

## Кайнозойские осадочные отложения Селенгино-Витимского прогиба и Байкальской рифтовой зоны, пространственно совмещенные в разрезе Уро

А. И. Хассан<sup>1,2</sup>, С. В. Рассказов<sup>1,3</sup>, И. С. Чувашова<sup>1,3</sup>, С. А. Решетова<sup>4</sup>, М. Н. Рубцова<sup>1</sup>,  
Т. А. Ясныгина<sup>1</sup>, Р. Ц. Будаев<sup>5</sup>, А. Аль Хамуд<sup>6</sup>, Л. А. Титова<sup>7</sup>, Е. В. Родионова<sup>7</sup>, М. В. Усольцева<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Институт земной коры СО РАН, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128

<sup>2</sup>Университет Аль-Басс, г. Хомс, Сирия, e-mail: abdulmonemhassan86@gmail.com

<sup>3</sup>Иркутский государственный университет, 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, д. 1

<sup>4</sup>Институт геохимии им. А.П. Виноградова, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1А

<sup>5</sup>Геологический институт СО РАН, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6а

<sup>6</sup>Университет Аль-Фурад, Дейр-Эз-Зор, Сирия

<sup>7</sup>Лимнологический институт СО РАН, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, д. 3

Поступила в редакцию 24.06.2022 г., принята к печати 21.09.2022 г.

**Объект исследования.** Кайнозойские стратифицированные осадочные образования, вскрытые скважиной 517 в районе Уро. **Цель.** Изучить разрез пространственно совмещенных стратонсов Селенгино-Витимского прогиба и Байкальской рифтовой зоны. **Методы.** Литолого-стратиграфический анализ, литогеохимические, палеонтологические исследования отложений. **Результаты.** Впервые вскрыты олигоценые отложения кулариктинской свиты Селенгино-Витимского прогиба, с несогласием перекрытые отложениями впадин байкальского типа Байкальской рифтовой зоны (миоцен-нижнеплиоценовой танхойской свитой, верхнеплиоценовой-эоплейстоценовой ановской свитой и четвертичной полифациальной толщей). В отложениях разреза охарактеризовано четыре палинокомплекса: ПК I раннего олигоцена – смешанных лесов из ели, сосен, тсуги с примесью ольхи, березы и широколиственных листопадных с незначительным участием вечнозеленых растений, существовавших в условиях теплоумеренного климата; ПК II позднего олигоцена – расширения площадей хвойной растительности в условиях перехода к умеренному климату; ПК III раннего миоцена – мезофильных хвойных лесов и значительной ролью широколиственных пород деревьев в более теплых и влажных климатических условиях; ПК IV позднего миоцена – растительности, близкой к таежной, с редкими реликтами хвойных и лиственных растений в условиях нарастающего похолодания при уменьшении общей влагообеспеченности. Отсутствие пыльцевых зерен в переходных отложениях от кулариктинской к танхойской свите конца олигоцена–начала миоцена соответствовало условиям палеоклиматического пессимума. В танхойской свите установлена пачка озерных отложений с диатомеями. В пачке выявлено 50 видов диатомовых водорослей, среди которых абсолютно доминировал планктонный вид *Alveolophora antiqua* в палеоводоеме значительных глубин и большого объема водной массы. **Выводы.** В разрезе Уро совмещены олигоценые отложения Селенгино-Витимского прогиба и миоцен-четвертичные отложения Байкальской рифтовой зоны.

**Ключевые слова:** Байкальская рифтовая зона, оз. Байкал, Баргузинская долина, Селенгино-Витимский прогиб, олигоцен, миоцен, литология, палинологический анализ, диатомовые водоросли

### Источник финансирования

Работа выполнена в рамках проектов РФФИ № 19-04-00746, № 0279–2021–0008 (ЛИН СО РАН), № 0284-2021-0003 (ИГХ СО РАН) на базе приборного центра “Электронная микроскопия”, входящего в ЦКП “Ультрамикроанализ” ЛИИ СО РАН

## Cenozoic sediments from the Selenga-Vitim Downwarp and Baikal Rift Zone spatially combined in the Uro section

**Для цитирования:** Хассан А.И., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Решетова С.А., Рубцова М.Н., Ясныгина Т.А., Будаев Р.Ц., Аль Хамуд А., Титова Л.А., Родионова Е.В., Усольцева М.В. (2022) Кайнозойские осадочные отложения Селенгино-Витимского прогиба и Байкальской рифтовой зоны, пространственно совмещенные в разрезе Уро. *Литосфера*, 22(6), 796–817. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-6-796-817>

**For citation:** Hassan A.I., Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Reshetova S.A., Rubtsova M.N., Yasnygina T.A., Budaev R.Ts., Al Hamoud A., Titova L.A., Rodionova E.V., Usoltseva M.V. (2022) Cenozoic sediments from the Selenga-Vitim Downwarp and Baikal Rift Zone spatially combined in the Uro section. *Lithosphere (Russia)*, 22(6), 796–817. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-6-796-817>

© А.И. Хассан, С.В. Рассказов, И.С. Чувашова, С.А. Решетова, М.Н. Рубцова, Т.А. Ясныгина, Р.Ц. Будаев, А. Аль Хамуд, Л.А. Титова, Е.В. Родионова, М.В. Усольцева, 2022

Abdulmonem I. Hassan<sup>1,2</sup>, Sergei V. Rasskazov<sup>1,3</sup>, Irina S. Chuvashova<sup>1,3</sup>, Svetlana A. Reshetova<sup>4</sup>,  
Mariya N. Rubtsova<sup>1</sup>, Tatiana A. Yasygina<sup>1</sup>, Rentchin Ts. Budaev<sup>5</sup>, Adnan Al Hamoud<sup>6</sup>,  
Lyubov A. Titova<sup>7</sup>, Elena V. Rodionova<sup>7</sup>, Marina V. Usoltseva<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the RAS, 128 Lermontov st., Irkutsk 664033, Russia

<sup>2</sup>Al-Baath University, Homs, Syria, e-mail: abdulmonemhassan86@gmail.com

<sup>3</sup>Irkutsk State University, 1 Karl Marx st., Irkutsk 664003, Russia

<sup>4</sup>A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch of the RAS, 1A Favorskogo st., Irkutsk 664033, Russia

<sup>5</sup>Geological Institute, Siberian Branch of the RAS, 6a Saf'yanova st., Ulan-Ude 670047, Russia

<sup>6</sup>Al-Furat University, Deir Ezzor, Syria

<sup>7</sup>Limnological Institute, Siberian Branch of the RAS, 3 Ulan-Batorskaya st., Irkutsk 664033, Russia

Received 24.06.2022, accepted 21.09.2022

**Research subject.** Cenozoic stratified sedimentary formations exposed by well 517 in the Uro area. **Aim.** To study a section of spatially combined deposits from the Selenga-Vitim Downwarp and Baikal Rift Zone. **Methods.** Lithological and stratigraphic analysis, lithochemochemical, paleontological studies. **Results.** Oligocene deposits of the Kularikta Formation from the Selenga-Vitim Downwarp found for the first time, unconformably overlain by deposits of the Baikal-type basins of the Baikal Rift Zone (Miocene-Lower Pliocene Tankhoi Formation, Upper Pliocene-Eopleistocene Anosov Formation, and Quaternary polyfacies stratum). Four palynocomplexes are characteristic of the section: PC I of the Early Oligocene shows mixed forests of spruce, pine, hemlock with an admixture of alder, birch, and broad-leaved deciduous trees with an insignificant participation of evergreens that existed in a warm temperate climate; PC II of the Late Oligocene reflects expansion of areas of coniferous vegetation in the transition to a moderate climate; PC III of the Early Miocene demonstrates mesophilic coniferous forests and a significant role of broad-leaved tree species in warmer and more humid climatic conditions; PC IV of the Late Miocene–Early Pliocene displays vegetation close to taiga with rare relics of coniferous and deciduous plants under conditions of increasing cooling with a decrease in total moisture supply. A lack of pollen grains in the transitional deposits from the Kularikta to the Tankhoi Formation of the late Oligocene–early Miocene corresponds to conditions of a paleoclimatic pessimum. A member of lacustrine sediments with diatoms was found in the Tankhoi Formation, 50 species of diatoms are identified, among which the planktonic species *Alveolophora antiqua* is absolutely dominant in a paleowater body of significant depths and a large volume of water mass. **Conclusion.** The Uro section combines the Oligocene deposits of the Selenga-Vitim Downwarp and Miocene–Quaternary deposits of the Baikal Rift Zone.

**Keywords:** Baikal Rift Zone, Lake Baikal, Barguzin Valley, Selenga-Vitim Downwarp, Oligocene, Miocene, Pliocene, Quaternary, lithology, palynology, diatoms

#### Funding information

This work was supported by the RFBR No. 19-04-00746, No. 0279–2021–0008 (LI SB RAS), No. 0284–2021–0003 (Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS) projects at the “Electron Microscopy Center” of the Shared Researched Facilities “Ultramicroanalysis” of Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

#### Acknowledgements

Well 517 was drilled by the Baikal branch “Sosnovgeologiya” of FGUP “Urangologorazvedka” in 2012. Core documentation was carried out with the participation of V.L. Kolomiets (GIN SB RAS). The authors express their deep and sincere gratitude to analytical chemists G.V. Bondareva and M.M. Samoilenko (IZK SB RAS) for analytical determinations of petrogenic oxides in rocks, V.I. Egorov and M.M. Maslennikova (LIN SB RAS) for help with the SEM method, palynologist G.N. Alexandrova (GIN RAS) for useful consulting assistance in the age interpretation of spore-pollen spectra.

## ВВЕДЕНИЕ

По характеру осадконакопления во впадинах Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) различаются два этапа тектонического развития: раннеорогенный (добайкальский) и позднеорогенный (необайкальский) (Логачев, 1958, 1968, 1974; Флоренсов, 1960). Предполагается, что на раннеорогенном этапе во впадинах накапливалась угленосная (танхойская) свита при спокойном опускании фундамента в условиях влажного и теплого климата. На позднеорогенном этапе накапливалась “охристая” (аносовская) свита при резком поднятии горных хребтов и опускании впадин в условиях аридизации и похолодания климата. БРЗ рассматрива-

ется как полоса поднятий и впадин, образовавшаяся в плиоцен-четвертичное время (Логачев, 1977). В структуру Байкальской рифтовой системы объединялись впадины БРЗ и впадины, заполненные осадочными отложениями и вулканическими породами неогена и кватерра, распространявшиеся за пределы БРЗ. В Тункинской долине и на Витимском плоскогорье установлено существенное расчленение рельефа раннего миоцена и рубежа раннего и среднего миоцена (Рассказов, 1993; Rasskazov et al., 2007).

В определении начала развития осевых впадин БРЗ ключевую роль играет идентификация в них наиболее древних отложений, которые могут относиться к их заложению с последующим направлен-

ным развитием до настоящего времени. Между тем во впадинах байкальского типа можно встретить отложения структур, некогда распространявшихся на территорию БРЗ, которые со временем приобрели собственное морфоструктурное выражение. Такое пространственно-временное перекрытие территории развития поднятий и впадин БРЗ шло со стороны Селенгино-Витимского прогиба (СВП), в осевой части которого накапливались отложения мохейской свиты кампана-маастрихта, иренгинской свиты палеоцена-эоцена и сосновоозерских слоев, кулариктинской свиты олигоцена-нижнего миоцена, джилдиндинской свиты нижнего-среднего миоцена, хойготской толщи плиоцена и береинской толщи квартера (Рассказов и др., 2007; Чувашова и др., 2019).

В створе впадин БРЗ к палеоцену отнесена только 60-метровая вулканогенно-осадочная толща, вскрытая скважинами на Ахаликском буровом месторождении Еловского отрога в Тункинской долине (Логачев, 1974). Хотя эта толща может коррелировать с нижней частью иренгинской свиты Селенгино-Витимского прогиба, ее единичный ахаликский фрагмент не имеет последовательного стратиграфического перехода к перекрывающим миоценовым отложениям танхойской свиты и отделен от них существенным стратиграфическим перерывом. Между тем во впадинах байкальского типа выделяются седиментационные последовательности совмещенных стратонов СВП и БРЗ. Такие последовательности начинаются отложениями эоцена и наращиваются вверх олигоценовыми и более молодыми отложениями. Совмещенные стратоны были вскрыты скважиной Степной Дворец, пройденной в дельте Селенги до глубины 3200 м (Замараев, Самсонов, 1959), и в Мишихинском разрезе Танхойской тектонической ступени Южного Байкала (Аль Хамуд и др., 2019, 2021).

В настоящей работе рассматривается новый разрез совмещенных стратонов СВП и БРЗ, вскрытый в разрезе Уро. Цель исследования – дать литолого-стратиграфическую характеристику нового разреза с обоснованием возраста слоев и показать значение совмещенных стратонов для определения характера перехода от длительного развития структуры СВП к плиоцен-четвертичному развитию структуры БРЗ в центральной части Байкальской рифтовой системы.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ

Разрез Уро находится на юго-западном окончании Баргузинской долины – одной из осевых структур БРЗ (рис. 1). Наиболее мощный разрез осадочного наполнения Баргузинской долины вскрыт опорной скважиной 1–Р на глубину 1420 м в ее центральной части у с. Могойто. Отложения в основании разреза датировались по спорово-пыльцевому

комплексу средним-поздним миоценом (Логачев, 1974). По геофизическим данным (Зорин, 1971; Logatchev, Zorin, 1992), под осадочными отложениями Баргузинской долины погребены четыре котловины (с юго-запада на северо-восток): Джидинская (Джидотойская), Усть-Миндайская, Хонхинская и Усть-Гаргинская. Максимальная глубина 2.5 км определена в Хонхинской впадине.

