложения (рис. 2). Результаты изучения керна скважин разреза Бодон (скв. 531 и 532) приведены в работах (Рассказов и др., 2016; Hassan et al., 2019), разреза Уро (скв. 508, 513 и 545) – в работах (Хассан и др., 2017; Алокла и др., 2019; Хассан и др., 2021).

Отложения дотанхойской толщи олигоценового возраста вскрыты только в разрезе Уро (скв. 545 интервал 248.0-170.0 м, скв. 508, интервал 240.0-170.8 м и скв. 513, интервал 288.5-282.0 м). Отложения толщи залегают на кристаллическом фундаменте, сложенном гранитом, серым, среднезернистым, неизмененным, состоящим из белого полевого шпата и дымчатого кварца с редкими зернами биотита. В скв. 513 фундамент не вскрыт. Для отложений характерна ярко-желтая либо охристая окраска. Нередко образуются пятна гидроокислов железа. Преимущественно аллювиальные осадки накапливались в условиях слабо расчлененного рельефа. Вверх по разрезу наблюдается уменьшение размера обломков и возрастание количества заполнителя, иногда образующего самостоятельные тонкозернистые прослои. В верхней части толща крайне изменчива даже на коротких интервалах. По крену выделяются ритмы чередования песчаников и алевролитов, обогащенных растительным детритом. В скв. 508 и 545 толща расчленяется на три литологические пачки, в скв. 513 – выделяется одна пачка. Результаты палинологических исследований скважин 545 и 513 позволили выделить 2 палинозоны характерны для последнего этапа олигоцена (Рассказов и др., 2019; Трегуб и др., 2020; Хассан и др., 2021).

В разрезе Уро отложения танхойской свиты с несогласием залегают на отложениях

дотанхойской толщи и расчленяются на 6 литологических пачек в скв. 545 (170.0-115.5 м) и 508 (170.8-107.2 м). В скв. 513 (282.0-178.7 м) выделено 4 пачки. Отложения представлены в основном однородным аргиллитом, алевро-аргиллитом и алевролитом, в меньшей степени сложены грубозернистым песчаником. Породы имеют серый, темно-серый и кремовый цвет с зеленоватым оттенком, местами содержат включения вивианита (размер от 1 до 4 мм). По споро-пыльцевым и диатомовым комплексам вскрытые отложения свиты относятся к нижнему-среднему миоцену (Рассказов и др., 2019; Трегуб и др., 2020; Usoltseva et al., 2020; Усольцева и др., 2021; Хассан и др., 2021).

В разрезе Бодон отложения танхойской свиты залегают на кристаллическом ложе. В ее разрезе выделяются отложения двух фаций. Нижняя представлена слабосортированными коллювиальными, аллювиальными и местами старично-болотными угленосными отложениями (скв. 532 интервал 222.5–113.5 м; скв. 531 интервал 124.3–89.8 м), верхняя – тонкозернистыми озерными отложениями (скв. 532 интервал 113.5–50 м; скв. 531 интервал 89.8–61.0 м). Состав диатомей в разрезе Бодон указывает на среднемиоценовый-нижнеплиоценовый возраст отложений озерной фации (Hassan et al., 2019; Усольцева и др., 2019; Усольцева и др., 2021).

Осадочные отложения аносовской свиты залегают несогласно на породах танхойской свиты: в скв. 545 – на глубине 115.5–31.0 м; в скв. 508 - на глубине 107.2-58.0 м; в скв. 513 - на глубине 178.7-12.0 м; в скв. 532 - на глубине 50.0-7.2 м; в скв. 531 - на глубине 61.0-24.0 м. Свита явно отличается от нижележащих пород танхойской свиты, как по составу, так и по условиям осадконакопления. Наблюдается общее «огрубление» осадка, по сравнению с озерной толщей танхойской свиты, что выражается в ухудшении сортировки обломочного материала. Свита представлена песчаными породами различной структуры (разнозернистыми, гравийными и мелкосреднезернистыми), иногда со слоями аргиллитов, алевролитов и их углистых разновидностей с максимальной мощностью 166.7 м

(скв. 513). Эпигенетическое окисление носит пластовый характер, поскольку развивается по проницаемым породам и распространяется по всему профилю. Палинологические исследования, выполненные для керна осадочных пород скв. 545, позволяют на данном этапе изучения разреза рассматривать возраст аносовской свиты как верхнемиоценовый-нижнеплиоценовый (Рассказов и др., 2019; Трегуб и др., 2020).

Четвертичные отложения с размывом залегают на аносовской свите и включают смешанные аллювиальные, пролювиальные и делювиальные образования, сложенные песками серыми, разнозернистыми, рыхлыми, полимиктовыми, с темноцветными минералами биотитом и амфиболом. Встречается полуокатанная галька гранитного состава разного размера (до 8 см).

Эратема	Свита, толща, комплекс	w скв. 545	Пачка Литотип	скв. 508	Пачка Литотип	скв. 513	Пачка Литотип	Скв.531	Пачка Литотип	Скв.532	Пачка Литотип
Кайназойская	звита Четвертичные отложения	+ 50	3 An-II 2 An-I		1 An-I		An-I An-IV An-IV		An-I An-I An-I An-I An-I An-I An-I 5 An-I 4 II II II		An-I An-III An-III 4 IT-I
	Аносовская с	- 10C	An-II 1 An-I				An-IV An-I 2 An-III		3 11-1 1 1T-1 1 1T-1 3 CT-11* 3 CT-11* 2 CT-1V* 2 CT-111 1 CT-11		3 IT-I IT-IV IT-II 2 IaT-VI IT-II 1 IT-I
	Танхойская свита	-150	Image: 0 Image: 1 5 IT-I 4 IT-II 3 IaT-V 2 IT-IV 1 IT-II		5 III-V II-I 4 IIT-I 3 IIT-II 2 IT-IV 2 IT-IV 1 IIT-II		An-I An-V 1 An-I An-IV An-IV		<u> </u>		4 CT-II* 3 CT-III
	Дотанхойская толща	-200 -200	 3 DT-II 2 DT-II 1 DT-I 		3 DT-II 2 DT-II 1 DT-I		4 laT-II laT-I IT-II laT-V 3 IT-II laT-V 1aT-V 1aT-V				2 CT-IV* CT-IV 1 CT-IV CT-IV CT-I
Палеозойская	Витимканский интрузивный комплекс	+250 +250 ++++		▲ + +	16		Ia I-VII IT-II IT-I		5 6 6 8 8 20	9 10 11 12 21 22	 13 14 + + 15 2 a 6 23

Рис. 2. Литологические колонки скважин 545, 508, 513 (район Уро), 531 и 532 (район Бодон) с выделением литотипов (объяснения в тексте). *Маломощные слои, показанные вне масштаба.

Литологическая характеристика (1–15): 1 – аргиллит; 2 – алевро-аргиллит; 3 – алевролит; 4 – алевропесчаник; 5 – песчаник средне-мелкозернистый; 6 – песчаник разнозернистый; 7 – песчаник от гравелистого до разнозернистого; 8 – хлидолит; 9 – галечник; 10 – бурый уголь; 11 – обломок гранита; 12 – детрит; 13 – вивианит; 14 – пирит, марказит; 15 – гранит фундамента.

Стратиграфическая характеристика (16–22): 16 – четвертичные отложения (Q_{III-IV}); 17 – четвертичные отложения (Qv); 18 – аносовская свита; 19 – переходный слой от танхойской к аносовской свите; 20 –

танхойская свита; 21 – дотанхойская толща; 22 – витимканский интрузивный комплекс; 23 – стратиграфическая граница: *а* – согласная, *б* – несогласная.

Fig. 2. Lithological cores of wells 545, 508, 513 (Uro area), 531 and 532 (Bodon area) with lithotypes identified (explanations in the text). *Low power layers shown not to scale.