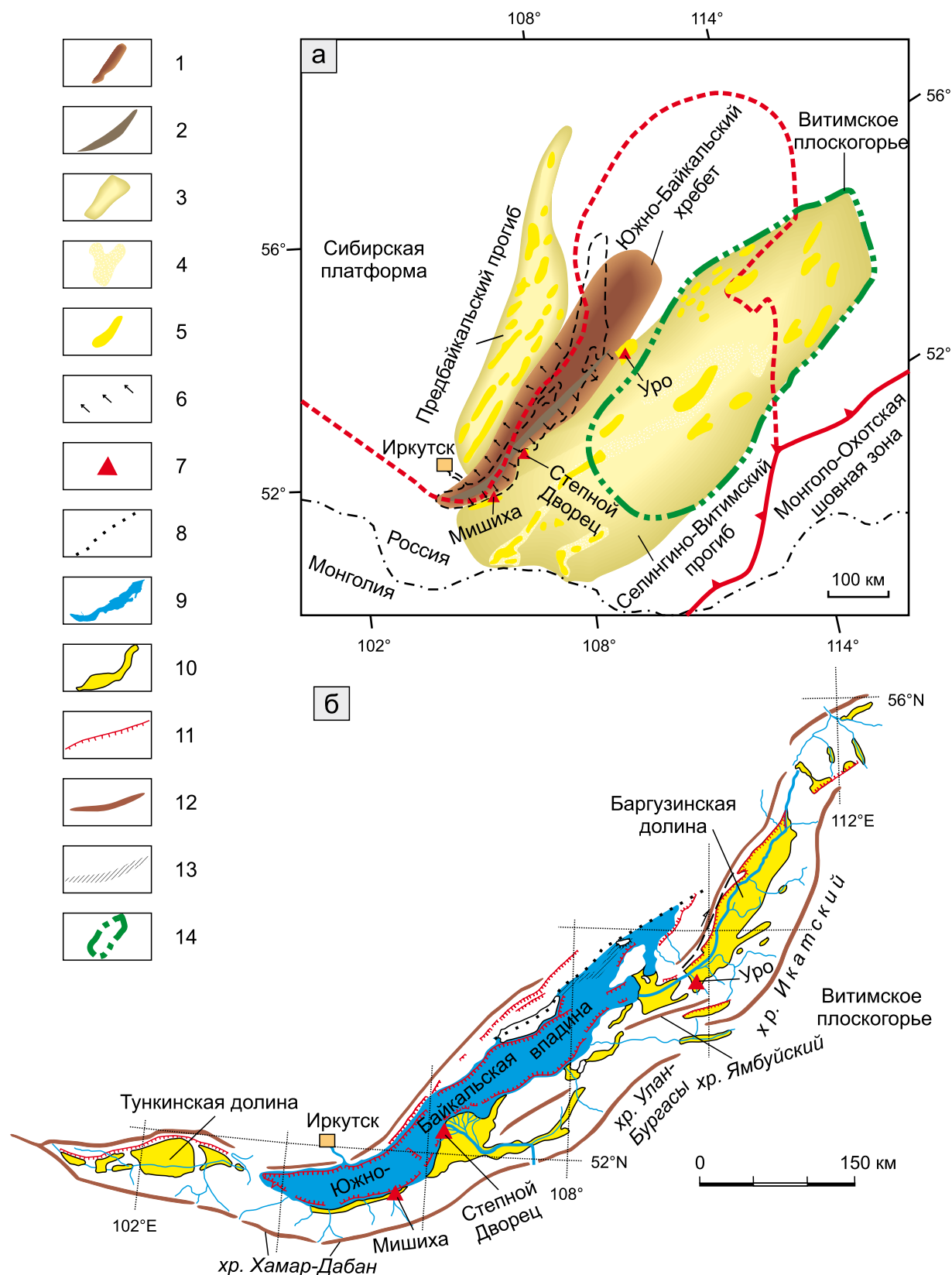
## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Совмещенные стратоны СВП и БРЗ вскрыты в междуречье Уро и Читкан скважиной 517 (53°30'00" с. ш., 109°46'53.38" в. д.) с абсолютной высотой устья 530 м и глубиной 249.7 м. Разрез характеризует осадконакопление в Читканском понижении Джидинской (Джидотойской) котловины.

При литологических исследованиях керна скважины определялись фации отложений по их окраске, составу, структурным и текстурным признакам, характеру обломочного материала, минеральным включениям, включениям органического материала (детрита), контактам между слоями, а также по смене этих признаков в разрезе. Для разных типов исследования выбирались наиболее характерные образцы, отражающие смену литологии пород в разрезе, а также образцы, явно отличающиеся по своим характеристикам от других пород.

Возраст осадочных отложений обосновывался по результатам палинологического анализа (15 образцов), обеспечивающего определение относительного возраста слоев по динамике растительности и климатических условий территории. Спорово-пыльцевой анализ проведен по стандартной методике (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa, 1986). Палинологический мацерат просмотрен с помощью светового микроскопа Zeiss Axilab при увеличении в 400 и 630 раз. Полученные данные систематизированы с применением факторного анализа по программе "Statistica 12".

Диатомовые водоросли исследовались с помощью световой микроскопии (СМ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Подготовка проб (16 образцов) для световой микроскопии и количественного учета проводилась по методике, описанной в работе (Грачев и др., 1997). Очищенные створки высушиваются на покровных стеклах и помещаются в смолу Naphrax (Naphrax Ltd., Великобритания, показатель преломления 1.74) и подсчитываются с помощью светового микроскопа Axiovert 200 ZEISS LM (Carl Zeiss, Йена, Германия), оснащенного камерой Pixera Penguin 600 CL. Для СЭМ капля с материалом помещается на столик и напыляется золотом с помощью ионного распылителя SDC 004 (BALZERS) в течение 150 с при 10–15 мА. Образцы анализируются с помощью СЭМ Quanta 200 (компания FEI, США) при напряжении 21.5 кВ и рабочем расстоянии 10 мм.



**Рис. 1.** Схемы пространственных соотношений Южно-Байкальского хребта и сопредельных предгорных прогибов в конце мела–палеогене (а) и бассейнов и хребтов центральной части БРЗ в плиоцене–квартере (б), по (Рассказов, Чувашова, 2018; Рассказов и др., 2021) и (Флоренсов, 1960), с изменениями и дополнениями.

1 – палеохребет, 2 – осевая часть, 3 – прогиб, 4 – палеодолина, 5 – впадина, 6 – направление сноса осадочного материала, 7 – местоположение пространственно-совмещенных осадочных отложений СВП и БРЗ, 8 – диагональная граница Южно-Байкальской и Северо-Байкальской впадин, 9 – озерная впадина, 10 – сухоходный осадочный фрагмент, 11 – уступ, 12 – горный хребет, 13 – подводный хребет, 14 – граница Витимского плоскогорья.

**Fig. 1.** Schemes of spatial relationships between the South-Baikal paleorange and adjacent downwarps in the late Cretaceous–Paleogene (a) and basins and ridges of the central Baikal Rift Zone in the Pliocene–Quaternary (b), from (Rasskazov, Chuvashova 2018; Rasskazov et al., 2021) and (Florensov, 1960), with changes and additions.

1 – paleoridge, 2 – axial part, 3 – deflection, 4 – paleovalley, 5 – depression, 6 – sediment drift direction, 7 – location of spatially combined sedimentary deposits of the SVP and BRZ, 8 – diagonal boundary of the South Baikal and North Baikal depressions, 9 – lake basin, 10 – upland sedimentary fragment, 11 – shelf, 12 – ridge, 13 – underwater ridge, 14 – border of the Vitim Plateau.

Идентификация диатомовых и их эколого-географических характеристик дается по литературным источникам (Глезер и др., 1974; Van Dam et al., 1994; Houk, 2003; Баринова и др., 2006; Houk, Klee, 2007; Козыренко и др., 2008; Кузьмин и др., 2009; Usoltseva, Tsoy, 2010; Стенина, 2017, 2019; Titova et al., 2021).

Концентрации петрогенных оксидов определялись классическими методами “мокрой химии”. Просушиванием пробы (39 образцов) при температуре 105°C удаляется гигроскопическая вода (H<sub>2</sub>O), и прокаливанием при температуре 950°C – другие летучие компоненты (п.п.п.). Высокотемпературным прогревом из осадочных пород извлекается конституционная вода минералов (в том числе глинистых) и отжигается детритовый органический материал. Микроэлементный состав пород определяется методом ИСП-МС с использованием масс-спектрометра Agilent 7500ce.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Литолого-стратиграфическая характеристика разреза

В изученном керне скв. 517 отложения кулариктинской свиты СВП вскрыты в интервале 249.7–66.8 м. Вышележащая часть вскрытого разреза относится к осадочному наполнению Баргузинской долины БРЗ (рис. 2).

Отложения залегают на кристаллическом фундаменте, сложенном гранитом серым, среднезернистым, неизмененным, состоящим из белого полевого шпата и дымчатого кварца с редкими зернами биотита.

*Кулариктинская свита* (общая мощность 182.9 м).

В свите различается 5 пачек.

Пачка 1 (интервал 249.7–230.5 м) сложена хлидолитом – неокатанными несортированными обломками разного состава размером от 60 до 1 см с наполнителем, состоящим из песчано-алевролитово-глинистого материала, от темно-коричневого до охристого цвета, с включениями неокатанных обломков кварца и белого полевого шпата размером

от первых мм до 2 см, редко встречаются зерна амфибола. В верхней части пачки содержится органический материал.

Пачка 2 (интервал 230.5–220.0 м) характеризуется переслаиванием песчаников серых слюдистых среднезернистых с алевролитами черными, темно-серыми, с глинистым заполнителем (15–20%), с включениями детритового материала. В интервале 221.5–222.5 м находится прослой бурого угля.

Пачка 3 (интервал 220.0–102.0 м) представлена переслаиванием песчаников серых, темно-серых, желтоватых, желтовато-бурых, слюдистых, разномзернистых и алевритов черного цвета мощностью до 1 м, обогащенных органическим материалом.

Пачка 4 (интервал 102.0–75.0 м) характеризуется переслаиванием алевритов, черных, обогащенных органическим материалом, и песков серых, темно-серых, крупнозернистых. В интервале 97–95 м находится прослой бурого угля.

Пачка 5 (интервал 75.0–66.8 м) – охристые песчаники, местами желтоватые, желтовато-бурые, крупнозернистые, с примесью мелкой галки. Верхняя часть пачки обогащена пластинками слюды.

*Танхойская свита* (общая мощность 26.5 м).

Эта свита с несогласием залегает на отложениях кулариктинской свиты и представлена двумя пачками.

Пачка 6 (интервал 66.8–44.5 м) сложена алевролитом темно-серым, тяжелым в нижней части (в интервале 66.8–62.0 м) и светло-серым, однородным, необычайно легким (с диатомеями) – в верхней части (в интервале 62.0–44.5 м).

Пачка 7 (интервал 44.5–40.5 м) представлена алевролитом темно-серым, с включениями зерен белого полевого шпата, кварца и пластинок биотита. В ней диатомеи отсутствуют. Эта пачка является переходной от отложений танхойской свиты к ановоской.

*Ановоская свита* (общая мощность 12.5 м).

Свита сложена *аллювиальными* отложениями, с размывом перекрывающими отложения танхойской свиты.

Пачка 8 (интервал 40.5–28.0 м) – песчаник охристый, желтовато-бурый, разномзернистый, с глинисто-алевровитовым заполнителем (до 20%). В интер-

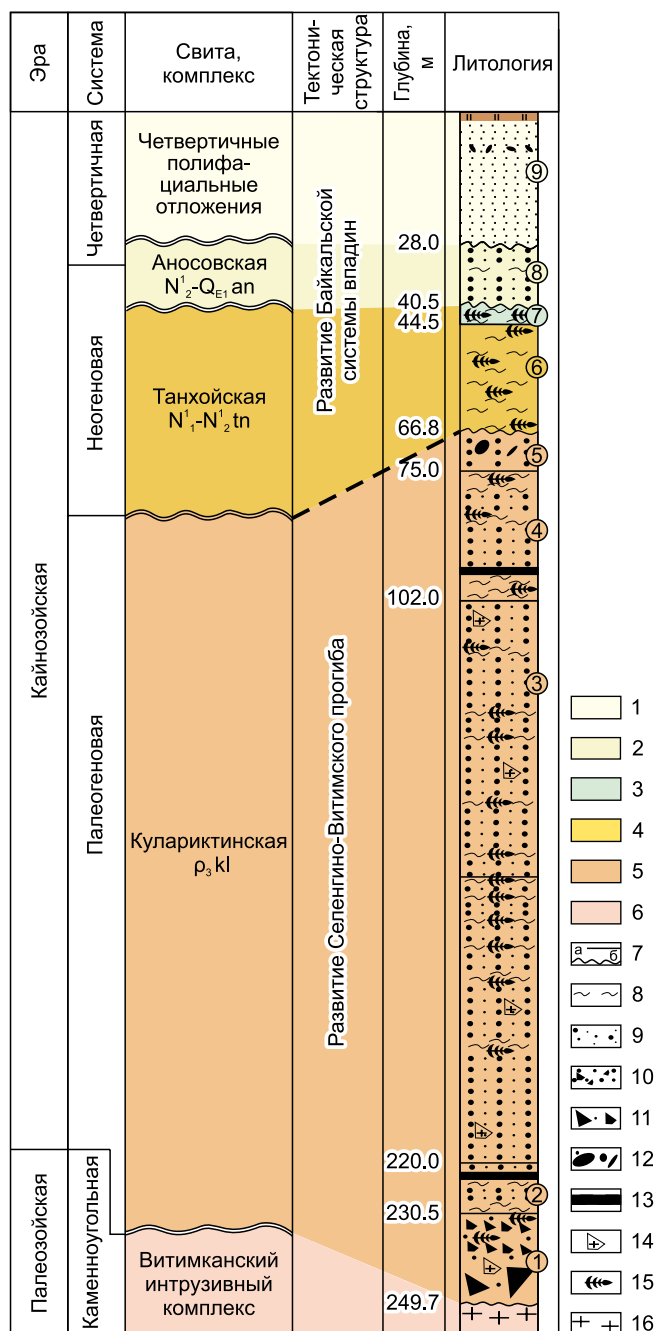


Рис. 2. Литолого-стратиграфическая колонка скв. 517.

Стратоны (1–6): 1 – четвертичные отложения, 2 – аносовская свита, 3 – переходный слой от танхойской к аносовской свите, 4 – танхойская свита, 5 – кулариктинская свита, 6 – порода фундамента; 7 – стратиграфическая граница: а – согласная, б – несогласная; 8 – алевролит; 9 – песчаник разнозернистый; 10 – песчаник от гравелистого до разнозернистого; 11 – хлидолит; 12 – галечник; 13 – бурый уголь; 14 – обломок гранита; 15 – детрит; 16 – гранит. Цифрами в кружках обозначены литологические пакеты от первой до девятой.

Fig. 2. Lithological-stratigraphic column of well 517.

Stratons (1–6): 1 – Quaternary deposits, 2 – Anosovka Formation, 3 – transitional layer from the Tankhoi to Anosovka unite, 4 – Tankhoi Formation, 5 – Kularikta Formation, 6 – Vitimkan intrusive complex; 7 – stratigraphic boundary: a – conformable, b – unconformable; 8 – siltstone; 9 – inequigranular sandstone; 10 – sandstone, from gravelly to inequigranular; 11 – hliolite; 12 – gravel; 13 – brown coal; 14 – fragment of granite; 15 – detritus; 16 – granite. Numbers in the circles indicate numbers of lithological units from 1 to 9.

вале 31.5–33.5 м находится прослой алевролита желтоватого цвета. Отложения в целом сильно лимонизированы.

Четвертичные полифациальные отложения (общая мощность 28.0 м).

Пачка 9 – песок однородный, желтовато-бурый, мелкозернистый, полимиктовый, алевролитистый в нижней части пачки и разнозернистый – в верхней. В интервале 8.2–7.9 м встречены гальки гранитов.

### Палинокомплексы

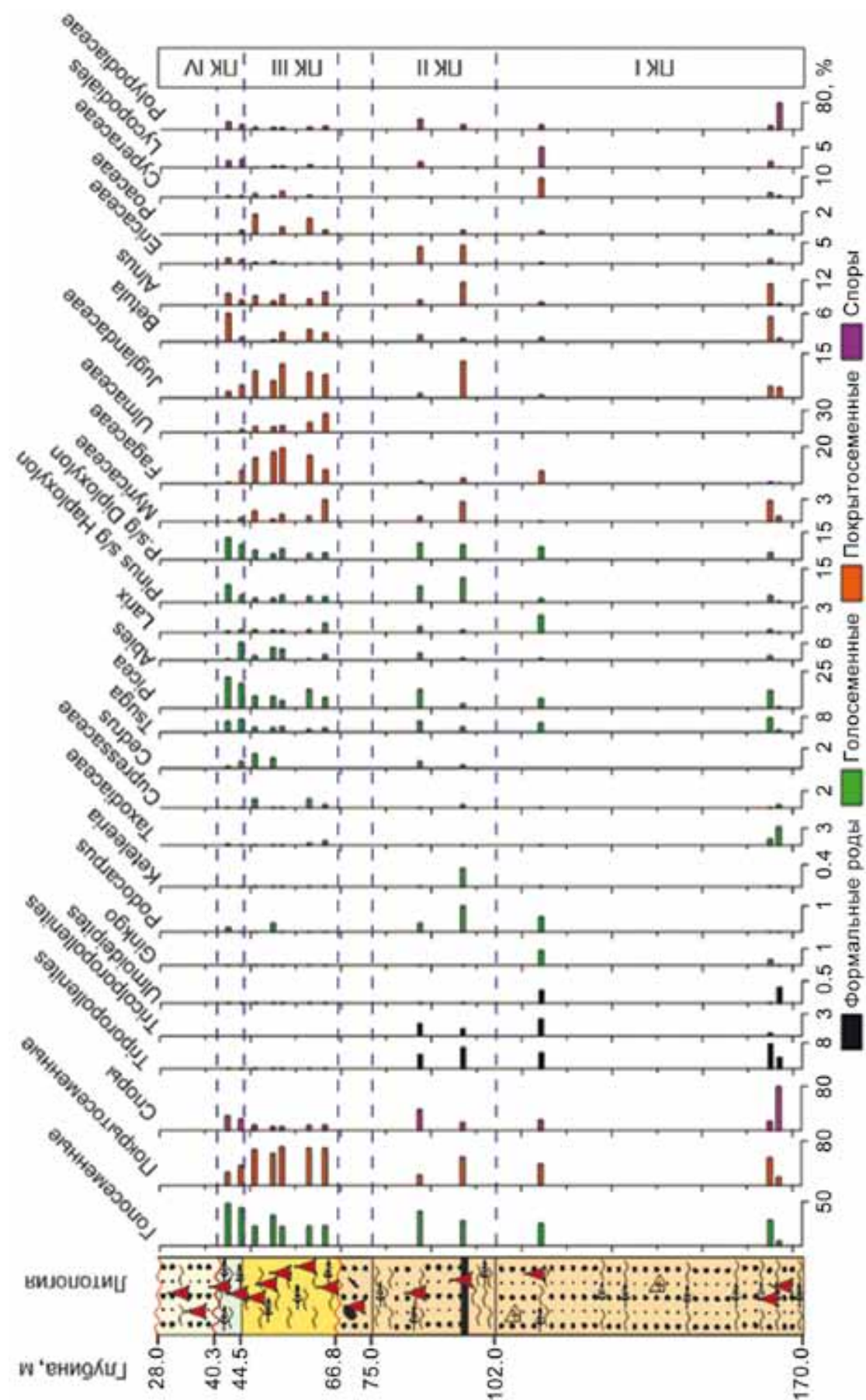
На палинологический анализ в интервале глубин 28–170 м отобрано 15 образцов. На спорово-пыльцевой диаграмме выделяется четыре палинокомплекса (ПК) (рис. 3).

ПК I. Нижний олигоцен кулариктинской свиты.

Спорово-пыльцевые спектры (СПС) 517/165, 517/163, 517/112, объединенные в ПК I (см. рис. 3), характеризуются доминантами семейства Pinaceae (25–30%), в основном *Picea*, *Tsuga*, *Pinus* s/g *Diploxylon* и *P. s/g Haploxylon*, несколько меньше в их составе пыльцы термофильных покрытосеменных (в сумме 22%), среди которых *Castanea*, *Myrica*, *Corylus*. Субдоминанты мелколиственные (13%): *Alnus*, *Betula*, *Salix* и *Polypodiaceae* (12–15%, локально 48%); также *Cyperaceae* (12%), *Sanquisorba* (локально 10%), *Triporopollenites* (5–7%). Им сопутствуют *Taxodiaceae*, *Sciadopitys*, *Larix*. *Quercus*, *Platycarya*, *Carya*. Единичны зерна *Cupressaceae*, *Gingo*, *Podocarpus*, *Abies*, *Pterocarya*, *Ulmoideipites*, *Tricolporopollenites*, *Carpinus*, *Diervilla*, *Lonicera*, *Ericaceae*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Thalictrum*, *Valerianaceae*, *Fabaceae*, *Typha*, *Osmunda*, *Woodsia*, *Lygodium*, *Cyathea*, *Ophioglossum*.

Реконструируются смешанные леса из ели, сосен, тсуги с примесью ольхи и березы, широколиственных листопадных с некоторым присутствием вечнозеленых растений. Незначительное количество мелкой трехбороздной пыльцы *Tricolporopollenites*, присутствие пыльцы *Triporopollenites* и редкие зерна *Ulmoideipites*, отсутствие в спектрах типично эоценовых элементов гаммелисовых *Hamamelidaceae* этого палинокомплекса характерны для континентальных отложений нижнеколымской свиты и ее возрастных аналогов нижнего подотдела





**Рис. 3.** Спорно-пыльцевая диаграмма отложений.

Условные обозначения – см. рис. 2. В литологической колонке местоположение проб, отобранных на палинологический анализ.

**Fig. 3.** Spore-pollen diagram of sediments.

Legend – see Fig. 2. Triangles in the lithological column show sampling depths for palynological analysis.

олигоцена Северо-Востока России (Фрадкина, 1995). Климат был теплоумеренным, но более прохладным по сравнению с климатом конца позднего эоцена.

**ПК II. Верхний олигоцен кулариктинской свиты.**

В СПС 517/95, 517/86 (см. рис. 3) доминирует пыльца Pinaceae (28–39%): *Pinus* s/g *Diploxylon* и *P.* s/g *Haploxylon*, *Picea*, *Tsuga*. Пыльца термофильных покрытосеменных установлена в суммарном количестве 22%, в основном это *Triporopollenites*, *Pterocarya*, *Myrica*. Субдоминанты: Polypodiaceae, споры неустановленной систематической принадлежности; мелколиственные в суммарном количестве 9% (*Alnus*, *Salix*, *Betula*). Сопутствуют *Tricolporopollenites*, *Abies*, *Carpinus*, *Carya*, *Platycarya*, *Ostrya*, Ericaceae, Lycopodiaceae. Единично представлены *Magnolia*, *Fagus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Acer*, *Corylus*, *Ilex*, *Castanea*, *Castanopsis*, *Podocarpus*, *Sciadopitys*, *Cedrus*, *Larix*, *Diervilla*, *Lonicera*, Poaceae, Cyperaceae, *Thalictrum*, *Onoclea*, *Osmunda*, *Polygonum amphibium* L., *Sparganium*.

В составе спектров, по сравнению с СПС ПК I, увеличивается доля хвойных пород, исчезает пыльца *Ulmoideipites*, Taxodiaceae, *Ginkgo*. Таксономическое разнообразие термофильных растений больше характерно для спектра 517/95. Выше по разрезу (517/86) оно уменьшается и состав становится сходным с составом комплекса из отложений онкухахахского горизонта позднего олигоцена (Фрадкина, 1995), для которого характерно доминирование пыльцы голосеменных и лиственных растений бореальной группы со значительным участием пыльцы вересковых и сопутствующей пылью термофильных покрытосеменных растений.

В целом ПК II характеризует полидоминантные хвойные леса с представителями широколиственных, незначительным количеством реликтов эоцена и немногочисленными представителями бореальной флоры, которые типичны для отложений олигоцена различных районов Витимского плоскогорья (Рассказов и др., 2007). Увеличение площадей хвойных лесов и сокращение таксономического разнообразия термофильных растений могут свидетельствовать о существовании более прохладного климата (по сравнению с раннеолигоценовым).

ПК I и ПК II кулариктинской свиты отличаются от комплексов северо-восточных территорий меньшим содержанием пыльцы мелколиственных растений.

**ПК III. Нижний миоцен танхойской свиты.**

В СПС 517/65, 517/61, 517/55, 517/53 и 517/49, скв. 517 (см. рис. 3), доминирует пыльца разнообразных покрытосеменных растений, составляя 59–72%. Среди них *Fagus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Juglans*, *Carya*. Пыльца хвойных составляет 19–33%, это *Picea*, *Pinus* s/g *Haploxylon*, *P.* s/g *Diploxylon*, *Abies* и *Tsuga canadensis* (L.) Carrière, *Tsuga*

*diversifolia* (Maxim.) Mast. Им сопутствуют *Myrica*, *Zelkova*, *Planera*, *Acer*, *Platycarya*, *Pterocarya*, *Ostrya*, *Betula*, *Alnus*. *Castanea*, *Ostrya*, *Humulus*, *Celtis*, *Diervilla*, Poaceae, Cyperaceae, Polypodiaceae, *Osmunda*. Единичны *Morus*, *Liquidambar*, *Myrtus*, *Rhus*. *Comptonia*. *Ilex*, *Engelhardtia*, *Castanea*, *Podocarpus*, *Cedrus*, Taxodiaceae, *Sciadopitys*, Cupressaceae, *Larix*, *Alnaster*, *Salix*, *Diervilla*, Ericaceae, Chenopodiaceae, *Sphagnum*, Lycopodiaceae.

Доминирование пыльцы покрытосеменных растений, большое таксономическое разнообразие широколиственных и участие пыльцы тропических и субтропических представителей флоры позволяют реконструировать растительность раннего миоцена. Во время накопления отложений были распространены хвойно-широколиственные леса с участием реликтов субтропических видов растений в условиях теплого влажного климата.

**ПК IV. Миоцен-плиоцен танхойской свиты.**

СПС 517/46 и 517/43 (см. рис. 3) близки между собой по таксономическому составу. Доминирует пыльца хвойных растений (43–48%): *Picea* (17–21%), *Pinus* s/g *Diploxylon*+*P.* s/g *Haploxylon* (12–21%). Субдоминанты: Polypodiaceae, *Osmunda*, *Tsuga* 3 вида (*Tsuga canadensis* (L.) Carrière, *Tsuga diversifolia* (Maxim.) Mast. и *Tsuga* sp.), *Abies*. Пыльца покрытосеменных составляет 24–35%, это Juglandaceae, Ulmaceae, Betulaceae, Fagaceae, Tiliaceae. В СПС 517/46 эти семейства выступают в качестве сопутствующих элементов, а выше по разрезу (в СПС 517/43) присутствуют в качестве единичных зерен с сопутствующими *Betula* и *Alnus* (древесные формы) и пыльцы кустарников *Betula* sect. *Nanae*, *Alnaster* и *Salix*. В единичных экземплярах присутствуют пыльца Taxodiaceae, *Larix*, Poaceae, Cyperaceae, споры *Sphagnum* и *Lycopodium*.

Реконструируются хвойные сосново-еловые леса с участием тсуги. Нижний горный пояс был занят умеренно теплолюбивыми широколиственными лесами с сохранившимися редкими реликтами хвойных и лиственных растений. Растительность подобного рода могла существовать в переходный период от миоцена к плиоцену в условиях нарастающего похолодания.

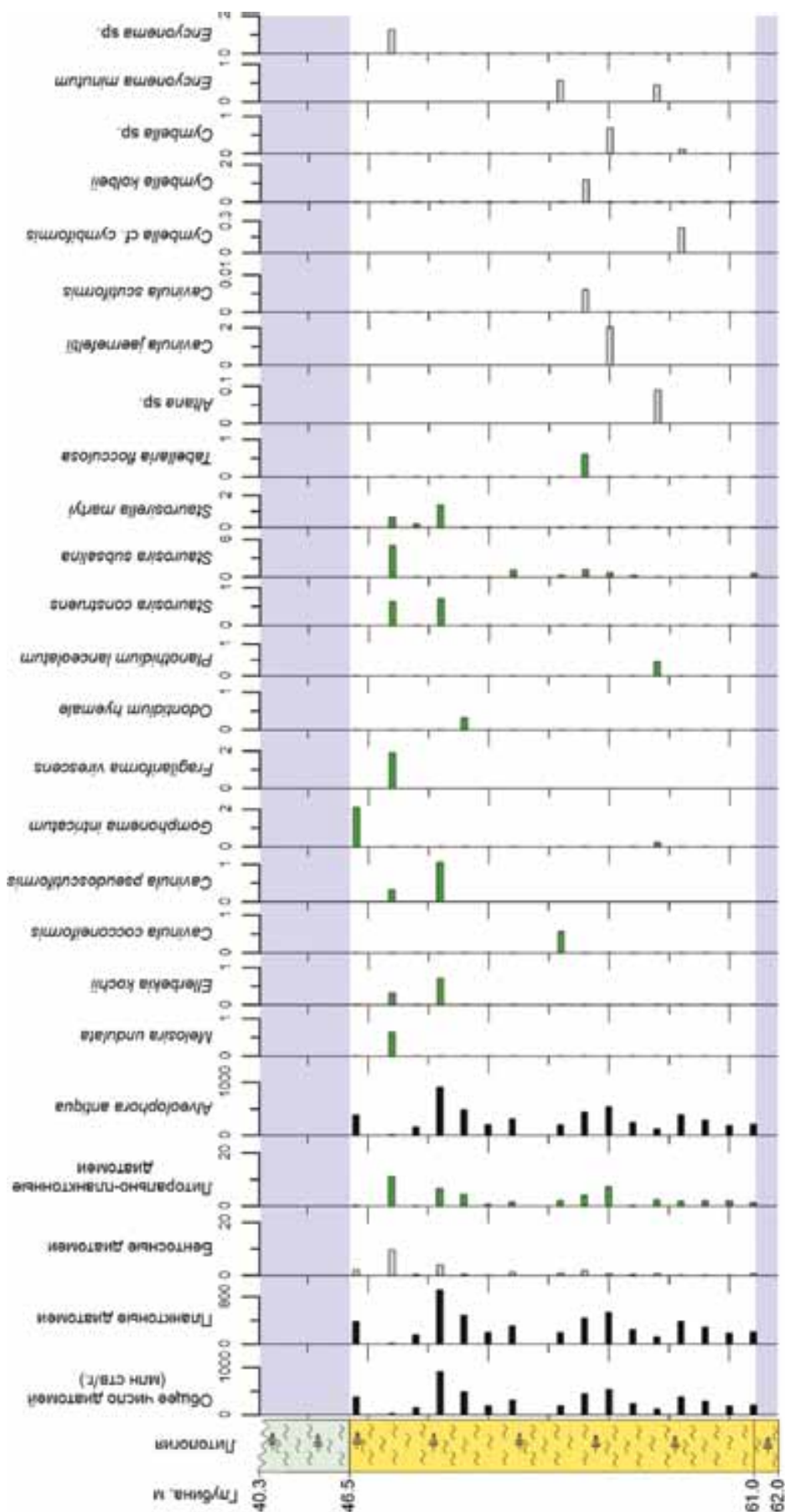
СПС образцов 517/32, 517/38 аносковской свиты содержат единичные экземпляры микрофоссилий, статистическая обработка которых для получения палеогеографической информации не будет достоверной.