Lithological characteristic (1-15): 1 – mudstone; 2 – silty mudstone; 3 – siltstone; 4 – silty sandstone; 5 – medium-fine-grained sandstone; 6 – inequigranular sandstone; 7 – sandstone from gravelly to inequigranular; 8 – hlidolite; 9 – gravel; 10 – brown coal; 11 – fragment of granite; 12 – detritus; 13 – vivianite; 14 – pyrite, marcasite; 15 – foundation granite.

Stratigraphic characteristics (16–22): 16 – Quaternary deposits (Q_{III-IV}); 17 – Quaternary deposits (Qv); 18 – Anosovska Formation; 19 – transitional layer from the Tankhoi to Anosovska formations; 20 – Tankhoi Formation; 21– pre-Tankhoi sequence; 22 – Vitimkan intrusive complex; 23 – stratigraphic boundary: *a* – concordant, δ – discordant.

Петрографическая характеристика литотипов осадочных пород

Литотипы характеризуются в разрезах (рис. 2). Проводятся петрографические исследования ключевых образцов осадочных пород дотанхойской толщи, танхойской и аносовской свит.

Дотанхойская толща

Толща верхнего олигоцена состоит из двух структурно-генетических типов слоев: псефито-псаммитового (DT-I и DT-II) и алевропелитового (DT-III) (рис. 3).

Литотип DT-I представлен полимиктовым гравелитом (размер фракций: 0.3-0.6-1 мм; 1.5-2.1-3 мм), песчанистым гравелитом (размер фракций: 0.001-0.1-0.3-1-8.5 мм, единичные 10.3 мм и 12 мм) и гравийным песчаником (размер фракций: 0.001-0.1; 0.1-1.0 мм; 1.2-4.8 мм). Этот литотип характеризует основание разреза дотанхойской толщи. Его материал не сортирован, полуокатан (до 10 %) и угловат, не окатан. Для гравелитов, отмечается средняя степень сортировки гравийных обломков. Среди них различаются обломки окатанные (единичные), полуокатанные (85%) и не окатанные (15%). В целом для породы характерна псефитовая, реже псефито-псаммитовая структура и пятнистая текстура (рис. 3). Цемент (18-28 %) глинистый, железисто-глинистый, базально-поровый, в обр. 513/287 (18 %) - смешанный, поровый, халцедоновый. В составе обломочного материала преобладают калиевые полевые шпаты (27-38 %), плагиоклаз (14-24 %) и кварц (18-25 %). Второстепенные минералы: амфибол (1-4%) и биотит (2-6%), рудный минерал (магнетит) (1 %). Акцессорные минералы: титанит, лейкоксен, циркон и апатит. Присутствуют обломки (18–25 %) гранита. Иногда обломки сильно изменены. Встречен обломок, состоящий из реликтов роговой обманки.

Часть обломков полевых шпатов серицитизирована и пелитизирована. Калишпат в основном представлен микроклином. Чешуйки биотита деформированы, частично хлоритизированы, гидратированы. Их края расщеплены. Глинистый цемент обогащен гидроокислами железа. Отмечается ильменит в лейкоксеновом агрегате. В гравелитах (обр. 513/287) цементирующий компонент распределен неравномерно. Значительная часть пор в породе выполнена халцедоном, образующим крустификационные прерывистые оболочки.

Литоти DT-II – гравелистый песчаник (рис. 3 в,г). В породе отмечается псефитопсаммитовая структура и неясно выраженная слоистая текстура, которая проявляется в чередовании слоев разного гранулометрического состава (от гравелитов до разнозернистых песчаников). В плохо окатанных обломках гравелита (1.2–3.6 мм) присутствует плагиоклаз, кварц и калишпат, встречаются гранит и кварцит. Обломки цементируются глинистым материалом.

В гравелитовом слойке присутствует псаммитовый заполняющий материал кварц– полевошпатового состава. Слоек гравелита сменяется слойком песчаника. Песчаник разнозернистый (0.1–1 мм). Обломки не окатаны, не сортированы. Цемент глинистый, поровый. Среди обломков (12–28 %) преобладает плагиоклаз (17–30 %), калишпат (28– 32 %) и кварц (18–24 %). Второстепенные минералы представлены биотитом (2–5 %) и амфиболом (1–4 %). Из акцессорных минералов встречаются титанит, лейкоксен, циркон и эпидот (в обр. 508/173 до 1 %).

Обломки трещиноваты, давлены. Полевые шпаты интенсивнее других минералов пигментированы окислами железа. Микровключениями гидроокислов железа пронизана вся цементирующая глинистая масса. Чешуйки биотита деформированы, гидратированы. Отмечается небольшое количество обломков зеленого амфибола (роговой обманки). В обр. 545/209 определена единичная мелкая галька величиной до 12 мм. В обр. 508/173 отмечаются единичные обрывки-обломки органической (?) ткани, похожей на диатомовые водоросли. Длина обрывка (обломка) 1.5 мм, ширина – 3–7 мм. Органическая форма пропитана (псевдоморфно замещена) кремнеземом и гидроокислами железа и деформирована.

Литоти DT-III – алевропелит с микрослоистой текстурой (рис. 3 д,е). Текстура обусловлена параллельной и субпараллельной ориентировкой листочков биотита относительно плоскости наслоения. Выделяется неясное чередование микрослойков, в которых биотит отсутствует. Структура алевритовая, алевропелитовая с размером зерен 0.001– 0.03–0.06–0.1 мм, редко, 0.1–0.3–0.9 мм и 1.5–2.7 мм.

Обломки полевых шпатов (34-38 %) сцементированы глинистыми минералами. Цемент базальный, смешанного состава, с вероятным присутствием гидрослюды (до 39 %). Второстепенные минералы: кварц (9%), биотит (6–9 %), хлорит (4 %) и амфибол (до 3 %). Акцессорные минералы: циркон и титанит. Среди обломков (2-3 %) присутствуют зеленые осколки роговой обманки. Отмечаются единичные гранитные обломки до 2.7 мм, полуокатанные, состоящие из перлитового калишпата и кварца, а также реликтового плагиоклаза. Слоистость породы подчеркивается послойным обогащением гидроокислами железа. Биотит в породе слабо деформирован и хлоритизирован. В обр. 508/170.8 присутствуют обохренные обрывки растительного детрита (?) и мкрофоссилии 0.06 мм

в диаметре. Микрофоссилии черные, непрозрачные, овальной формы, образуют скопления. Чешуйки биотита частично хлоритизированы, деформированы. Встречаются обломки гранита.

Танхойская свита

В нижнетанхойской угленосной фации (разрез Бодон) определяются литотипы: псефитово-псаммитовый (СТ-I и СТ-III), бурого уголья (СТ-II), алевропелитовый (СТ-IV и СТ-V) (рис. 4, 5). В нижней, средней и верхней танхойских озерных фациях выделяются доминирующие литотипы: алевропелитовый (IT-I, IT-II и IT-IV) и псаммоалевритовый (IT-III и laT-VI), а также литотипы, играющие подчиненную роль: псефитово-псаммитовый (laT-V) и псаммитовый (laT-VII).

Угленосная фация нижнетанхойской подсвиты (разрез Бодон)

Литотип СТ-І-гравийный песчаник, сложенный обломочным материалом, плохо отсортированным, не окатанным (85-95 %), полуокатанным (5-15 %), изредка окатанным (не более 1 %). Размер зерен в песчаниках от 0.1 до 3 мм. Редко встречаются обломки 3.0-7.5 мм. Структура породы псефито-псаммитовая (рис. 4 а,б). Текстура пятнистая, массивная. Реже наблюдаются слоистая текстура, обусловленная чередованием прослоев различного гранулометрического состава. Встречаются однонаправленно-ориентированные чешуйки гидрослюды. Цемент бапорово-базальный, зальный. смешанного глинисто-гидрослюдистого состава, иногда смешанный обломочно-глинистый. Количество цемента варьируется от 12 до 38 %. Распределение цемента неравномерное.