### Ископаемые диатомовые водоросли

Створки диатомовых водорослей обнаружены в интервале глубин 61.0–44.5 м (рис. 4–6). Всего выявлено 50 видов, из них 1 – планктонный, 12 – литорально-планктонных и 37 – бентосных таксонов.

Доминирует вид *Alveolophora antiqua* (Moisseva), представленный овальными, треугольно-



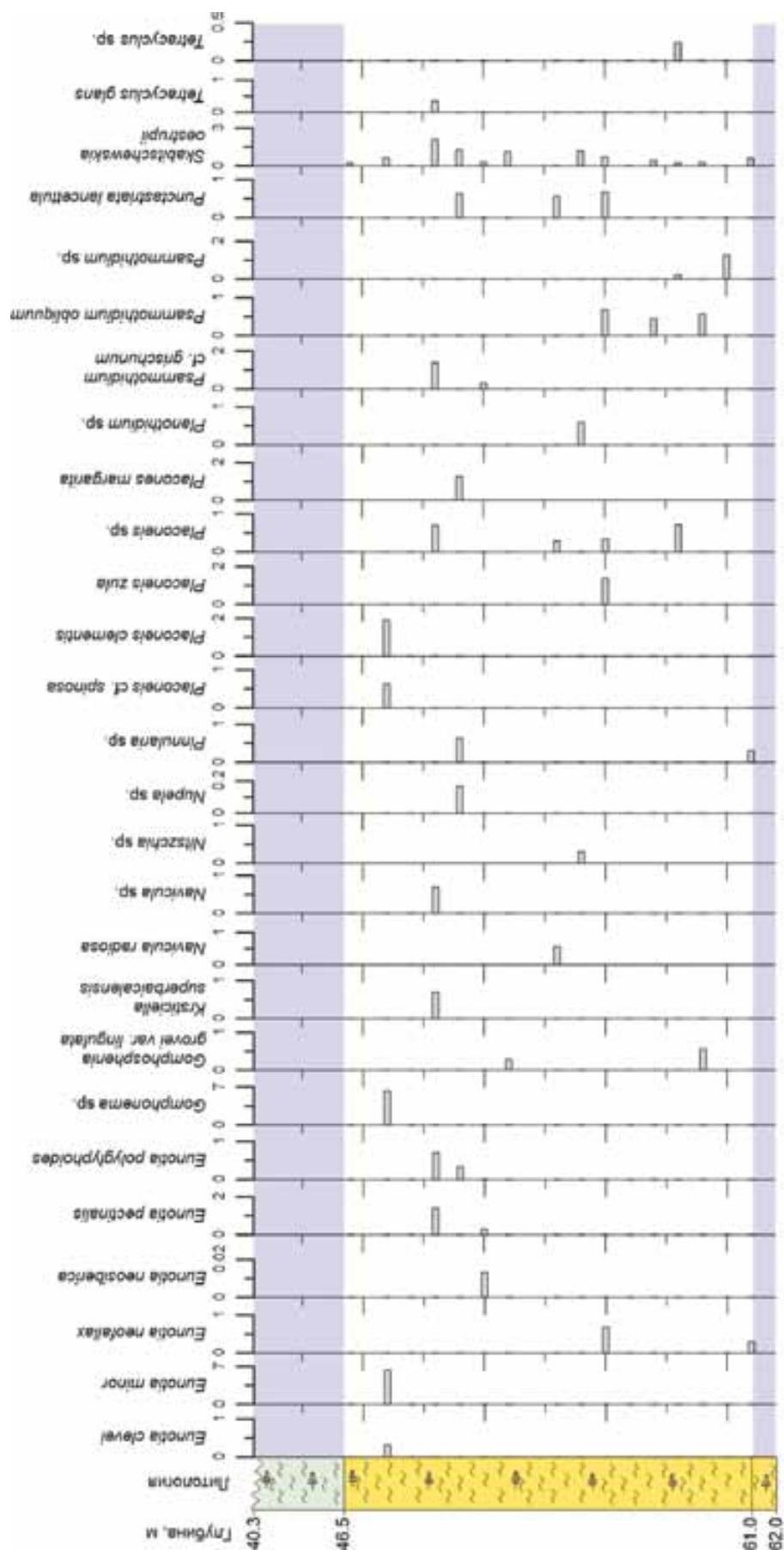


**Рис. 4.** Распределение ископаемых диатомей в озерных отложениях.

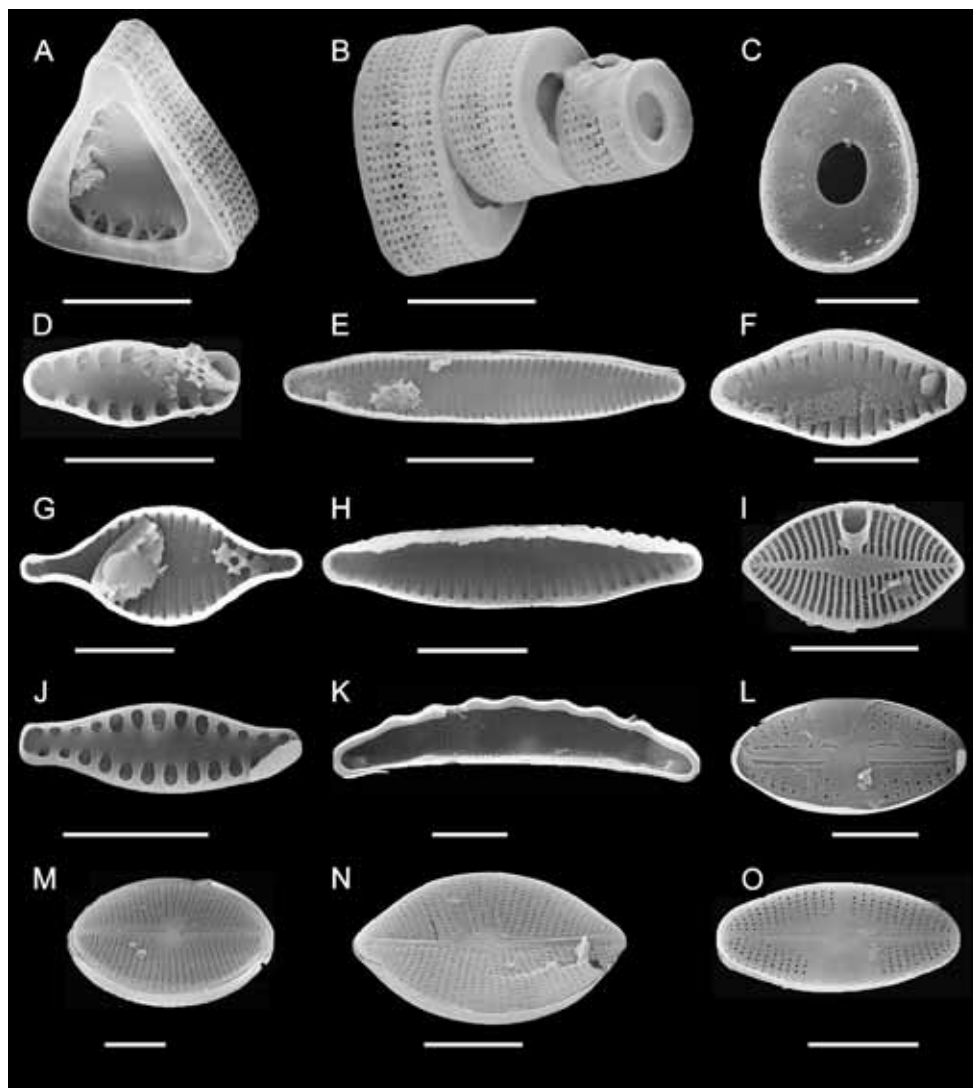
Пояснения – см. рис. 2. По оси х – млн ств./г. Черные столбики – планктонные виды, зеленые – литорально-планктонные, серые – бентосные.

**Fig. 4.** Distribution of fossil diatoms in lacustrine sediments.

Explanations – see Fig. 2. On the x-axis – million stems/g. Black bars are planktonic species, green bars are littoral-planktonic species, and gray bars are benthic species.



**Рис. 5.** Распределение диатомей в озерных отложениях. Поянения – см. рис. 2, 4. По оси  $x$  – млн ств/г.



**Рис. 6.** Диатомовые водоросли, часто встречающиеся в отложениях, вскрытых скв. 517.

A–C – *Alveolophora antiqua*, D – *Staurosirella martyi*, E, F – *Staurosira subsalina*, G – *Staurosira construens*, H – *Gomphonema intricatum*, I – *Skabitschewskia oestrupii*, J – *Punctastriata lancettula*, K – *Eunotia polyglyphis*, L – *Eolimna aboensis*, M – *Cavinula pseudoscutiformis*, N – *Placoneis margaritae*, O – *Eunotia pectinalis*. Размер масштабной линейки – 10 мкм.

**Fig. 6.** Common diatoms from sediments of well 517.

A–C – *Alveolophora antiqua*, D – *Staurosirella martyi*, E, F – *Staurosira subsalina*, G – *Staurosira construens*, H – *Gomphonema intricatum*, I – *Skabitschewskia oestrupii*, J – *Punctastriata lancettula*, K – *Eunotia polyglyphis*, L – *Eolimna aboensis*, M – *Cavinula pseudoscutiformis*, N – *Placoneis margaritae*, O – *Eunotia pectinalis*. Bar scale 10  $\mu$ m.

овальными и треугольными створками. На долю этого вида приходится 89–99% от общей численности диатомей. Максимальная численность (910.7 млн ств/г) отмечена на глубине 48 м, а минимальная (33.9 млн ств/г) – на глубине 46 м.

На долю литорально-планктонных видов приходится менее 0.5% от общей численности створок, за исключением пробы с глубины 46 м, где их численность достигает 28%. Среди них отмечены *Ellerbekia kochii* (Pantocsek) Moisseeva, *Melosira undulata* (Ehrenberg) Kützing, *Staurosirella martyi* (Héril-

aud-Joseph) Morales et Manoylov, *Gomphonema intricatum* Kützing, *Fragilariforma virescens* (Ralfs) Williams et Round, *Staurosira subsalina* (Hustedt) Lange-Bertalot, *Cavinula pseudoscutiformis* (Hustedt) Mann et Stickle, *Cavinula cocconeiformis* (Gregory ex Greville) Mann et Stickle, *Staurosira construens* Ehrenberg, *Odontidium hyemale* (Roth) Kützing, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot.

Из бентосных (0.1–32.7%) представлены: *Gomphonema olivaceum* Hornemann) Ehrenberg, *Psam-*

*mothidium obliquum* (Gregory) Potapova, *Psammothidium* cf. *grischunum* Bukhtiyarova et Round, *Ska-bitschewskia oestrupii* (Cleve) Kuliskovskiy et Lange-Bertalot, *Cymbella* cf. *cymbiformis* Agardh, *Cymbella kolbei* Hustedt, *Cymbella* sp., *Encyonema minutum* (Hilse) Mann, *Placoneis clementis* (Grunow) Cox, *Placoneis* cf. *spinosa* Kulikovskiy, *Placoneis margariae* Kulikovskiy et Lange-Bertalot, *Placoneis zula* Kulikovskiy, *Gomphosphenia grovei* var. *lingulata* (Hustedt) Lange-Bertalot, *Eolimna aboensis* (Cleve) Genkal, *Eunotia minor* (Kützing) Grunow, *Eunotia neofallax* Nörpel-Schempp et Lange-Bertalot, *Eunotia neosiberica* (Cleve) Lange-Bertalot, Kulikovskiy et Witkowski, *Eunotia pectinalis* (Kützing) Rabenhorst, *Eunotia polyglyphis* Grunow, *Eunotia clevei* Grunow, *Eunotia* sp., *Punctastriata lancettula* (Schumann) Hamilton et Siver, *Staurosirella pinnata* (Ehrenberg) Williams et Round, *Cavinula jaernefeltii* (Hustedt) Mann et Stickle, *Cavinula scutiformis* (Grunow) Mann et Stickle, *Krstickiella superbaicalensis* Metzeltin, *Navicula radiosa* Kützing, *Navicula* sp., *Tetracyclus glans* (Ehrenberg) Mills, *Tetracyclus* sp., *Planothidium* sp., *Gomphonema* sp., *Nupela* sp., *Pinnularia* sp., *Encyonema* sp., *Nitzschia* sp., *Altana* sp., *Psammothidium* sp.