В составе обломочного материала песчаников преобладают калиевые полевые шпаты (28–45 %), плагиоклаз (20–35 %) и кварц (18– 20 %). Второстепенный минерал – биотит (2– 5 %). Встречаются полуокатанные зерна амфибола (от единичных до 3 %), гидроокислы железа (до 2 %) и рудные минералы (до 1 %).



Рис. 3. Микрофотографии шлифов пород дотанхойской толщи. Литотипы: $a-\delta$ – обр. 508/222 (DT-I); e-e – обр. 508/193 (DT-II) и д-е – обр. 508/171.5 (DT-III). На микрофотографиях $a-\delta$ отмечается катаклаз породы, пелитизация калишпата, серицитизация плагиоклаза, не сортированный обломочный материал, обогащен гидроокислами железа цемент. Обозначения: ат – амфибол; bt – биотит; fsp – калиевый и полевой шпат; Q – кварц; ти – мусковит; pl – плагиоклаз; sp – полевой шпат; sph – титанит; zr – циркон; ер – эпидот; f.r – обломок породы. Вид в шлифах *a*, *b*, *d* со скрещенными николями, вид в шлифах *b*, *c*, *e* – с параллельными николями.

Fig. 3. Micrographs of thin sections of rocks of the pre-Tankhoy sequence. Lithotypes: $a-\delta$ – sample 508/222 (DT-I); e-c – sample 508/193 (DT-II); and $\partial -e$ – sample 508/171.5 (DT-III). On microphotographs $a-\delta$ rock cataclasis, K-feldspar pelitization, plagioclase sericitization, unsorted detrital material, and cement enriched in iron hydroxides are noted. Designations: am – amphibole; bt – biotite; fsp – potassium and feldspar; Q – quartz; mu – muscovite; pl – plagioclase; sp – feldspar; sph – titanite; zr – zircon; ep – epidote; f.r – a rock fragment. View in thin sections *a*, *e*, ∂ with crossed nicols, view in thin sections δ , *c*, *e* – with parallel nicols.

Акцессорные минералы: циркон, титанит, титанит–лейкоксен, апатит, ильменит (замещенный лейкоксеном). Содержание обломков гранитов (иногда, эффузивов кислого состава) – 9–10 %, реже – до 30 %. Обломки трещиноваты, катаклазированы. По трещинам развивается гидрослюда. Наблюдаются отдельные зерна серицитизированного плагиоклаза. Кварц имеет волнистое погасание и присутствует в неравномерно оскольчатых обломках.

Отмечен пертитовый микроклин (альбит). Эпигенетические изменения выражены хлоритизацией биотита и аргиллизацией калиевых полевых шпатов, а также лимонитизацией, развитием гидрослюдистого компонента в цементирующем матриксе, раздавленностью и трещиноватостью амфибола. Предположительно, рудные минералы замещены лейкоксеном. В обр. 531/124.5 гидроокислы железа псевдоморфно замещают органическое (?) вещество овальной формы диаметром 2.7 мм.

Литотип СТ-ІІ – бурый уголь со значительной примесью обломочного материала (рис. 4 в, г). В составе обломочного материала преобладают зерна размером от 0.06 до 0.6 мм. В составе обломков в основном присутствует кварц, плагиоклаз и калиевый полевой шпат. Края обломков неровные, выражена регенерация зерен. Отмечаются прожилки кварца от 0.03 мм до 0.2 мм. Угли достаточно разнообразны и могут быть разделены на литолого-генетические типы с использованием специальных методов углепетрографии.

Литотип СТ-Ш – песчаник, разнозернистый, иногда гравелистый, сложенный плохо сортированным, полуокатанным (10–18 %), не окатанным (80–90 %) и редко окатанным (до 2 %) обломочным материалом. Размер зерен в песчаниках изменяется от интервала 0.1–0.6 мм до интервала 0.9–1.5 мм, иногда встречаются более мелкие зерна (до 0.06 мм) и более крупные зерна (до 3 мм). Для песчаников характерна псефитовая, псаммитовая структура и массивная, реже ориентированная (по чешуйкам слюды) текстура (рис. 4 д, е).

Цемент базальный, смешанный, глинистообломочный, либо смешанного глинистогидрослюдистого состава. Его количество варьируется от 30 до 38 %. Распределение неравномерное. В составе обломочного материала песчаников преобладают калиевые полевые шпаты (25-35 %), плагиоклаз (20-30 %) и кварц (20-35 %), второстепенные минералы представлены биотитом (до 5 %) и рудным минералом (до 1 %). В отдельных пробах присутствует амфибол (3 %), единичные зерна хлорита и мусковита. Акцессорные минералы: циркон, титанит, титанит-лейкоксен, изредка – эпидот.

Содержание обломков гранитов, сложенных микроклином, плагиоклазом и кварцем, варьируется в пределах 8–25 %. Контур зерен неровный, реакционный. С краев они замещаются (разъедаются) глинистыми минералами цемента.

В минеральных обломках и обломках пород по трещинам отмечаются скопления вторичных жидких и газово-жидких микровключений гидроокислов железа. Калиевые полевые шпаты по трещинам и с краев зерен замещаются глинистыми минералами. Биотит хлоритизован, чешуйки смяты. Амфибол раздроблен. Отмечается увеличение гидрослюды в цементирующем матриксе. Рудный минерал замещен лейкоксеном.

Литотип CT-IV – аргиллит (рис. 5 а, б). В его составе преобладают глинистые минералы с незначительной примесью (<1 %) разнозернистого кварца (от 0.1 до 0.4 мм), биотита и калиевого полевого шпата (до 0.4 мм). Основной глинистый матрикс обогащен гидрослюдой. Обломки минералов не окатаны. Их контур неровный, реакционный, «разъедается» глинистыми минералами. В обломках пород и минералов по трещинам скапливаются вторичные жидкие и газово-жидкие микровключения гидроокислов железа. Калиевые полевые шпаты по трещинам и с краев зерен замещаются глинистыми минералами. Отмечается хлоритизация биотита и аргиллизация калиевых полевых шпатов. В отдельных пробах отмечаются линзовидно-полосчатые обособления гидрослюды и кварца.



Рис. 4. Микрофотографии шлифов отложений угленосной фации танхойской свиты. Литотип СТ-I: $a - \delta - \delta$ обр. 532/205 (края зерен неровные, реакционные, замещаются (разъедаются) глинистыми минералами цемента); СТ-II: $e - \delta$ обр. 531/92.5 (прожилки кварца); $e - \delta$ 532/121 (клеточное строение растительной ткани); СТ- III: $d - e - \delta$ 532/140 (деформация листочка слюды под давлением близлежащих более твердых зерен в результате уплотнения осадка). Вид в шлифах a, e, d - co скрещенными николями, вид в шлифах δ , e, e - c параллельными николями. Усл. обозн. см. рис. 3.

Fig. 4. Micrographs of thin sections of deposits of the coal-bearing facies of the Tankhoi Formation. Lithotype CT-I: $a-\delta$ – sample 532/205 (grain edges are uneven, reactive, replaced (corroded) by cement clay minerals); CT-II: e – sample 531/92.5 (veinlets of quartz); e – sample 532/121 (cellular structure of plant tissue); CT-III: $\partial -e$ – sample 532/140 (deformation of a mica sheet under the pressure of nearby harder grains as a result of sediment compaction). View in thin sections a, e, ∂ – with crossed nicols, view in thin sections δ , e, e – with parallel nicols. Conv. designation see fig. 3.



Рис. 5. Микрофотографии шлифов отложений угленосной фации танхойской свиты. Литотип CT-IV: *a*–*б* – 532/194.5 (отмечаются линзовидно-полосчатые обособления гидрослюды (красная стрелка) и кварца (синяя стрелка); CT-V: *в*–*г* – обр. 532/131 (отмечается чередование микрослоев с обломками разного размера). Вид в шлифах *a*, *в* – со скрещенными николями, вид в шлифах *б*, *г* – с параллельными николями. Усл. обозн. см. рис. 3.