Сравнение списка видов диатомей из отложений, вскрытых скв. 517, с другими скважинами Баргузинской долины показало, что состав видов скв. 517 близок с таковым из скв. 545 (Usoltseva et al., 2020), но отличается от состава видов скв. 531 и 532 (Hassan et al., 2019; Усольцева и др., 2019). Также данный комплекс отличается от комплексов диатомей Витимского плоскогорья (Рассказов и др., 2007; Usoltseva et al., 2010, 2013), Тункинской долины (Черемисинова, 1973; Хассан и др., 2020), оз. Байкал (Кузьмин и др., 2009) и скв. 532 и 531 Баргузинской долины (Усольцева и др., 2019; Hassan et al., 2019). Состав видов скв. 517 и 545 отличается от скв. 531 и 532 и является более древним, ранне- и среднемиоценовым. Об этом свидетельствуют большая толщина стенок панциря, глубокая кольцевидная диафрагма видов *Aulacoseira* и овальные, треугольно-овальные, треугольные створки *Alveolophora antiqua* и *Aulacoseira capitalina* (Usoltseva et al., 2022). *Aulacoseira* с овальными створками уже встречалась в раннемиоценовых отложениях Дальнего Востока, Японии и штата Орегон, США (Usoltseva et al., 2013), а *Alveolophora antiqua* – в ранне- и среднемиоценовых отложениях Забайкалья (джилиндинская свита?) (Моисеева, Невретдинова, 1990) и позднемиоценовых отложениях скв. BDP-98, пройденной на подводном Академическом хребте оз. Байкал (Кузьмин и др., 2009). Такая форма створок является древним признаком и не встречается у современных пресноводных диатомей. Возрастные оценки отложений по диатомеям согласуются с датировками отложений по палинологическим данным и их стратиграфическим положением в разрезе.

### Литогеохимическая характеристика отложений

Для прослеживания изменения состава пород в разрезе используются вариации оксидов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ), потерь при прокаливании, отношения окисного и закисного железа, химический индекс выветривания (Chemical Index of Alteration,  $\text{CIA} = 100\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (Nesbitt, Young, 1982) и индекс зрелости осадков ICV (Index of Compositional Variation)  $\text{ICV} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2)/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Cox et al., 1995), а также отношения U/Th и Si/Ti (рис. 7).

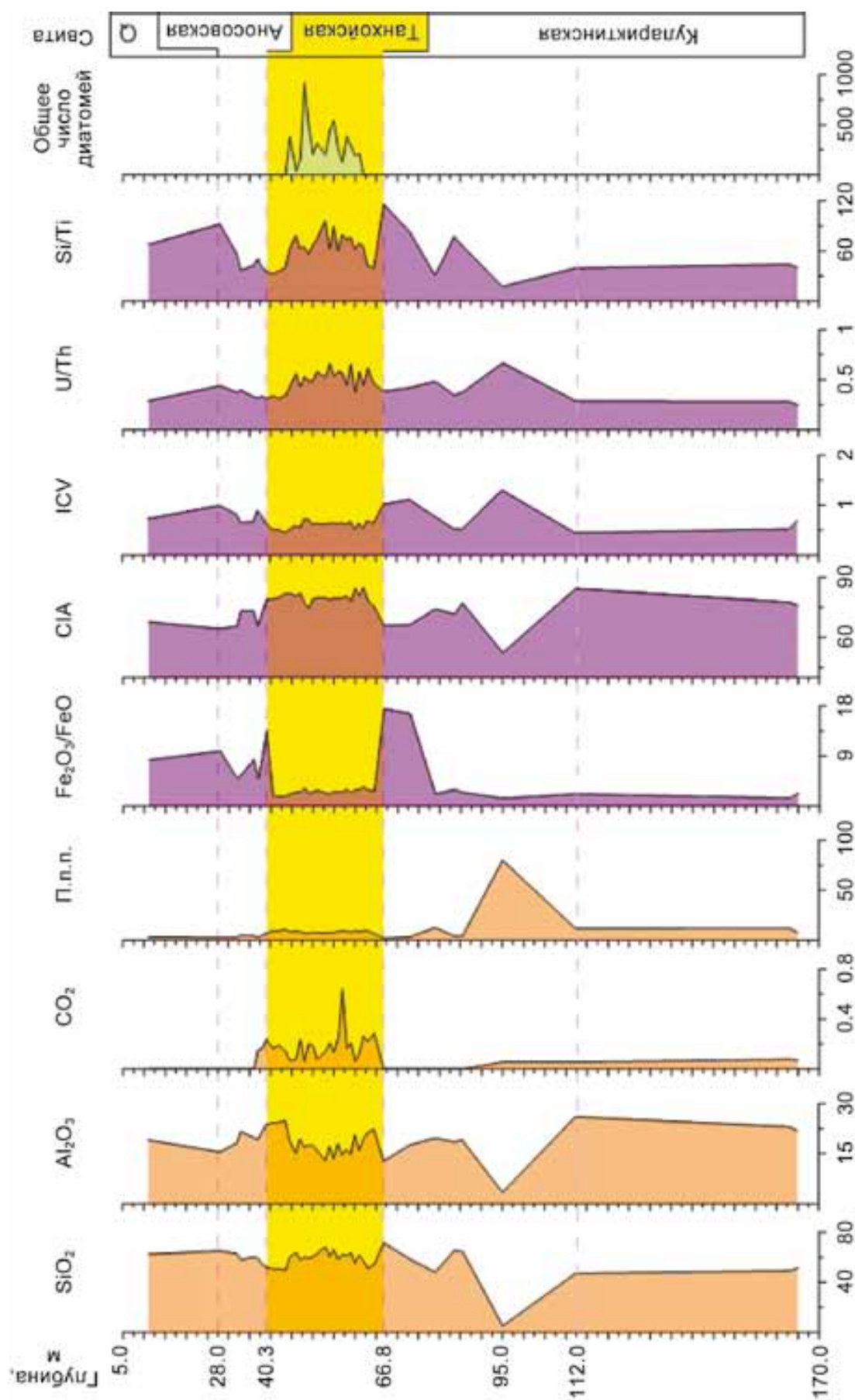
Отложения нижнего олигоцена кулариктинской свиты имеют низкие значения  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  (от 1.47 до 2.32) и повышенные значения CIA (от 75.8 до 84.5) при содержании  $\text{SiO}_2$  в интервале от 47.10 до 51.48 мас. %.

Отложения верхнего олигоцена кулариктинской свиты подразделяются на две группы. Первая имеет низкие значения  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  (от 1.42 до 2.99) и повышенные значения CIA (от 71.7 до 77.1). Вторая группа (охристая пачка) характеризуется повышенными и высокими значениями  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  (от 16.64 до 17.51) при низких значениях CIA (66.0–66.4). В целом с повышением степени окисления железа содержание  $\text{SiO}_2$  увеличивается от 48.04 до 71.58 мас. %. Исключение составляет образец бурого угля, отобранный с глубины 95 м, в котором определено 5.14 мас. %  $\text{SiO}_2$ .

В озерных отложениях танхойской свиты значения  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  в целом низкие и изменяются в интервале от 1.71 до 3.0. В образце с глубины 62 м  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  возрастает до 3.52. С относительным уменьшением степени окисления железа содержание  $\text{SiO}_2$  уменьшается от 68.38 до 49.70 мас. %. Осадочные отложения свиты характеризуются высокими значениями CIA (от 74.7 до 85.0), что отражает условия седиментации теплого и влажного климата.

По сравнению с отложениями танхойской свиты в аносовской свите определены повышенные значения  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  (4.96–13.70) и широкие вариации  $\text{SiO}_2$  (51.80–65.06 мас. %). Значения CIA в отложениях аносовской свиты изменяются в интервале от 64.4 до 78.9.

Значения ICV отражают степень зрелости тонкого терригенного материала, поступающего в область осадконакопления, и могут использоваться для определения источника сноса материала. Незрелые глинистые сланцы, с высоким содержанием неглинистых силикатных минералов, имеют значения  $\text{ICV} > 1$ . Зрелые глинистые породы с большим количеством собственно глинистых минералов имеют значения  $\text{ICV} < 1$  (Cox et al., 1995). В отложениях кулариктинской, танхойской и аносовской свит значения этого индекса в основном не превышают 1, что свидетельствует о зрелости материала.



**Рис. 7.** Корреляция по глубине показателем петрогенных оксидов (оранжевый цвет колонок), литохимических индексов (фиолетовый цвет колонок) с концентрацией диатомовых водорослей (голубой цвет колонок).

**Fig. 7.** Depth correlations between indicative major oxides (orange columns), lithochemical indicators (purple columns), and diatom concentrations (blue columns).



Максимальные значения IСV (более 1) определены в отложениях на границе между кулариктинской толщей и танхойской свитой в образцах из охристой пачки 5 (глубины 73.0 и 66.8 м) (см. рис. 7). Это указывает на незрелость осадков, существенное снижение роли глинистого материала в условиях аридного климата и отсутствие седиментационного рециклинга.

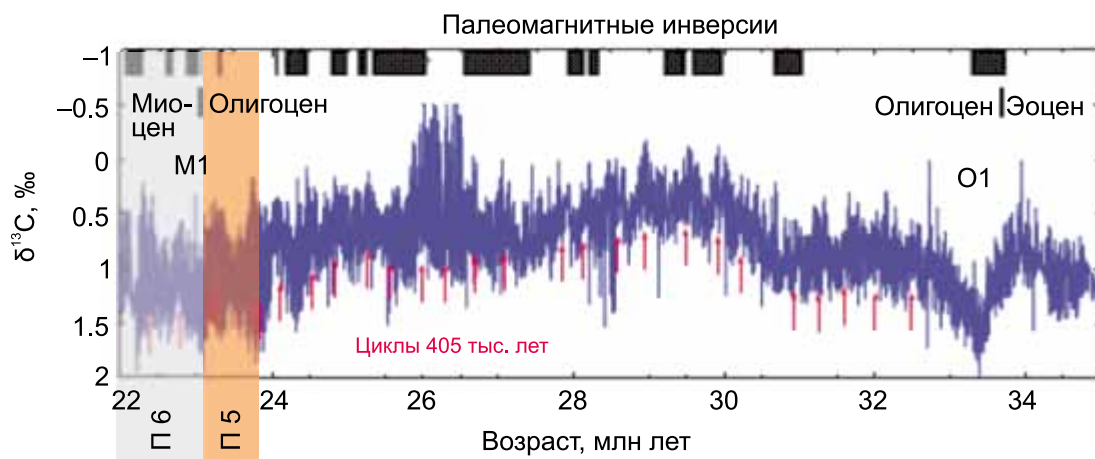
В осадках кулариктинской свиты содержание п.п.п. варьируется в интервале от 7.42 до 12.11 мас. % при низком содержании  $\text{CO}_2$  (0.06–0.08 мас. %). Для отложений кулариктинской и аносоской свит наблюдается увеличение содержания  $\text{SiO}_2$  при уменьшении значений п.п.п. из-за снижения содержания кристаллизационной  $\text{H}_2\text{O}$ , входящей в состав глинистых минералов. Наиболее высокие значения п.п.п. определены в прослое бурого угля (обр. 517/95, п.п.п. = 80.12 мас. %,  $\text{CO}_2$  = 0.06 мас. %) (см. рис. 7).

В отложениях танхойской свиты содержание п.п.п. в основном варьирует в интервале от 6.77 до 11.01 мас. %, что обусловлено чередованием прослоев с различным насыщением диатомовыми водорослями, глиной и растительным детритом (рис. 8). Максимальные значения  $\text{CO}_2$  определены в осадках танхойской свиты (до 0.64 мас. %). В отложениях аносоской свиты максимальное значение  $\text{CO}_2$  на границе с танхойской толщей (0.24 мас. %) сменяется выше по разрезу отложениями, не содержащими  $\text{CO}_2$ .

Исходя из анализа вариаций CIA,  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ , IСV и п.п.п., мы предполагаем, что пачка 5 венчает осадконакопление в Селенгино-Витимском прогибе и вышележащая часть разреза обозначает осадочное наполнение формировавшейся Баргузинской долины.

В качестве индикаторов палеоклимата оз. Байкал для теплых периодов характерны повышенные концентрации диатомовых водорослей, присутствие органического углерода, величины отношений урана к торию (Гавшин и др., 1998). Для оценки биогенного кремнезема ( $\text{Si}_{\text{bio}}$ ), который входит в состав диатомовых водорослей, используется индекс Si/Ti. Повышенные содержания Si/Ti коррелируют с высокими концентрациями диатомей (Brown et al., 2007; Johnson, Brown, 2011).

В отложениях кулариктинской свиты значения U/Th изменяются в интервале от 0.25 до 0.67 при значениях Si/Ti = 17.4–116.0. Максимальное значение U/Th (0.67) при минимальном значении Si/Ti (17.4) определено в прослое бурого угля с глубины 95 м кулариктинской свиты. Обратные соотношения для пробы с глубины 66.8 (граница кулариктинской и танхойской свит): U/Th = 0.38 и Si/Ti = 116.0, связаны с высоким содержанием неглинистых силикатных минералов. Повышенные значения U/Th (0.31–0.66) и Si/Ti (59.85–96.30) предполагают развитие диатомовых водорослей в условиях теплого и влажного климата. В отложениях танхойской свиты без диатомей отношение



**Рис. 8.** Олигоценовые вариации  $\delta^{13}\text{C}$  бентосных фораминифер, калиброванные астрономически (Hinnov, 2013).

Использована обратная шкала значений  $\delta^{13}\text{C}$ . Вертикальные красные стрелки обозначают циклы эксцентриситета 405 тыс. лет. M1 – первое событие миоценового оледенения, O1 – первое событие олигоценового оледенения, P5 и P6 – предполагаемое время перехода от накопления пачки 5 к пачке 6 в разрезе Уро (скв. 517).

**Fig. 8.** Oligocene variations in  $\delta^{13}\text{C}$  of benthic foraminifera calibrated astronomically (Hinnov, 2013).

The reverse scale of  $\delta^{13}\text{C}$  values was used. Vertical red arrows indicate eccentricity cycles of 405 Ka. M1 – first event of the Miocene glaciation; O1 – first event of the Oligocene glaciation, P5 and P6 – suggested time of transition in sedimentation from package 5 to package 6 in the Uro section (well 517).



кремнезема к титану не превышает 42.84. В аносовское время вновь уменьшаются отношения U/Th (до интервала 0.31–0.44) при низких значениях Si/Ti (32.4–56.91), за исключением обр. 517/28 (граница аносовской свиты и четвертичной толщи), в котором отношение Si/Ti достигает 92.19 (см. рис. 7). Такое высокое значение отношения Si/Ti отражает обстановку аридного климата.

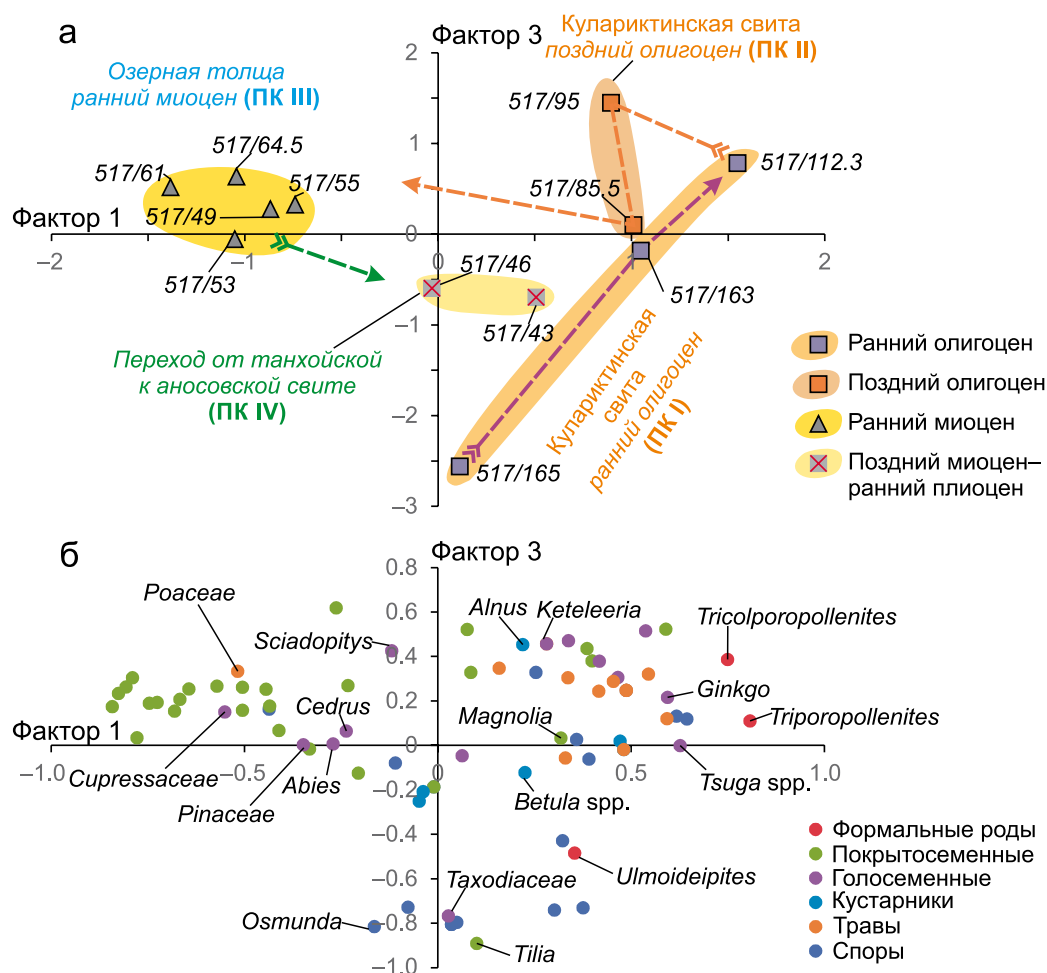
## ОБСУЖДЕНИЕ

### Палеоклиматические переходы

По вариациям  $\delta^{13}\text{C}$  в бентосных фораминиферах можно заключить, что олигоцен в целом характеризовался теплыми климатическими усло-

виями. Оледенение было в самом начале олигоцена (максимум положительных значений  $\delta^{13}\text{C}$  около 33.3 млн лет назад) и на рубеже олигоцена–миоцена (максимумы положительных значений  $\delta^{13}\text{C}$  23.8–23.1, 22.3 млн лет назад) (Hinnov, 2013). Судя по спорово-пыльцевым спектрам из отложений, вскрытых скважиной 517 (см. рис. 5), аллювий кулариктинской свиты накапливался в олигоцене в условиях теплоумеренного климата с переходом к умеренному, а затем – к палеоклиматическому пессимуму (пачка 5). Глубокое палеозеро образовалось в условиях теплого и влажного климата раннего миоцена (пачка 6) (см. рис. 8).

Палинокомплексы ПК I–IV из отложений разреза Уро хорошо разделяются на факторной диаграмме (рис. 9). Основная изменчивость в выборке



**Рис. 9.** Факторная диаграмма спорово-пыльцевых спектров из осадочных отложений (а) и их факторных нагрузок (б).

На панели "а" цифрами показан номер скважины и глубина отбора пробы. Стрелками обозначена смена растительности до образования раннемиоценового палеозеро (фиолетовая и оранжевая стрелки) и после его деградации (зеленая стрелка).

**Fig. 9.** Factor diagram of spore-pollen spectra from sedimentary deposits (a) and their factor loadings (b).

Show on panel "a" are a well number and sampling depths. Arrows indicate the change of vegetation that preceded the early Miocene paleolake formation (violet and orange colors) and its subsequent degradation (green color).

связана с двумя факторами, составляющими 20.6% (F1) и 13.8% (F3).

Спектры ПК I имеют положительные значения первого фактора. Тренд от фигуративной точки 517/165 к точке 517/112.3 обозначает смену теплоумеренного климата умеренным. Подобный спектр пыльцы содержится в олигоценовых отложениях из Мишихинского разреза Танхойской тектонической ступени, в котором отмечена пыльца *Ulmoidites* и *Triatriopollenites* (Аль Хамуд и др., 2021).

Точки спектров ПК II, несколько смещенные от точки 517/112.3, по составу отражают похолодание конца олигоцена, которое отмечалось во всей Евразии (Баранова, Бискэ, 1979; Ахметьев, 1993). На Северо-Востоке России во второй половине раннего олигоцена (омолойское время) расширились площади широколиственных лесов, климат стал теплее, но оставался теплоумеренным, влажным. Это был период расцвета тургайской листопадной флоры. В позднем олигоцене (онкучакское время) произошла деградация тургайской флоры, наступило резкое похолодание, климатический пессимум фиксировался на Сахалине, Камчатке и Корякском нагорье (Ахметьев и др., 1981). На Витимском плоскогорье палинокомплекс из отложений кулариктинской свиты и сосновоозерской толщи характеризует полидоминантные хвойные леса с участием широколиственных представителей, редкими реликтами эоцена и немногочисленными представителями бореальной флоры. Леса произрастали в условиях умеренного климата олигоцена. Фрагментарно распространялись слои со спорово-пыльцевыми спектрами пессимума конца олигоцена и более молодыми спектрами конца олигоцена–начала миоцена (Рассказов и др., 2007). На Танхойской тектонической ступени отмечалось усиление аридизации на поздних стадиях олигоцена (Аль Хамуд и др., 2021).

Точки спектров ПК III дают отрицательные значения первого фактора. Развивались широколиственные леса богатого видового состава с заметным участием тропических и субтропических элементов.

Точки спектров ПК IV характеризуют переходный интервал от сероцветной диатомовой озерной свиты к охристой аллювиальной аносковской свите. Пыльцевые векторы смещены в положительную область первого фактора и отрицательную – третьего. Этот ПК характеризует похолодание, хотя и продолжают встречаться отдельные формы тропических и субтропических видов (в обр. 517/46 – 7% и в обр. 517/43 – 3%). Такая тенденция отмечалась в отложениях всей системы байкальских впадин (Мазилов и др., 1972, 1993; Рассказов и др., 2007, 2019; Кузьмин и др., 2009; Hassan et al., 2019; Хассан и др., 2020; Аль Хамуд и др., 2021).

### Палеоэкологические условия обитания диатомей в раннемиоценовом палеоозере

Отложения раннемиоценового палеоозера занимают центральное место в разрезе Уро. Палеоэкологические условия обитания диатомей воспроизводятся по их биоиндикаторным характеристикам.

По отношению к галобности и рН исследовано 28 таксонов. Доминировали олигогалобиндифференты (68%). К олигогалоб-галофобам относились 5 видов, олигогалоб-галофилам – 2 вида, олигогалобам – 2 вида.

По отношению к рН преобладали индифференты (39%) и алкалифилы (32%), предпочитающие слабощелочную и щелочную среду обитания. На долю ацидофилов приходилось 22%. Доля диатомей-алкалибионтов была незначительной (2 вида, или 7%).

По географическому распространению проанализировано 30 таксонов. Большинство из них были космополитами – 17 видов (57%). На долю арктоальпийских видов приходилось 27%, бореальных – 13%. Из средиземноморского–палеотропического вида встречается *Cymbella kolbei*.

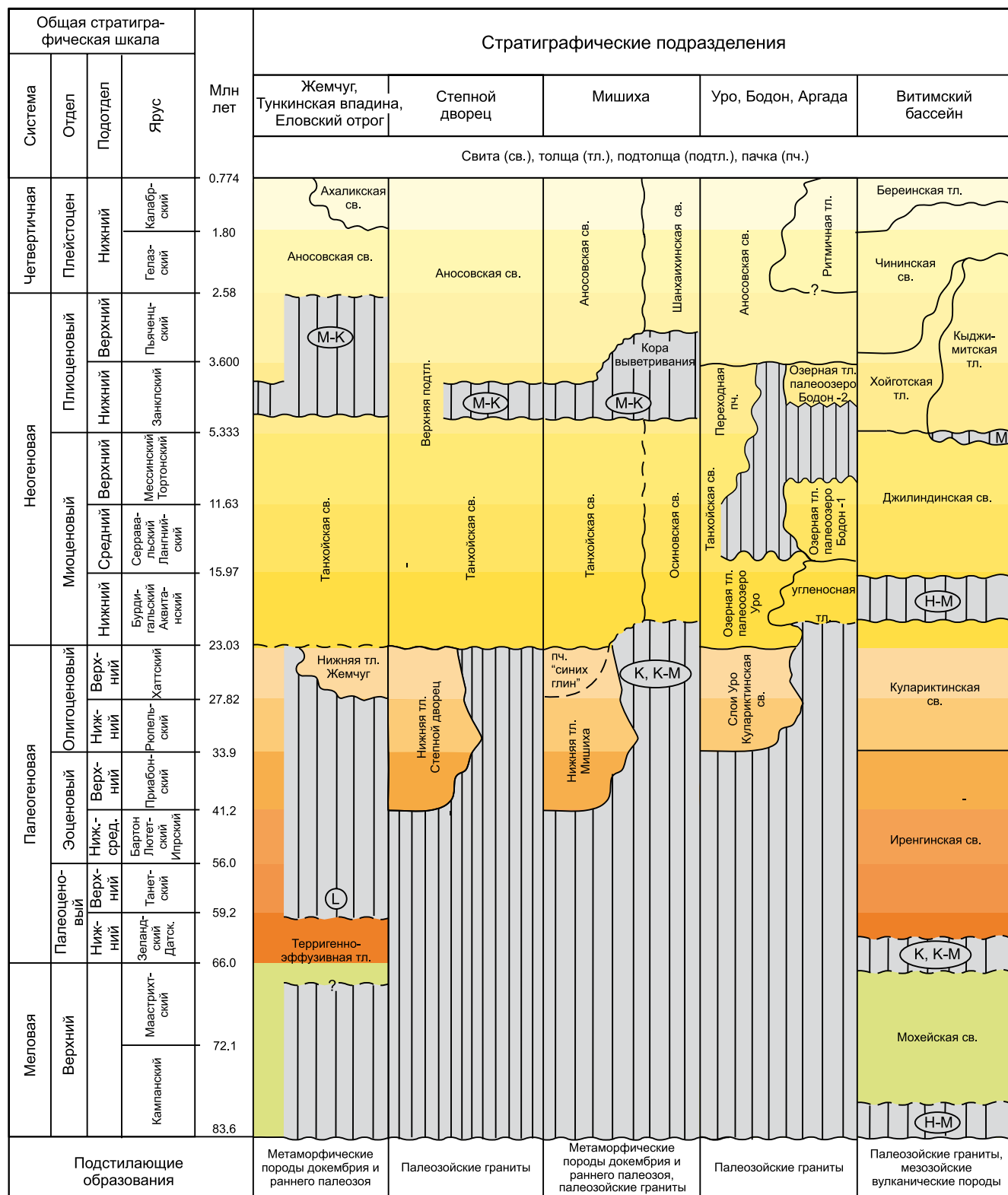
Показано, что абсолютным доминантом во всех образцах керна был планктонный вид *Alveolophora antiqua*. Остальные 49 видов – литорально-планктонные и бентосные с частотой встречаемости менее 1%, что свидетельствует о развитии диатомовой флоры в условиях глубокого водоема с узкой литоральной зоной.

Судя по палинологическим данным, климат в это время становился более теплым и влажным, что вызвало увеличение биогенов, в первую очередь растворенного фосфора и кремнезема.

### Палеогеографическая реконструкция

В современном рельефе полоса впадин и хребтов БРЗ обрамляется с севера и юга соответственно Предбайкальским и Селенгино-Витимским прогибами. Осадочные отложения накапливались в прогибах начиная с маастрихта (Предбайкальского прогиба) и кампана-маастрихта (Селенгино-Витимского прогиба). В позднем меле и палеогене эти прогибы разделялись Южно-Байкальским поднятием, что предопределило развитие растительности тургайского типа (Казахская провинция) в Предбайкальском прогибе и Приморского типа (Дальний Восток России) в Селенгино-Витимском прогибе (Рассказов и др., 2021).

В конце мела-палеогене осадконакопление было ограничено осевой частью СВП. В эоцене – олигоцене осадконакопление продвинулось к границе Селенгино-Витимского прогиба с Южно-Байкальским палеохребтом. Олигоценовые отложения кулариктинской свиты разреза Уро распространялись в связи с развитием мел-палеогенового



**Рис. 10.** Схема корреляции отложений кайнозойских структур юга Сибири (Рассказов и др., 2014) с новыми дополнениями (Hassan et al., 2019; Рассказов и др., 2019; Хассан и др., 2019; Аль Хамуд и др., 2019, 2021; Трегуб и др., 2020).

Стратиграфические перерывы сопровождаются развитием кор выветривания: М – монтмориллонитовых, К – каолинитовых, Г – гидрослюдистых, Л – латеритных.

**Fig. 10.** Correlation scheme for deposits of Cenozoic structures in southern Siberia (Rasskazov et al., 2014) with additions of new data (Hassan et al., 2019; Rasskazov et al., 2019; Khassan et al., 2019; Al' Khamud et al., 2019, 2021; Tregub et al., 2020).

Stratigraphic unconformities are accompanied by the development of weathering crusts: М – montmorillonite, К – kaolinite, Г – hydromicaceous, Л – lateritic.

Селенгино-Витимского предгорного прогиба Южно-Байкальского поднятия, предшествовавшего неоген-четвертичному образованию Южно-Байкальской впадины. Слои кулариктинской свиты в целом не характерны для впадин БРЗ и распространены в переходной области между осевой частью СВП и будущей БРЗ (Чувашова и др., 2019).