Fig. 5. Micrographs of thin sections of deposits of the coal-bearing facies of the Tankhoi suite. Lithotype CT-IV: $a-\delta$ – sample 532/194.5 (lenticular-banded segregations of hydromica (red arrow) and quartz (blue arrow) are noted); CT-V: e-a – sample 532/131 (alternation of microlayers with fragments of different sizes is noted). View in thin sections a, e – with crossed nicols, view in thin sections δ , e – with parallel nicols. Conv. designation see fig. 3.

Литотип СТ-V – алевритистый аргиллит. Размер зерен: 0.001-0.01-0.025 мм, 0.025-0.05-0.1 мм, редко 0.25 мм. Литотип характеризуется алевропелитовой структурой и микрослоистой текстурой (рис. 5 в, г). Основная масса породы тонкопелитовая, состоящая из глинистого вещества, в том числе, тонкочешуйчатого агрегата гидрослюды (79-80 %). Алевритовая примесь состоит из кварца (5-10 %) и полевых шпатов (6-11 %), а также хлоритизированного биотита (3-8 %). Встречаются рудные минералы (до 1 %). В небольшом количестве в алевритовых (?) слойках присутствует зеленый амфибол (роговая обманка). Агрегаты тонкодисперсных глинистых частиц и реликты растительного детрита располагаются параллельно и субпараллельно относительно плоскости наслоения. обуславливая микрослоистую текстуру. Глинистые минералы и реликты растительных остатков окрашены гидроокислами железа. Среди основной массы глинистых минералов присутствуют единичные обломки аргиллита (0.3 мм). По плоскостям напластования в микротрещинах выделяются гидроокислы железа. Все обломки имеют реакционные контуры.

Озерная фация верхнетанхойской подсвиты (разрезы Уро и Бодон)

Литотип IT-I сложен алевролитом (0.01– 0.06–0.1 мм) с редкими обломками размером 0.3 и 0.6 мм и с включениями единичных обломков размером до 4 мм, реже до 6.6 мм. Структура алевролитовая со слоистой текстурой (рис. 6 а, б). Цемент глинистый, базальный, до 40 % породы. Минеральный состав обломков: кварц (10–40 %), полевые шпаты (от 40 до 81 %), биотит (5–10 %) и амфибол (14 %), иногда хлорит (5 %) и кальцит (1 %). Встречаются единичные зерна циркона и титанита. В обр. 508/112 отмечается лейкоксен (3 %).

Эпигенетические изменения выражены аргиллизацией полевых шпатов, которые по трещинам «разъедаются» глинистыми минералами, и слабой неоднородной лимонитизацией. Биотитовые чешуйки деформированы, частично хлоритизированы. В обр. 531/84 отмечается прожилок мощностью до 0.3 мм, заполненный кристаллическим кремнеземом. В обр. 531/70 отмечается тонкая микроритмичная текстура в виде перемежаемости слойков алевролита и аргиллита мощностью 0.6–1.0 мм. В обр. 545/170 микрослоистая текстура обусловлена чешуйками биотита, ориентированными параллельно плоскости слойков.

Литотип 1Т-II – алевритистый аргиллит (частицы 0.001–0.06–0.02 мм с редкими полуокатанными обломками 0.1–0.6 мм) и/или алевритовый аргиллит (0.001–0.03–0.06 мм, 0.1–0.3 мм). Встречаются единичные гранитные обломки (до 1.9 мм, в обр. 513/197 до 2.4 мм), а также эффузивов кислого состава (до 2 мм, обр. 545/141.5). Основная масса представлена глинистыми минералами (35–60 % для алевритовых аргиллитов и 60–89% – для алевритистых аргиллитов). Для породы характерна пелитовая, алевропелитовая структура и слоистая, реже пятнистая текстура (рис. 6 в,г).

Гидрослюда в ассоциации с биотитом имеет однонаправленно ориентированное расположение чешуек, чем обуславливает слоистую текстуру породы. Среди обломков алевритовой размерности различаются кварц (1–12 %), полевые шпаты (2–29 %) и хлоритизированый биотит (1–9 %), встречаются хлорит (2–7 %) и амфибол (до 4 %). Акцессорные минералы: циркон, титанит, лейкоксен, иногда – апатит. Отмечаются единичные гранитные обломки.

В обломках пород и минералов по трещинам отмечается скопление вторичных жидких и газово-жидких микровключений гидроокислов железа. Калиевые полевые шпаты по трещинам и краям зерен замещаются глинистыми минералами. Отмечается хлоритизация биотита, аргиллизация калиевых полевых шпатов. Наблюдается слабая неоднородная лимонитизация. Рудный минерал замещается лейкоксеном.

В обр. 513/242 и 513/197 выражена гидрослюдизация и окварцевание. В шлифе обр. 513/185 различаются две разности обрывков биотита по характеру их замещения вторичными минералами: одна – хлоритизированная, вторая – интенсивно лейкоксенизированная. В обр. 508/169 согласно плоскости наслоения располагаются микрофоссилии (диатомовые водоросли?) (0.01–0.06 мм). Они образуют черные, непрозрачные скопления овальной формы.

Литотип IT-III – песчанистый алевролит (0.001-0.06-0.1 мм до 0.2-0.4-0.6 мм, редко до 1.5 мм). Этот литотип встречается редко. Для него характерна в основном псаммоалевритовая структура и микрослоистая текстура (рис. 6 д, е). Слоистость обусловлена, помимо ориентированного расположения чешуек биотита, чередованием микрослойков различного гранулометрического состава. Алевритовые слойки (0.01-0.1 мм) чередуются с песчанисто-алевритовыми, в которых обломки полевых шпатов и кварца достигают 0.4 мм. Цемент везде глинистый. В составе песчанистых алевролитов количество глинистых минералов достигает 38 %. Преобладают плагиоклаз и калиевый полевой шпат (38-44 %) и кварц (9-10 %). Второстепенные минералы: биотит (5-8%) и амфибол (2-4%), иногда хлорит (до 5 %). Акцессорные минералы: титанит и циркон. Обломки пород (8-10 %) представлены гранитами. Обломки зеленого амфибола (роговой обманки) присутствуют повсеместно.

В обр. 545/161 отмечается послойное обогащение обугленными нитевидными обрывками органической ткани (фрагменты растений?). В единичных случаях наблюдаются черные, непрозрачные, овальной формы микрофоссилий (до 0.06 мм). Отмечаются единичные гравийные обломки калишпата и гранита (до 1.5 мм). Вторичные изменения выражены хлоритизацией биотита, лимонитизацией, иногда аргиллизацией.



Рис. 6. Микрофотографии шлифов озерной толщи танхойской свиты литотипа IT-I: $a-\delta$ – обр. 531/84 (зеленая стрелка – прожилок, заполненный кристаллическим кремнеземом); IT-II: b-c – обр. 513/242 (субпараллельно алевритовым слойкам расположены опаловидно-кремниевые прожилки невыдержанной мощности 0.03–0.3 мм); IT-III: $\partial -e$ – обр. 545/161 (ориентированное расположение чешуек биотита, неясное чередование микрослойков различного гранулометрического состава); IT-IV: $\ddot{e}-\mathcal{K}$ – обр. 545/156.5 (слоистость обусловлена чередованием микрослойков различного гранулометрического состава, показана граница). Вид в шлифах *a*, *b*, \ddot{e} – со скрещенными николями, вид в шлифах δ , *c*, *e*, \mathcal{K} – с параллельными николями. Усл. обозн. см. рис. 3.

Fig. 6. Micrographs of thin sections of the lake sequence of the Tankhoi Formation of lithotype IT-I: a-6 – sample 531/84 (green arrow – veinlet filled with crystalline silica); IT-II: e-e – sample 513/242 (opal-siliceous veinlets of irregular thickness 0.03–0.3 mm are located subparallel to the silty layers); IT-III: $\partial -e$ – sample 545/161 (oriented arrangement of biotite flakes, unclear alternation of microlayers of different granulometric composition); IT -IV: $\ddot{e}-\mathcal{H}c$ – sample 545/156.5 (layering is due to the alternation of microlayers of different granulometric granulometric composition, the boundary is shown). View in thin sections *a*, *e*, *d*, \ddot{e} – with crossed nicols, view in thin sections b, d, f, g *a*, *e*, *d*, \ddot{e} – with parallel nicols. Conv. designation see fig. 3.