Впадины байкальского типа заполнены отложениями танхойской, ановской свиты и четвертичными полифациальными отложениями (Логачев, 1958, 1974) (рис. 10). В пространственно совмещенных разрезах СВП и БРЗ Мишиха, Степной дворец и Уро эоцен-олигоценые и олигоценые толщи были перекрыты отложениями танхойской свиты. Нижнемиоценовые отложения района Уро накапливались после перестройки олигоценового рельефа, которая способствовала образованию и длительному существованию в раннем миоцене глубокого палеозера Уро. Олигоценые отложения разреза Уро коррелируются с отложениями “синих глин” центральной части Танхойской тектонической ступени (Рассказов и др., 2014) и с отложениями, вскрытыми Жемчугской скважиной в Тункинской впадине (Мазиллов и др., 1993). В центральной части Танхойской ступени отложения “синих глин” сменялись накоплением нижнемиоценовых озерно-болотных отложений, тогда как в ее северо-восточной части (в Мишихинском блоке) накапливались аллювиальные отложения (Аль Хамуд и др., 2021). В отложениях Танхойской тектонической ступени диатомовые водоросли не получили развития из-за отсутствия здесь благоприятных условий крупного озера (Черняева, 1990). В Тункинской впадине верхнеолигоценая толща резко сменялась по латерали расчлененным рельефом Еловского отрога, бронированного среднемиоценовыми базальтовыми лавами возрастом 16–15 млн лет (Рассказов, 1993).

На позднеорогенном этапе, когда в плиоцен-квартере образовалась полоса поднятий и впадин БРЗ, отложения танхойской свиты сменились отложениями ановской свиты. В разрезе дельты Селенги между этими стратонами образовалось резкое стратиграфическое несогласие (Замараев, Самсонов, 1959), а на Танхойской ступени произошли мощные тектонические движения, которые привели к опрокинутому залеганию эоцен-олигоцен-миоценовой толщи (Аль Хамуд и др., 2021).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье приведены результаты литолого-стратиграфических исследований отложений от олигоцена до квартера, вскрытых скважиной 517 в районе Уро. Олигоценый стратон обнаружен в Баргузинской долине впервые и рассмотрен в составе кулариктинской свиты СВП, а вышележащая часть разреза характеризует этап формирования Баргузинской долины как части рифтовой структуры БРЗ.

По литологическим характеристикам отложений в разрезе выделено девять пачек. Пять нижних из них (интервал 249.7–66.8 м) относятся к кулариктинской свите, шестая и седьмая (интервал 66.8–40.5 м) – к танхойской свите, восьмая (интервал 40.5–28.0 м) – к ановской свите, девятая (интервал <28.0 м) – к четвертичным полифациальным отложениям.

В отложениях разреза Уро выделено четыре пачки комплекса: ПК I характеризует растительность теплоумеренного влажного климата раннего олигоцена, ПК II – растительность перехода к умеренному климату позднего олигоцена с расширением площадей хвойных пород, ПК III – растительность более теплых и влажных условий раннего миоцена с развитием мезофильных хвойных лесов, в которых усиливалась роль широколиственных пород, ПК IV – растительность условий похолодания позднего миоцена – раннего плиоцена при уменьшении влагообеспеченности и обеднении термофильной флоры. Отсутствие пыльцевых зерен в переходных отложениях конца олигоцена – начала миоцена соответствовало условиям палеоклиматического пессимума.

В нижнемиоценовых отложениях танхойской свиты установлено доминирование диатомового планктонного вида *Alveolophora antiqua*, что свидетельствует о ее развитии в глубоком водоеме. Изменение численности видов может быть связано с потеплением и увлажнением климата и повышением содержания биогенов (в первую очередь растворенного фосфора и кремнезема). Полученные данные расширяют ранние представления о древней диатомовой флоре Байкальского региона.

## Благодарности

Скважина 517 была пройдена Байкальским филиалом “Сосновгеология” ФГУП “Урангеологоразведка” в 2012 г. Документация керна проводилась с уча-

стием В.Л. Коломийца (ГИН СО РАН). Авторы выражают глубокую и искреннюю благодарность химикам-аналитикам Г.В. Бондаревой и М.М. Самойленко (ИЗК СО РАН) за аналитические определения петрогенных оксидов в породах, В.И. Егорову и М.М. Масленниковой (ЛИН СО РАН) – за помощь в работе методом СЭМ, палинологу Г.Н. Александровой (ГИН РАН) – за полезную консультативную помощь в возрастной интерпретации спорово-пыльцевых спектров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Трегуб Т.Ф., Волков М.А., Кулагина Н.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц. (2019) Временные вариации состава кайнозойских отложений на Танхойской тектонической ступени Байкала. *Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Науки о Земле*, **30**, 108-129. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.30.108>
- Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Трегуб Т.Ф., Рубцова М.Н., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Хассан А., Волков М.А. (2021) Опрокинутая эоцено-нижнеплиоценовая аллювиальная толща на южном берегу оз. Байкал и ее неотектоническое значение. *Геодинамика и тектонофизика*, **12**(1), 139-156. <https://doi.org/10.5800/GT-2021-12-1-0518>
- Ахметьев М.А. (1993) Фитостратиграфия континентальных отложений палеогена и миоцена внетропической Азии. М.: Наука, 144 с.
- Ахметьев М.А., Волобуева В.И., Гладенков Ю.Б., Шелудченко С.Д. (1981) Позднепалеогеновое похолодание на Востоке СССР по палеоботаническим данным. *Бюлл. МОИП. Отд. геол.*, **4**, 87-100.
- Баранова Ю.П., Бискэ С.Ф. (1979) Палеоклиматы палеогена и неогена Северо-Востока Азии. Континентальные третичные толщи Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 186-204.
- Барнинова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. (2006) Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio Publisher, 498 с.
- Гавшин В.М., Архипов С.А., Бобров В.А., Мельгунов М.С., Макарова И.В. (1998) Распределения естественных радиоактивных элементов в голоцен-плейстоценовых глубоководных отложениях озера Байкал и хронологические построения. *Геология и геофизика*, **39**(8), 1045-1058.
- Глезер З.И., Жузе А.П., Макарова И.П., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова-Порецкая В.С. (1974) Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. Л.: Наука, 403 с.
- Грачев М.А., Лихошвай Е.В., Воробьева С.С., Хлыстов О.М., Безрукова Е.В., Вейнберг Е.В., Гольдберг Е.Л., Гранина Л.З., Корнакова Е.Г., Лазо Ф.И., Левина О.М., Легунова П.П., Отинов П.В., Пирог В.В., Федотов А.П., Яскевич С.А., Бобров В.А., Сухоруков Ф.В., Резчиков В.И., Федорин М.А., Золотарев К.В., Кравчинский В.А. (1997) Сигналы палеоклиматов верхнего плейстоцена в осадках озера Байкал. *Геология и геофизика*, **38**(5), 957-980.
- Замараев С.М., Самсонов В.В. (1959) Геологическое строение и нефтегазоносность Селенгинской депрессии. *Геология и нефтегазоносность Восточной Сибири*. М.: Гостоптехиздат, 435-475.
- Зорин Ю.А. (1971) Новейшая структура и изостазия Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий. М.: Наука, 168 с.
- Козыренко Т.Ф., Стрельникова Н.И., Хурсевич Г.К., Цой И.Б., Жаковщикова Т.К., Мухина В.В., Ольштынская А.П., Сёмина Г.И. (2008) Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: ископаемые и современные. Т. 2. Вып. 5. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 171 с.
- Кузьмин М.И., Хурсевич Г.К., Прокопенко А.А., Седеня С.А., Карабанов Е.Б. (2009) Центрические диатомовые водоросли позднего кайнозоя озера Байкал. Новосибирск: Академ. изд-во, 370 с.
- Логачев Н.А. (1958) Кайнозойские континентальные отложения впадин Байкальского типа. *Изв. АН СССР, Сер. геол.*, (4), 18-29.
- Логачев Н.А. (1968) Осадочные и вулканогенные формации Байкальской рифтовой зоны. *Байкальский рифт*. Новосибирск: Наука, 72-101.
- Логачев Н.А. (1974) Саяно-Байкальское и Становое нагорья. *Нагорья Прибайкалья и Забайкалья*. М.: Наука, 7-163.
- Логачев Н.А. (1977) Вулканогенные и осадочные формации рифтовых зон Восточной Африки. М.: Наука, 183 с.
- Мазилев В.Н., Кашик С.А., Ломоносова Т.К. (1993) Олигоценные отложения Тункинской впадины (Байкальская рифтовая зона). *Геология и геофизика*, **34**(8), 81-88.
- Мазилев В.Н., Ломоносова Т.К., Климанова В.М. (1972) Литология третичных отложений впадин юго-западной части Байкальской рифтовой зоны. М.: Наука, 120 с.
- Моисеева А.И., Невретдинова Т.Л. (1990) Новые семейство и род пресноводных диатомовых водорослей (Bacillariophyta). *Бот. журн.*, **75**(4), 539-544.
- Рассказов С.В. (1993) Магматизм Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: Наука. Сиб. издат. фирма, 288 с.
- Рассказов С.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Чувашова И.С., Аль-хамуд А., Хассан А., Алокла Р. (2021) Новейшая активизация шовной зоны Сибирского кратона под Южным Байкалом: от мел-палеогенового орогена к неоген-четвертичному рифту. *Геология и окружающая среда*, **1**(1), 6-14.
- Рассказов С.В., Лямина Н.А., Лузина И.В., Черняева Г.П., Чувашова И.С., Усольцева М.В. (2014) Отложения Танхойского третичного поля, Южно-Байкальская впадина: стратиграфия, корреляции и структурные перестройки в Байкальском регионе. *Геодинамика и тектонофизика*, **5**(4), 993-1032. <https://doi.org/10.5800/GT-2014-5-4-0165>
- Рассказов С.В., Лямина Н.А., Черняева Г.П., Лузина И.В., Руднев А.Ф., Резанов И.Н. (2007) Стратиграфия кайнозоя Витимского плоскогорья: феномен длительного рифтогенеза на юге Восточной Сибири. Новосибирск: Академ. изд-во "Гео", 193 с.
- Рассказов С.В., Трегуб Т.Ф., Волков М.А. (2019). Палинологическая характеристика аллювиальных толщ долины реки Баргузин (Республика Бурятия). *Вестн. ВГУ. Сер. Геология*, (2), 150-152. <https://doi.org/10.17308/geology.2019.2/1805>
- Рассказов С.В., Чувашова И.С. (2018) Вулканизм и трансенсия на северо-востоке Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: Академ. изд-во "Гео",

383 с.

- Стенина А.С. (2019) Аннотированный список Bacillariophyta реки Шугор (Урал, Республика Коми). *Бот. журн.*, **104**(1), 41-57. <https://doi.org/10.1134/S0006813619010101>
- Стенина А.С., Стерлягова И.Н. (2017) Bacillariophyta в эпилитоне реки Шугор (Урал, Республика Коми). *Бот. журн.*, **102**(8), 1107-1122. <https://doi.org/10.1134/S000681361708004X>
- Трегуб Т.Ф., Волков М.А., Хассан А.И., Аднан А.Х. (2020) Эволюция палинокомплексов отложений аллювиальной формации Байкальской рифтовой зоны в неогене. *Вестн. ВГУ. Сер. Геология*, (1), 39-50. <https://doi.org/10.17308/geology.2020.1/2512>
- Усольцева М.В., Титова Л.А., Хассан А., Чувашова И.С., Рассказов С.В. (2019) Центрические диатомовые водоросли из палеозер Байкальской рифтовой зоны, Россия. *Вопр. совр. геологии*, **2**(20), 279-284.
- Флоренсов Н.А. (1960) Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 257 с.
- Фрадкина А.Ф. (1995) Палинотратиграфия палеогеновых и неогеновых отложений Северо-Востока России. Новосибирск: Объед. ин-т геологии, геофизики и минералогии Сиб. Отд. РАН, 82 с.
- Хассан А., Коломиец В., Рассказов С., Будаев Р., Чувашова И., Аль Хамуд А. (2019) Палеопотамология плейстоценовых отложений в Баргузинской долине (Байкальская рифтовая зона). *Вестн. ВГУ. Сер. Геология*, (4), 37-46. <https://doi.org/10.17308/geology.2019.4/2694>
- Хассан А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Титова Л.А., Кулагина Н.В., Усольцева М.В. (2020) Идентификация озерных отложений верхнего миоцена–нижнего плиоцена в суходольной Тункинской впадине Байкальской рифтовой зоны. *Геодинамика и тектонофизика*, **11**(2), 262-284.
- Черемисинова Е.А. (1973) Диатомовая флора неогеновых отложений Прибайкалья. Новосибирск: Наука. Сиб. Отд., 83 с.
- Черняева Г.П. (1990) История озера по данным о диатомовой флоре. *История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки*. Л.: Наука, 213-217.
- Чувашова И.С., Хассан А., Аль Хамуд А., Коваленко С.Н., Руднева Н.А., Рассказов С.В. (2019) Переход от Селенгино-Витимского прогиба к Витимскому плоскогорью: кайнозойское осадконакопление и вулканизм. *Изв. ИГВ. Сер. Науки о Земле*, **27**, 138-153. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.27.138>
- Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. (1986) Pollen analysis and pollen diagrams. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, 455-484.
- Brown E.T., Johnson T.C., Scholz C.A., Cohen A.S., King J.W. (2007) Abrupt change in tropical African climate linked to the bipolar seesaw over the past 55.000 years. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L20702. <https://doi.org/10.1029/2007GL031240>
- Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L. (1995) The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the south-western United States. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **59**, 2919-2940.
- Hassan A., Usoltseva M., Rasskazov S., Chuvashova I., Titova L. (2019) The first study of fossil diatom flora from Middle Miocene-Lower Pliocene lacustrine sediments in Barguzin Valley, Baikal Rift Zone. *Quat. Int.*, **524**, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.03.024>
- Hinnov A. (2013) Cyclostratigraphy and its revolutionizing applications in the earth and planetary sciences. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **125**, 1703-1734.
- Houk V. (2003) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Pt I. Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. *Czech Phycol. Suppl.* 1: 1–27, plus pls I-XLI [1–41].
- Houk V., Klee R. (2007) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions Pt II. *Melosiraceae and Aulacoseiraceae (Supplement to Pt I)*. *Fottea*, **7**, 85-255.
- Johnson T.C., Brown E.T., Shi J. (2011) Biogenic silica deposition in Lake Malawi, East Africa over the past 150.000 years. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **303**, 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.01.024>
- Logatchev N.A., Zorin Y.A. (1992) Baikal rift zone: structure and geodynamics. *Tectonophysics*, **208**, 273-286.
- Nesbitt H.W., Young G.M. (1982) Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, **299**, 715-717.
- Titova L., Hassan A., Mikhailov I., Rodionova E., Rasskazov S., Usoltseva M. (2021) Diversity and Ecology of Diatoms in Pliocene Deposits of the Tunka Valley (Baikal Rift Zone). *Diversity*, **13**(10), 479. <https://doi.org/10.3390/d13100479>
- Usoltseva M.V., Hassan A., Rodionova E.V., Titova L.A., Chuvashova I.S., Rasskazov S.V. (2020) The first finding of diatoms from the Early Miocene lacustrine deposits of the Barguzin Valley (Baikal Rift Zone). *Limnol. Fresh Water Biol.*, **4**, 752-754.
- Usoltseva M., Khursevish G., Rasskazov S., Vorob'eva S., Chernyaeva G. (2010) Morphology of Actinocyclus and Lobodiscus species from the Miocene deposits of the Vitim Plateau, Russia. *Plant Ecol. Evol.*, **143**(3), 352-364.
- Usoltseva M.V., Kociolek J.P., Khursevich G.K. (2013) Three new species of Alveolophora (Aulacoseiraceae, Bacillariophyceae) from Miocene deposits in western North America. *Phycologia*, **52**, 109-117.
- Usoltseva M., Titova L., Hassan A., Rasskazov S., Morozov A. (2022) Morphological variability of *Alveolophora antiqua* from a freshwater Early Miocene paleolake in the Barguzin Valley (Baikal Rift Zone). *Diversity*, **14**(12), 1075. <https://doi.org/10.3390/d14121075>
- Usoltseva M.V., Tsouy I.B. (2010) Elliptical species of the freshwater genus Aulacoseira in Miocene sediments from Yamato Rise (Sea of Japan). *Diatom Res.*, **25**(2), 397-415.
- Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **1**(28), 117-133.