Литотип IT-IV – аргиллит в основной массе. Представлен глинистыми минералами с незначительной примесью обломков (0.001-0.1 мм, редко до 0.8 мм), в которых присутствуют: полевые шпаты (1-6%), кварц (1-5 %), биотит (1-7 %) и амфибол (от единичных зерен до 7 %). Биотит хлоритизирован. Обломки минералов не окатаны, их контур неровный, реакционный, края «разъедаются» глинистыми минералами. Для них характерна пелитовая, алевропелитовая структура и микрослоистая текстура (рис. 6 ё, ж). Вся глинистая масса породы «пропитана» микровключениями гидроокислов железа. Текстура породы обусловлена послойным обогащением гидроокислами железа (местами слабой лимонитизацей). В отдельных пробах отмечаются прожилки халцедона мощностью до 0.1 мм.

Литотип laT-V представлен полимиктовыми гравелитами или песчаниками, разнозернистыми, гравийными. Структура пород псефито-псаммитовая, разнозернистая, реже псевдооолитовая. Текстура – микрослоистая, пятнистая. Гравелиты сложены полуокатанными (55 %) и не окатанными частицами (рис. 7 а, б). Заполнитель – кварц-полевошпатовый песчаный материал. Размер обломочных зерен меняется: 0.001–0.06–0.1–0.3–0.6– 1 мм, 1.5–2.1–3 мм, иногда 1–10 мм, присутствуют единичные обломки 11.4 мм. Цемент порово-базальный, глинистый (36 %). Глинистое вещество распределено неравномерно, послойно окрашено окислами железа.

В гравийных песчаниках размер зерен меняется (0.001–0.06–0.1–0.25 мм; 0.3–1–1.5 мм редко 5.7 мм). Цемент глинистый, базально поровый (25–28 %). Обломочный материал не сортирован. Различаются полуокатанные (40 %), окатанные (25 %) и не окатанные (35 %) частицы. В минеральном составе гравийных песчаников и гравелитов преобладают кварц (16–30 %) и полевые шпаты (27–44 %). Второстепенные минералы: биотит (3–10 %) и амфибол (до 4 %). Акцессорные минералы: апатит, титанит и циркон. Обломки пород представлены гранитами и аргиллитами (до 35 %). Плагиоклаз в обломках серицитизирован. Калиевый полевой шпат трещиноват и пелитизирован. Кварц также трещиноват, давлен, трещины заполнены оксидом железа. Обломки биотита хлоритизированы.

В обр. 508/129, 508/118 и 508/116 присутствуют овоиды (?) гравийной размерности (1.0–3.3 мм, иногда до 8.4 мм), состоящие из глинистых (?) минералов, окрашенных гидроокислами железа (см. рис. 7 в,г). Овоиды похожи на бобовины или закатыши, иногда просматривается их концентрически-зональное строение. Состав не однороден. Отмечаются фоссилизированные обрывки растений (?), изогнутые в полудуги или кольца, в том числе, внутри овоидов. В этих образцах обломки биотита частью гидратированы, частично замещены лейкоксеновым агрегатом.

Литотип laT-VI сложен песчаным алевритом, состоящим из зерен величиной 0.01–0.1 мм, иногда 0.3–0.6 мм, редко – 0.9–1.2 мм. Встречается в переходном интервале от танхойской свиты к аносовской. Текстура микрослоистая, структура псаммоалевритовая, разнозернистая (рис. 7 д, е). Цемент смешанный, поровый, базально-поровый, глинистый (15–28 %).

В составе песчаных алевритов преобладают кварц (16–35 %) и полевые шпаты (плагиоклаз и калиевый полевой шпат) (30–58 %). Второстепенные минералы: биотит (8–10 %), рудный минерал (1–3 %), иногда амфибол (2– 4 %) и эпидот (до 1 %). Акцессорные минералы: циркон, титанит и лейкоксен. Среди обломков пород (12–23 %) отмечаются граниты и алевро-аргиллиты. В шлифе наблюдается чередование микрослоев различного гранулометрического состава. В песчаноалевритовых прослоях среди алевритовой основной массы беспорядочно рассеяны обломки песчанистого материала.



Рис. 7. Микрофотографии шлифов озерной толщи танхойской свиты литотипа laT-V: *a*–*б* – обр. 508/146 (отмечаются катаклазировананные породы), *в*–*г* – обр. 508/116 (основная масса породы представлена разнозернистым песчаником с овоидами из глинистых минералов); laT-VI: *д*–*e* – обр. 513/183 (отмечаются единичные кварцевые песчинки); laT-VII: *ё*–*ж* – обр. 545/115.8 (степень сортировки средняя). Вид в шлифах *a*, *b*, *d*, *ë* – со скрещенными николями, вид в шлифах *б*, *c*, *e*, *ж* – с параллельными николями. Усл. обозн. см. рис. 3.

Fig. 7. Micrographs of thin sections of the lacustrine sequence of the Tankhoi Formation of the laT-V lithotype: $a-\delta$ – sample 508/146 (cataclased rocks are noted), e-z – sample 508/116 (the bulk of the rock is represented by inequigranular sandstone with ovoids of clay minerals); laT-VI: $\partial -e$ – sample 513/183 (single quartz sand grains are noted); laT-VII: $\ddot{e}-\varkappa$ – sample 545/115.8 (average sorting). View in thin sections *a*, *e*, ∂ , \ddot{e} – with crossed nicols, view in thin sections δ , *c*, *e*, \varkappa – with parallel nicols. Conv. designation see fig. 3.

Песчаные кварц-полевошпатовые зерна не окатаны (90–95 %) и полуокатаны (5–10 %). Обрывки биотита деформированы и смяты. По ним развиваются гидроокислы железа с псевдоморфным замещением, развивается гидрослюда с выделением лейкоксенового агрегата, слабая хлоритизация. Слойки аргиллита прерывистые, имеют пелитовую структуру и сложены глинистым материалом. В них отмечаются единичные песчанистые обломки кварца. Микрослоистость подчеркивается послойным обогащением породы гидроокислами железа. Обломки зеленого амфибола (роговая обманка) трещиноваты.

Литотип laT-VII – полимиктовый песчаник, мелкозернистый (0.1-2.5 мм, единичные до 1.5 мм), мелко-среднезернистым (0.1-0.3 мм, редко 0.6-0.9 мм). Он обнаружен в переходном интервале от танхойской к аносовской свите, а также в озерной толще танхойской свиты скв. 513 (ритмичные пачки). Обломки хорошей и средней степени сортировки. Среди них отмечаются не окатанные (65-93 %) и полуокатанные (7-35 %) частицы. Для породы характерна псаммитовая структура и слоистая, реже, ориентированная текстура. Отмечается неравномерное распределение чешуек биотита, деформированных, смятых, интенсивно обогащенных микровключениями гидроокислов железа (рис. 7 ё, ж). Они повсеместно, но в разной степени, замещаются хлоритом. Длина отдельных чешуек смятого биотита достигает 0.9 мм.

Цемент поровый, порово-контактовый, состав глинистый (до 19%). В составе обломочного материала песчаников преобладают полевые шпаты (43–58%), биотит (8–10%) и кварц (17–23%). Второстепенные минералы сложены рудным минералом (до 2%) и амфиболом (до 5%). Акцессорные минералы: циркон и титанит. Обломки пород представлены гранитами, редко аргиллитами (19–25%). Полевые шпаты трещиноваты, аргиллизированы, обогащены микровключениями гидроокислов железа. Встречаются обломки серицитизированного плагиоклаза. Рудный минерал – пирит. Обломки амфибола трещиноваты, давлены. Эпигенетические процессы проявлены слабым катаклазом, лимонитизацией, аргиллизацией. Отмечается хлоритизация биотита.

Аносовская свита

Аносовская свита объединяет породы, накопившиеся в аллювиальной фации. Породы характеризуются в основном псефитопсаммитовой (An-I) и псаммитовой структурой (An-II), в меньше степени псаммитовоалевропелитовой (An-III) и алевропелитовой (An-IV и An-V) (рис. 8, 9).

Литотип An-I – полимиктовый песчаник, разнозернистый до гравийного, сложен плохо сортированным не окатанным (55-90 %), полуокатанным (8-45 %), реже окатанным (до 2 %) обломочным материалом. Размер зерен в песчаниках изменяется от 0.001-0.01 мм, 0.1-0.3-0.6 мм до 1-9 мм. Для породы характерна псефито-псаммитовая, разнозернистая структура, пятнистая, массивная, реже слабо ориентированная текстура (за счет гидрослюды) (рис. 8 а-г). Цемент порово-базальный, смешанного состава, пленочный железистый (лимонитизированный), глинистый, глинисто-обломочный, в редких случаях кремнеземистый, неоднородный, его количество варьируется от 10 до 35 %, распределение неравномерное.

В составе обломочного материала песчаников преобладают калиевые полевые шпаты (22–38 %), плагиоклаз (12–35 %) и кварц (16– 28 %). Второстепенные минералы: биотит (1– 9 %), амфибол (до 4 %), магнетит (до 2 %) и глауконит (?). Акцессорные минералы: титанит, лейкоксен и циркон, изредка – эпидот и апатит. Циркон имеет полуокатанную и окатанную форму. Среди обломков пород (10–30 %) отмечаются граниты, алевропесчаники, песчанистые алевриты.

Обломки трещиноваты, катаклазированы, имеют реакционные края. Плагиоклаз в

разной степени серицитизирован и пелитизирован (глинистый агрегат иллит?), калиевые полевые шпаты только пелитизированы. Кварц в обломках давлен, имеет волнистое погасание. Обломки неровные и остроугольные, встречаются сглаженные и полуокатанные формы.



Рис. 8. Микрофотографии шлифов аносовской свиты. Литотип An-I: $a-\delta$ – обр. 513/178.5 (текстура породы обусловлена послойным обогащением чешуйками биотита, который деформирован, смят); e-e – обр. 513/21.5 (обломки плагиоклаза катаклазированы, по трещинкам и краю выделяются гидроокислы железа); An-II: $\partial - e$ – обр. 531/43.4 (отмечается средняя степень сортировки). Вид в шлифах *a*, *e*, ∂ – со скрещенными николями, вид в шлифах *б*, *c*, *e* – с параллельными николями. Усл. обозн. см. рис. 3.

Fig. 8. Micrographs of thin sections of the Anosovka Formation. Lithotype An-I: $a-\delta$ – sample 513/178.5 (rock texture is due to layer-by-layer enrichment with biotite flakes, which is deformed, crumpled); e-e – sample 513/21.5 (plagioclase fragments are cataclased, iron hydroxides are released along the cracks and the edge); An-II: $\partial -e$ – sample 531 / 43.4 (the average degree of sorting is noted). View in thin sections *a*, *b*, ∂ – with crossed nicols, view in thin sections δ , *c*, *e* – with parallel nicols. Conv. designation see fig. 3.

Эпигенетические изменения выражены аргиллизацией калиевых полевых шпат, а также лимонитизацией, реже слабой хлоритизацией биотита. Глинистый матрикс цемента окрашен гидроокислами железа, что обуславливает охристый цвет породы. Плагиоклаз серицитизирован, скорее всего, до образования осадочной породы. На участке Уро встречаются обломки неизмененного и сильно серицитизированного плагиоклаза. Циркон окатан и полуокатан, что свидетельствует о его разных источниках.

Литотип An-II – полевошпатовый аркозовый песчаник, мелко-среднезернистый, сложен обломками средней степени сортировки, не окатанными (92 %), полуокатанными (8 %). Размер зерен в песчаниках изменяется от 0.1-0.3 до 0.6 мм. Для породы характерна псаммитовая структура, неясная ориентированная текстура (рис. 8 д, е). Цемент поровый, глинистого состава (до 12 %), распределен равномерно. В составе обломочного материала песчаника преобладают калиевые полевые шпаты (35-40 %), плагиоклаз (23-28 %), кварц (18-20 %). Второстепенные минералы: биотит (4-9 %), иногда мусковит (до 2 %), встречаются единичные зерна амфибола, редко – глауконита (?). Акцессорные минералы: циркон, титанит, иногда лейкоксен и эпидот. Содержание обломков гранитов и аргиллитов до 18 %. Обломки трещиноваты, катаклазированы. Эпигенетические изменения выражены аргиллизацией полевых шпатов, лимонитизиацией, слабым катаклазом, деформированностью чешуек биотита.

Литотип An-III – песчанистый алевролит. В нем преобладают обломки алевритовой фракции (0.001-0.01-0.3 мм, редко до 1.6 мм), иногда вывялятся псаммо-алевроаргиллитовая фракция (размер обломков 0.001-0.01 мм, 0.01-0.1-0.6-1.3 мм, редко 3 и 6.1 Структура породы неоднородная, мм). псаммо-алевропелитовая (рис. 9 а, б). Цемент смешанный, базальный, глинистый, базально-поровый, порово-базальный.

Текстура слоистая, реже, пятнистая, неясно слоистая. Чередуются микрослойки разного гранулометрического состава. Наблюдается послойное обогащение пород гидроокислами железа. Отмечается неясное чередование разнозернистого алевритового и песчаного материала, сцементированного глинистыми минералами.

В составе обломочного материала преобладают полевые шпаты (18–68 %) и кварц (12–20 %, в обр. 532/23 до 45 %). Второстепенные минералы: биотит (4–11 %), амфибол (до 6 %) и рудный минерал (до 2 %). Акцессорные минералы: циркон и титанит, реже, эпидот и апатит. Среди обломков (до 12 %) различаются угловатые граниты, иногда полуокатанные и окатанные аргиллиты и алевро-аргиллиты (обр. 513/102). Эпигенетические изменения проявлены катаклазом, лимонитизацией, гидрослюдизацией.

Литотип An-IV – алевритовый аргиллит (0.001–0.01–0.03–0.06 мм, редко 0.3–1.3 мм) либо алевритистый аргиллит (0.001–0.01 мм, редко до 0.02 мм). Порода имеет алевропелитовую, пелитовую структуру и слоистую, ориентированную текстуру. Однонаправленное расположение чешуек биотита обуславливает ориентированную текстуру породы. Слоистость образуется переслаиванием частиц разного гранулометрического состава (рис. 9 в, г).

Основная масса породы тонкопелитовая, сложена микрочешуйчатым агрегатом гидрослюды (?) с примесью микролитового глинистого компонента. Алевритовая примесь состоит из кварца (4-16 %), и аргиллизированных полевых шпатов (5-20 %), биотита (5-9%). Иногда встречаются зерна амфибола (до 1 %). Акцессорные минералы: титанит, циркон. Редко встречается эпидот. Отмечаются слабо хлоритизированные чешуйки биотита. По биотиту развивается гидрослюда. В породе присутствуют единичные обломки песчаного кварц-полевошпатового материала, а также обломки не окатанного гранита с реакционными краями. По микротрещинкам в обломках отмечаются микровключения гидроокислов железа. Эпигенетические изменения проявляются лимонитизацией, аргиллизацией, слабой хлоритизацией, гидрослюдизацией. В обр. 513/53.5 отмечено окремнение, различаются микропрожилки халцедоновидного кварца размером до 0.12 мм.

Литотип An-V – аргиллит. Основная масса породы глинистая с чешуйками биотита. Размер обломков: 0.001–0.01 мм, иногда 0.2–0.6 мм, редко до 3.1 мм. Структура – пелитовая, текстура ориентированная, микрослоистая, реже, пятнистая. На фоне однородной аргиллитовой массы различаются обломки кварца и полевого шпата. Акцессорные минералы: титанит и эпидот. Текстура породы обусловлена послойным обогащением окислами железа (местами слабой лимонитизацией). Отмечаются чешуйки смятого биотита.