## REFERENCES

- Akhmet'ev M.A. (1993) Phytostратigraphy of Paleogene and Miocene continental deposits of Extratropical Asia. Moscow, Nauka Publ., 144 p. (In Russ.)
- Akhmet'ev M.A., Volobueva V.I., Gladenkov Yu.B., Sheldchenko S.D. (1981) Late Paleogene cooling in the East of the USSR according to paleobotanical data. *Bull. MOIP. Otd. Geol.*, **4**, 87-100. (In Russ.)
- Al Khamud A., Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Tre-



- gub T.F., Volkov M.A., Kulagina N.V., Kolomiets V.L., Budaev R.T. (2019) Temporal Compositional Variations of Cenozoic Sediments on the Tankhoi Tectonic Step, the Southern Baikal. *Bull. Irkutsk Gos. Univ. Ser. Nauki o Zemle*, **30**, 108-129. (In Russ.) <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.30.108>
- Al Khamud A., Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Tre-gub T.F., Rubtsova M.N., Kolomiets V.L., Budaev R.Ts., Khassan A., Volkov M.A. (2021) Overturned Eocene – Lower Pliocene alluvial stratum on the southern coast of Lake Baikal and its neotectonic significance. *Geodynam. Tectonophys.*, **12**(1), 139-156. (In Russ.) <https://doi.org/10.5800/GT-2021-12-1-0518>
- Baranova Yu.P., Biske S.F. (1979) Paleoclimates of the Paleogene and Neogene of Northeast Asia. Continental Tertiary strata of Northeast Asia. Novosibirsk, Nauka Publ., 186-204. (In Russ.)
- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. (2006) Biodiversity of algae-indicators of the environment. Tel-Aviv, PiliesStudio, 498 p. (In Russ.)
- Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. (1986) Pollen analysis and pollen diagrams. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, 455-484.
- Brown E.T., Johnson T.C., Scholz C.A., Cohen A.S., King J.W. (2007) Abrupt change in tropical African climate linked to the bipolar seesaw over the past 55.000 years. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L20702. <https://doi.org/10.1029/2007GL031240>
- Cheremisinova E.A. (1973) Diatom Flora of Neogenic Sediments in Pribaikalie. Novosibirsk, Nauka Publ., 83 p. (In Russ.)
- Chernyaeva G.P. (1990) The history of the lake from the data on diatom flora. *The History of Ladoga, Onega, Pskov-Chudskoe, Baikal and Hanka Lakes*. Leningrad, Nauka Publ., 213-217. (In Russ.)
- Chuvashova I.S., Khassan A., Al Khamud A., Kovalenko S.N., Rudneva N.A., Rasskazov S.V. (2019) From the Selenga-Vitim Downwarp to the Vitim Plateau: Cenozoic Sedimentation and Volcanism. *Bull. Irkutsk Gos. Univ., Ser. Nauki o Zemle*, **27**, 138-153. (In Russ.) <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.27.138>
- Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L. (1995) The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the south-western United States. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **59**, 2919-2940.
- Florensov N.A. (1960) Mesozoic and Cenozoic Depressions of Pribaikalie. Moscow; Leningrad, Publishing House of the USSR Acad. Sci., 257 p. (In Russ.)
- Fradkina A.F. (1995) Palynostratigraphy of Paleogene and Neogene sediments of North-Eastern Russia. Novosibirsk, United Institute of Geology, Geophysics and Mineralogy SB RAS, 82 p. (In Russ.)
- Gavshin V.M., Arkhipov S.A., Bobrov V.A., Melgunov M.S., Makarova I.V. (1998) Distributions of natural radioactive elements in the Holocene-Pleistocene deep-water deposits of Lake Baikal and chronological constructions. *Geol. Geofiz.*, **39**(8), 1045-1058. (In Russ.)
- Glezer S.I., Zhuze A.P., Makarova I.V., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova-Poretskaya V.S. (1974) The diatoms of the USSR. Fossil and Recent. V. I. Leningrad, Nauka Publ., 403 p. (In Russ.)
- Grachev M.A., Likhoshvai E.V., Vorob'eva S.S., Khlystov O.M., Bezrukova E.V., Veinberg E.V., Goldberg E.L., Granina L.Z., Kornakova E.G., Lazo F.I., Levina O.M., Letunova P.P., Otinov P.V., Pirog V.V., Fedotov A.P., Yaskovich S.A., Bobrov V.A., Sukhorukov F.V., Rezhnikov V.I., Fedorin M.A., Zolotarev K.V., Kravchinskii V.A. (1997) Paleoclimate Signals of the Upper Pleistocene in Sediments of Lake Baikal. *Geol. Geofiz.*, **38**(5), 957-980. (In Russ.)
- Hassan A., Usoltseva M., Rasskazov S., Chuvashova I., Titova L. (2019) The first study of fossil diatom flora from Middle Miocene-Lower Pliocene lacustrine sediments in Barguzin Valley, Baikal Rift Zone. *Quat. Int.*, **524**, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.03.024>
- Hinnov A. (2013) Cyclostratigraphy and its revolutionizing applications in the earth and planetary sciences. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **125**, 1703-1734.
- Houk V. (2003) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Pt I. Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. *Czech Phycology. Suppl.* 1: 1-27, plus pls I-XLI [1-41].
- Houk V., Klee R. (2007) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Pt II. Melosiraceae and Aulacoseiraceae (Supplement to Pt I). *Fottea*, **7**, 85-255.
- Johnson T.C., Brown E.T., Shi J. (2011) Biogenic silica deposition in Lake Malawi, East Africa over the past 150.000 years. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **303**, 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.01.024>
- Khassan A.I., Kolomiets V.L., Rasskazov S.V., Budaev R.Ts., Chuvashova I.S., Al Khamud A. (2019) Paleopotamology of Pleistocene sediments in the Barguzin valley (Baikal Rift Zone). *Vestn. VGU. Ser. Geol.*, (4), 37-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.17308/geology.2019.4/2694>
- Khassan A., Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Titova L.A., Kulagina N.V., Usoltseva M.V. (2020) Identifying upper miocene-lower pliocene lacustrine sediments in dry Tunka basin of the Baikal rift zone. *Geodynam. Tectonophys.*, **11**(2), 262-284. (In Russ.) <https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-2-0473>
- Kozyrenko T., Strelnikova N., Khursevich G., Tsoi I., Zhakovshchikova T., Mukhina V., Olshtynskaya A., Semina G. (2008) The diatoms of Russia and adjacent countries: Fossil and recent. V. 2. Iss. 5. St.Petersburg, St. Petersburg Univ. Press, 171 p. (In Russ.)
- Kuzmin M.I., Khursevich G.K., Prokopenko A.A., Sedennya S.A., Karabanov E.B. (2009) Late Cenozoic centric diatoms of Lake Baikal. Novosibirsk, Akad. Izd., 370 p. (In Russ.)
- Logatchev N.A. (1958) Cenozoic Continental Deposits in Basins of the Baikal type. *Izv. AN SSSR, Ser. Geol.*, (4), 18-29. (In Russ.)
- Logatchev N.A. (1968) Sedimentary and volcanogenic formations of the Baikal rift zone. *Baikal Rift*. Novosibirsk, Nauka Publ., 72-101. (In Russ.)
- Logatchev N.A. (1974) The Sayan-Baikal and Stanovoe Highlands. *Highlands of Pribaikalie and Transbaikalia*. Moscow, Nauka Publ., 7-163. (In Russ.)
- Logachev N.A. (1977) Volcanogenic and sedimentary formations on the rift zones of East Africa. Moscow, Nauka Publ., 183 p. (In Russ.)
- Logatchev N.A., Zorin Y.A. (1992) Baikal rift zone: structure and geodynamics. *Tectonophysics*, **208**, 273-286.
- Mazilov V.N., Kashik S.A., Lomonosova T.K. (1993) Oligocene sediments of the Tunka depression (Baikal rift zone). *Geol. Geofiz.*, **34**(8), 81-88. (In Russ.)
- Mazilov V.N., Lomonosova T.K., Klimanova V.M. (1972)

- Lithology of Tertiary Basin Sediments in the Southwestern Baikal Rift System. Moscow, Nauka Publ., 120 p. (In Russ.)
- Moiseeva A.I., Nevretdinova T.L. (1990) New family and genus of freshwater diatoms (Bacillariophyta). *Bot. Zh.*, **75**(4), 539-544. (In Russ.)
- Nesbitt H.W., Young G.M. (1982) Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, **299**, 715-717.
- Rasskazov S.V. (1993) Magmatism of the Baikal rift system. Novosibirsk, Nauka, Siberian Publishing Company, 288 p. (In Russ.)
- Rasskazov S.V., Chuvashova I.S. (2018) Volcanism and transtension in the northeast of the Baikal rift system. Novosibirsk, "Geo" Academic Publishing House, 383 p. (In Russ.)
- Rasskazov S.V., Kolomiets V.L., Budaev R.Ts., Chuvashova I.S., Al-khamud A., Khassan A., Alokla R. (2021) Recent activation of the suture zone of the Siberian craton under South Baikal: from the Cretaceous-Paleogene orogen to the Neogene-Quaternary rift. *Geologiya. Okruzhayushchaya Sreda*, **1**(1), 6-14. (In Russ.)
- Rasskazov S.V., Lyamina N.A., Chernyaeva G.P., Luzina I.V., Rudnev A.F., Rezanov I.N. (2007) Stratigraphy of Vitim Plateau in Cenozoic: Phenomenon of Long-Term Rifting in the Southern Part of East Siberia. Novosibirsk, "Geo" Academic Publishing House, 193 p. (In Russ.)
- Rasskazov S.V., Lyamina N.A., Luzina I.V., Chernyaeva G.P., Chuvashova I.S., Usoltseva M.V. (2014) Sediments in the Tertiary Tankhoi field, South Baikal basin: stratigraphy, correlation and structural transformations in the Baikal region. *Geodynam. Tectonophys.*, **5**(4), 993-1032. (In Russ.) <https://doi.org/10.5800/GT-2014-5-4-0165>
- Rasskazov S.V., Tregub T.F., Volkov M.A. (2019) Palynological characteristics of the alluvial strata of the Barguzin River valley (Republic of Buryatia). *Vestn. VGU. Ser. Geol.*, (2), 150-152. (In Russ.) <https://doi.org/10.17308/geology.2019.2/1805>
- Stenina A.S. (2019) Annotated list of bacillariophyta of the Shchugor river (Urals, Komi republic). *Bot. Zh.*, **104**(1), 41-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0006813619010101>
- Stenina A.S., Sterlyagova I.N. (2017) Bacillariophyta in epilithon of the Shchugor river (Urals, Komi republic). *Bot. Zh.*, **102**(8), 1107-1122. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S000681361708004X>
- Titova L., Hassan A., Mikhailov I., Rodionova E., Rasskazov S., Usoltseva M. (2021) Diversity and Ecology of Diatoms in Pliocene Deposits of the Tunka Valley (Baikal Rift Zone). *Diversity*, **13**(10), 479. <https://doi.org/10.3390/d13100479>
- Tregub T.F., Volkov M.A., Khassan A.I., Adnan A.Kh. (2020) Evolution of palynocomplexes of deposits of the alluvial formation of the Baikal rift zone in the Neogene. *Vestn. VGU. Ser. Geol.*, (1), 39-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.17308/geology.2020.1/2512>
- Usoltseva M.V., Hassan A., Rodionova E.V., Titova L.A., Chuvashova I.S., Rasskazov S.V. (2020) The first finding of diatoms from the Early Miocene lacustrine deposits of the Barguzin Valley (Baikal Rift Zone). *Limnol. Fresh Water Biol.*, **4**, 752-754.
- Usoltseva M., Khursevich G., Rasskazov S., Vorob'eva S., Chernyaeva G. (2010) Morphology of Actinocyclus and Lobodiscus species from the Miocene deposits of the Vitim Plateau, Russia. *Plant Ecol. Evol.*, **143**(3), 352-364.
- Usoltseva M.V., Kociolek J.P., Khursevich G.K. (2013) Three new species of Alveolophora (Aulacoseiraceae, Bacillariophyceae) from Miocene deposits in western North America. *Phycologia*, **52**, 109-117.
- Usoltseva M.V., Titova L.A., Khassan A., Chuvashova I.S., Rasskazov S.V. (2019) Centric diatoms from paleolakes of the Baikal Rift Zone, Russia. *Vopr. Sovr. Geol.*, **2**(20), 279-284. (In Russ.)
- Usoltseva M., Titova L., Hassan A., Rasskazov S., Morozov A. (2022) Morphological variability of *Alveolophora antiqua* from a freshwater Early Miocene paleolake in the Barguzin Valley (Baikal Rift Zone). *Diversity*, **14**(12), 1075. <https://doi.org/10.3390/d14121075>
- Usoltseva M.V., Tsoi I.B. (2010) Elliptical species of the freshwater genus Aulacoseira in Miocene sediments from Yamato Rise (Sea of Japan). *Diatom Res.*, **25**(2), 397-415.
- Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **1**(28), 117-133.
- Zamaraev S.M., Samsonov V.V. (1959) Geological structure and oil and gas potential of the Selenga Depression. Geology and oil and gas potential of Eastern Siberia. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 435-475. (In Russ.)
- Zorin Y.A. (1971) The recent structure and isostasy of Baikal Rift Zone and adjacent territories. Moscow, Nauka Publ., 168 p. (In Russ.)