В обр. 513/137 наблюдается серия взаимопересекающихся микропрожилков мощностью от 0.02 мм до 0.2 мм. Они заполнены глинистым минералом в ассоциации с гидроокислами железа (рис. 9 д, е).



Рис. 9. Микрофотографии шлифов аносовской свиты. Литотип An-III: *a*–*б* – обр. 532/23 (песчанистый алевролит); An-IV: *в*–*г* – обр. 513/53.5 (однонаправленное расположение чешуек биотита обуславливает ориентированную текстуру алевритистого аргиллита); An-IV: *д*–*e* – обр. 513/137 (зеленая стрелка показывает микропрожилки заполненные глинистым материалом, пропитанным гидроокислами железа). Вид в шлифах *a*, *b*, *д* – со скрещенными николями, вид в шлифах *б*, *c*, *e* – с параллельными николями. Усл. обозн. см. рис. 3.

Fig. 9. Micrographs of thin sections of the Anosovka Formation. Lithotype An-III: $a-\delta$ – sample 532/23 (sandy siltstone); An-IV: e-e – sample 513/53.5 (unidirectional arrangement of biotite flakes determines the oriented texture of silty mudstone); An-IV: $\partial -e$ – sample 513/137 (green arrow shows microveinlets filled with clay material impregnated with iron hydroxides). View in thin sections *a*, *e*, ∂ – with crossed nicols, view in thin sections δ , *e*, *e* – with parallel nicols. Conv. designation see fig. 3.

Обсуждение

Вертикальное и латеральное распределение литологических фаций

Осадконакопление определяется количеством обломочного материала, поставляемого речными водотоками из водосборного бассейна в область аккумуляции обломочного материала. В Багузинской долине определяется характер осадконакопления в Джидинской (Джидотойской) котловине.

В олигоцене здесь накапливались грубообломочные аллювиальные отложения. С течением времени грубозернистые осадки сменялись ритмичным чередованием песчаников и алевролитов, которые отлагались в условиях более медленного течения крупной реки и эпизодически возникающих малых озер и болот.

В миоцене осадочные породы нижней и верхней частей разреза танхойской свиты показывают резкую смену петрографических характеристик. В районе Бодон, аллювиальная и озерно-болотная фации нижнего-среднего миоцена характеризуется грубозернистым составом обломочных пород (гравийные песчаники и песчаники) и сменяется в верхней части разреза свиты озерной фацией позднего миоцена-раннего плиоцена (алевролиты). Степень окатанности и сортировки обломочного материала возрастает вверх по разрезу. В сероцветных озерных отложениях, вскрытых скважинами 531 и 532 в районе Бодон, определены диатомеи среднего мио-Доминирование цена-нижнего плиоцена. планктонных и распространение разнообразных бентосных видов свидетельствует о формировании осадков в прибрежной зоне обширного озерного бассейна с развитой пелагиалью (Hassan et al., 2019).

В районе Уро породы нижнего-среднего миоцена имели более однородный состав. Они представлены в основном алевролитами с различной степенью насыщения диатомовыми водорослями (Usoltseva et al., 2020; Усольцева и др., 2021; Хассан и др., 2021). Отложения преимущественно озерной фации состоят из угловатых зерен полевых шпатов и кварца в основном пелитовой и алевритовой размерности с малой примесью крупных обломков. Более молодые грубообломочные отложения аносовской свиты в районах Бодон и Уро накапливались на аллювиальной равнине.

Анализ расположения фаций нижнего миоцена и первой половины среднего миоцена в районах исследований указывает на углубление палеобассейна с северо-востока (озерно-болотные фации района Бодон) на юго-запад (фация глубокого озера района Уро). Во второй половине среднего миоцена и раннем плиоцене палеобассейн имел малую глубину в районе Уро был более глубоким в районе Бодон. По сравнению с ранне-среднемиоценовым бассейном, среднемиоценовыйраннеплиоценовый бассейн углублялся в противоположном направлении, что свидетельствует об активизации конседиментационных тектонических движений. Показательна образовавшаяся в это время ритмичная толща, вскрытая скв. 513 (см. рис. 2).

Оценка состава пород в источнике сноса осадочного материала

Классификация песчаных пород основана на соотношениях обломочных зерен разного состава (Логвиненко, 1974; Pettijohn, 1975; Шванов, 1987). На классификационной диаграмме Н.В. Логвиненко (рис. 10 а) фигуративные точки попадают в поля полевошпатовых пород и полевошпатовых граувакк, в меньше степени в поле аркозов, за исключением одной пробы танхойской свиты (обр. 508/110.4), на классификационной диаграмме В.Н. Шванова (рис. 10 б) фигуративные точки расположены в поле аркозов, аркозограувакк, кварцево-полевошпатовых и литоидных аркозов, на диаграмме Ф.Дж.

Петтиджона с соавторами (рис. 10 в) попадает в поле аркозов и аркозовых аренитов.



Рис. 10. Классификация песчаных пород дотанхойской толщи, танхойской и аносовской свит (участки Бодон и Уро): *a* – по Н.В. Логвиненко (1974); *б* – по В.Н. Шванову (1987); *в* – по Ф.Дж. Петтиджону (Pettijohn, 1975).

Fig. 10. Classification of sandy rocks of the Dotankhoi strata, the Tankhoi and Anosov formations (Bodon and Uro sites): a – according to N.V. Logvinenko (1974); δ – according to V.N. Shvanov (1987); e – according to F.J. Pettijohn (1975).

Осадочные толщи состоят из обломочных пород, среди которых часто встречаются песчаники, обогащенные полевыми шпатами. В составе породообразующих минералов преобладают калиевые полевые шпаты, кислый плагиоклаз и кварц, в небольшом количестве встречается биотит и амфибол. Акцессорные минералы представлены цирконом, титанитом, титанит-лейкоксеном, апатитом, ильменит замещается лейкоксеном. Состав минералов осадочных пород соответствует составу гранитов.

Для пород из скв. 545, 508, 513 и 531 получены петрохимические и микроэлементные данные. Породы имеют высокое содержание Al_2O_3 , K_2O и Na_2O (Рассказов и др., 2016), обусловленное присутствием полевых шпатов. На диаграмме $Na_2O - K_2O$ породы смещены в область калиевых полевых шпатов (поле аркозов) (рис. 11 а). Исключение составляют пробы скв.508/173 и скв. 508/172.8, которые слегка смещены в область плагиоклаза (поле граувакк). На диаграмме Th/Co-La/Sc (Cullers, 2002) отложения всех выделенных стратонов соответствуют источнику магматические породы кислого состава (рис. 11 б).



Рис. 11. Соотношения Na₂O – K₂O (Pettijohn, 1975) (*a*); Th/Co – La/Sc (Cullers, 2002) (*б*) для отложений Баргузинской долины.

Fig. 11. Na₂O – K₂O ratios (Pettijohn, 1975) (*a*); Th/Co – La/Sc (Cullers, 2002) (6) for deposits of the Barguzin valley.

В пробе 545/137 алевролитов озерной толщи танхойской свиты определен вивианит (рис. 12). Источником фосфора для образования вивианита служил органический материал вмещающих пород.



Рис. 12. Общий вид частиц вивианита озерной толщи танхойской свиты Баргузинской долины (*a* и *г*). *a*, *б* и *в* – обр. 545/137-002, *г*, *д* и *е* – обр. 545/135-006; *б*–*д* – интенсивности пиков элементов; в–е – процентные соотношения элементов.

Fig. 12. General view of vivianite particles from the lacustrine sequence of the Tankhoi Formation of the Barguzin Valley (*a* and *z*). *a*, δ and *e* – sample 545/137-002, *z*, ∂ and *e* – sample 545/135-006; δ – ∂ – peak intensities of elements; *e*–*e* – percentages of elements.

Заключение

Охарактеризованы литотипы всего разреза осадочных отложений Баргузинской долины от олигоценовых до плиоценовых. В разрезе различаются аллювиальные, озерно-болотные и озерные фации. Дотанхойская (олигоценовая) толща представлена двумя структурно-генетическими литотипами аллювиальной фации – псефитово-псаммитовым (DT-I и DT-II) и алевропелитовым (DT-III). В угленосной фации танхойской свиты (район Бодон) определены литотипы: псефитовопсаммитовый (СТ-І и СТ- III), бурого угля (CT-II) и алевропелитовый (CT-IV и CT-V). В озерной фации танхойской свиты выделены доминирующие литотипы: алевропелитовый (IT-I, IT-II и IT-IV) и псаммоалевритовый (IT-III и laT-VI), а также литотипы, играющие подчиненную роль: псефитово-псаммитовый (laT-V) и псаммитовый (laT-VII). В аносовской свите описаны литотипы: псефитовопсаммитовый (An-I) и псаммитовый (An-II), редко встречающиеся псаммитово-алевропелитовый (An-III) и алевропелитовый (An-IV и An-V).

Минеральный состав пород свидетельствует о преобладании на протяжении всего осадконакопления в источнике размыва гранитов, что согласуется с данными, полученными по геохимическим индексам пород.

Благодарности

Концентрации петрогенных оксидов определены в аналитическом центре ИЗК СО РАН классическими методами «мокрой химии» (химики–аналитики: Г.В. Бондарева и М.М. Самойленко). Микроэлементный состав пород определен методом ИСП-МС на приборе Agilent 7500се в ЦКП «Ультрамикроанализ» (ЛИН СО РАН) с пробоподготовкой в лаборатории изотопии и геохронологии ИЗК СО РАН (пробоподготовка М.Е. Марковой, обработка данных Т.А. Ясныгиной). Исследования вивианитов выполнены на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Quanta-200 FEI Company с приставкой рентгеновского микроанализа EDAX в ЦКП «Ультрамикроанализ» (ЛИН СО РАН) К.Ю. Арсентьевым. Петрографические исследования образцов в шлифах проводились на поляризационном микроскопе OLYMPUS–BX53P в лаборатории изотопии и геохронологии ИЗК СО РАН. Авторы выражают благодарность С.А. Сасиму за помощь в фотографировании шлифов на поляризационном микроскопе Olympus BX-53F в лаборатории экспериментальной геологии геологического факультета ФГБОУ BO «ИГУ».

Литература

Алокла Р., Чувашова И.С., Рассказов С.В., Данилова М.В. Микроструктуры глинистых минералов осадочного наполнения Баргузинской долины: данные растровой электронной микроскопии // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 29. С. 24–38.

Зорин Ю.А. Новейшая структура и изостазия Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий. М.: Наука, 1971. 168 с.

Логачев Н.А. Кайнозойские континентальные отложения впадин байкальского типа // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1958. №4. С. 18–29.

Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования). М.: Высшая Школа, 1984. 416 с.

Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород. М.: Высшая школа, 1974. 400 с.

Рассказов С.В., Лямина Н.А., Лузина И.В., Черняева Г.П., Чувашова И.С., Усольцева М.В. Отложения Танхойского третичного поля, Южно-Байкальская впадина: стратиграфия, корреляции и структурные перестройки в Байкальском регионе // Geodynamics & Tectonophysics. 2014. V. 5, N 4. P. 993–1032.

Рассказов С.В., Трегуб Т.Ф., Волков М.А. Палинологическая характеристика аллювиальных толщ долины реки Баргузин (республика Бурятия) // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2019. № 2. С. 150–152.

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Усольцева М.В., Руднева Н.А., Митькин

Д.Ю., Федин А.Ю. Пирокластика как показатель поднятия Икатского хребта относительно Баргузинской впадины Байкальской рифтовой зоны // География и природные ресурсы. 2016а. № 5. С. 117–127.

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Фефелов Н.Н., Саранина Е.В. Калиевая и калинатровая вулканические серии в кайнозое Азии. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2012. 351 с.

Рященко Т.Г., Ухова Н.Н. Химический состав дисперсных грунтов: возможности и прогнозы (Восточная Сибирь). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2008. 131 с.

Сизых Ю.И. Комплексная схема химического анализа горных пород и минералов. Отчёт. Иркутск: ИЗК СО АН СССР, 1985. 61 с.

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.

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». 2021. С. 124–126.

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.

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. 2021. С. 124–126.

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. Мат-лы совещания. Вып. XXVII. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2017. С. 246–246. 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. 2019. С. 173–175.

Шванов В.Н. Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). Ленинград: Недра, 1987. 269 с.

Шишлов С.Б. Структурно-генетический анализ осадочных формаций. СПб.: С.-Петерб. горн. ин-т; ЛЕМА, 2010. 276 с. ISBN 978-5-94211-462-6.

Ясныгина Т.А., Рассказов С.В., Маркова М.Е., Иванов А.В., Демонтерова Е.И. Определение микроэлементов методом ICP-MS с применением микроволнового кислотного разложения в вулканических породах основного и среднего состава // Прикладная геохимия. Т. 4. Аналитические исследования (ред. Буренков Э.К., Кременецкий А.А.). М.: ИМГРЭ. 2003. С. 48–56.

Ясныгина Т.А., Рассказов С.В., Маркова М.Е., Пахомова Н.Н. Определение редкоземельных элементов, Y, Zr, Nb, Hf, Ta, Th в стандартных образцах серии ДВ методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81. № 2. С. 10–20.

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

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 BarguzinValley, Baikal Rift Zone // Quaternary international. 2019. V. 524. P. 24–30.

Pettijohn F.J. Sedimentary Rocks (Third edition). Harper & Row, New York. 1975. 628 p.

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, N 4. P. 752–754. Хассан Абдулмонем Иссаевич 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН младший научный сотрудник, 664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, Аспирант Университет Аль-Басс, геологическое отделение, Сирия, Ассистент тел.: (3952) 51-16-59 Email: abdulmonemhassan86@gmail.com Abdulmonem Issa Hassan 664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, junior researcher 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, Graduate student Al-Baath University, Department of Geology, Syria Assistant tel.: (3952) 51-16-59 *E-mail: abdulmonemhassan86@gmail.com* Рассказов Сергей Васильевич доктор геолого-минералогических наук, профессор 664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, заведующий кафедрой динамической геологии 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН заведующий лабораторией изотопии и геохронологии тел.: (3952) 51–16–59 E-mail: rassk@crust.irk.ru Rasskazov Sergei Vasilievich doctor of geological and mineralogical sciences, professor 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, Head of Dynamic Geology Char 664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS Head of the Laboratory for Isotopic and Geochronological Studies tel.: (3952) 51-16-59 *E-mail: rassk@crust.irk.ru* Чувашова Ирина Сергеевна кандидат геолого-минералогических наук 664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, доиент 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН, старший научный сотрудник тел.: (3952) 51-16-59 E-mail: chuvashova@crust.irk.ru Chuvashova Irina Sergeevna candidate of geological and mineralogical sciences 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, assistant professor 664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Senior Researcher tel.: (3952) 51-16-59 E-mail: chuvashova@crust.irk.ru

Корнилова Татьяна Александровна 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН, ведущий инженер тел.: (3952) 36-12-07 Email: kornilova@crust.irk.ru Kornilova Tatyana Alexandrovna 664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Lead Engineer tel.: (3952) 36–12–07 E-mail: kornilova@crust.irk.ru Ясныгина Татьяна Александровна, кандидат геолого-минералогических наук, 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН, старший научный сотрудник тел.: (3952) 51-16-59 Email: ty@crust.irk.ru Yasnygina Tatyana Alexandrovna candidate of geological and mineralogical sciences 664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Senior Researcher tel.: (3952) 51-16-59 Email: ty@crust.irk.ru