

Вестник Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

Серия 4

ГЕОЛОГИЯ

№ 1 • 2024 • ЯНВАРЬ–ФЕВРАЛЬ

Издательство Московского университета

Выходит один раз в два месяца

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Подображных А.Д., Еремина Т.А., Марченко Е.И., Еремин Н.Н.</i> Кристаллохимические индикаторы выделения оксоцентрированных полиэдров в минералах двухвалентного свинца	3
<i>Зыков Д.С., Полещук А.В., Агibalов А.О., Колодяжный С.Ю., Мануилова Е.А.</i> Форма соляных поднятий как индикатор взаимодействия геодинамических систем	13
<i>Барaboшкин Е.Ю., Фокин П.А.</i> Уникальная находка аммонита <i>Kamerunoceras</i> (Acanthoceratidae, Ammonoidea) в туроне (верхний мел) Юго-Западного Крыма	20
<i>Меренкова С.И., Пузик А.Ю., Афонин И.В., Медведков А.А., Рабцевич Е.С., Габдуллин Р.Р., Пугач В.В.</i> Условия формирования пород эвенкийской свиты в долине нижнего течения р. Подкаменная Тунгуска, Сибирская платформа	25
<i>Юрина А.Л.</i> Первые девонские леса на Земле: появление, состав растений, типы лесных экосистем и их распространение	38
<i>Крупина Н.И., Присяжная А.А.</i> Монографические палеонтологические коллекции — важнейший источник информации в палеонтологических исследованиях	47
<i>Сыромятников К.В., Левитан М.А., Габдуллин Р.Р.</i> Палеоклиматические и палеогеографические реконструкции условий седиментации в Фушуньском бассейне методами математической статистики	55
<i>Богатырева И.Я., Коточкова Ю.А., Балушкина Н.С., Хотылев О.В., Фомина М.М., Тюрина Н.А., Яблоновский Б.И., Калмыков Г.А.</i> Структурно-фациальная типизация разрезов баженовской высокоуглеродистой формации Западно-Сибирского бассейна	66
<i>Чуркина В.В., Коточкова Ю.А., Калмыков Г.А.</i> Обстановки осадконакопления апт-альбских отложений Северного Каспия	83
<i>Гусарова Д.С., Яблонская Д.А., Липатникова О.А., Лубкова Т.Н., Филатова О.Р.</i> Геохимическая и санитарно-химическая характеристика вод родников Богородского и Лосино-Петровского городских округов Московской области	95
<i>Лехов А.В.</i> Определение проводимости верхней зоны выветривания горизонтально-слоистого массива скальных пород	105
<i>Мотенко Р.Г., Давлетова Р.Р., Гречищева Э.С., Алексеев А.А.</i> Экспериментальная оценка влияния заторфованности на фазовый состав воды в мерзлых грунтах различного гранулометрического состава	116
<i>Миринец А.К., Рыбалко А.Е., Алёшин М.И., Субетто Д.А.</i> Строение четвертичного покрова Петрозаводской губы Онежского озера по данным сейсмоакустики	123
<i>Степанов П.Ю., Гоманюк Ю.А.</i> Вариационные алгоритмы глубинной кинематической миграции в двумерных средах с горизонтальным градиентом скорости	130

CONTENTS

<i>Podobrazhnykh A.D., Eremina T.A., Marchenko E.I., Eremin N.N.</i> Crystal chemical indicators of oxo-centered tetrahedra establishment in divalent lead minerals	3
<i>Zykov D.S., Poleshchuk A.V., Agibalov A.O., Kolodyazhny S.Y., Manuilova E.A.</i> Form of salt rises as an indicator of interaction of geodynamic systems	13
<i>Baraboshkin E.Yu., Fokin P.A.</i> A unique find of the ammonite <i>Kamerunoceras</i> (Acanthoceratidae, Ammonoidea) in the Turonian (Upper Cretaceous) of the South-Western Crimea ...	20
<i>Merenkova S.I., Puzik A.Yu., Afonin I.V., Medvedkov A.A., Rabceovich E.S., Gabdullin R.R., Pugach V.V.</i> The Formation Conditions of the Evenki Formation in the Lower Reaches of the Podkamennaya Tunguska River	25
<i>Yurina A.L.</i> The first Devonian forests on Earth; appearance, composition of plants, types of forest and their distribution	38
<i>Krupina N.I., Prisyazhnaya A.A.</i> Monographic paleontological collections — important source of information in paleontological research	47
<i>Syromyatnikov K.V., Levitan M.A., Gabdullin R.R.</i> Paleoclimatic and paleogeographic reconstructions of sedimentation conditions in the Fuxin basin using methods of mathematical statistics	55
<i>Bogatyreva I.Ya., Kotochkova Yu.A., Balushkina N.S., Khotylev O.V., Fomina M.M., Tyurina N.A., Yablonovskiy B.I., Kalmykov G.A.</i> Structural-facies typizations of the bazhenov high-carbon formation of the West Siberian Basin	66
<i>Churkina V.V., Kotochkova Yu.A., Kalmykov G.A.</i> Sedimentation conditions of the lower cretaceous deposits of the Northern Caspian	83
<i>Gusarova D.S., Yablonskaya D.A., Lipatnikova O.A., Lubkova T.N., Filatova O.R.</i> Geochemical and sanitary-chemical characteristics of water springs of Bogorodsky and Losin-Petrovsky districts of the Moscow region	95
<i>Lekhov A.V.</i> Upper weathered zone transmissivity estimation of hard-rock horizontally layered massif	105
<i>Motenko R.G., Davletova R.R., Grechishcheva E.S., Alekseev A.G.</i> Experimental evaluation of the effect of congestion on the phase composition of water in frozen soils of various granulometric composition	116
<i>Mirinetz A.K., Rybalko A.E., Aleshin M.I., Subetto D.A.</i> The structure of the Quaternary sheet in the Petrozavodsk Bay of Lake Onega according to seismoacoustics	123
<i>Stepanov P.Yu., Gomanyuk Yu.A.</i> Variational algorithms of deep kinematic migration in two-dimensional media with horizontal velocity gradient	130

УДК 551.83

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2024-63-1-25-37

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД ЭВЕНКИЙСКОЙ СВИТЫ В ДОЛИНЕ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ПОДКАМЕННАЯ ТУНГУСКА, СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА

Софья Ивановна Меренкова¹✉, Алексей Юрьевич Пузик²,
Игорь Викторович Афонин³, Алексей Анатольевич Медведков⁴,
Евгения Сергеевна Рабцевич⁵, Руслан Рустемович Габдуллин⁶,
Владимир Владимирович Пугач⁷

¹ Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия; koshelevasof@mail.ru✉,
<https://orcid.org/0000-0003-3204-4393>

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия;
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия;
alex.puzik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7148-7344>

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия; heaven05@list.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-5942-6688>

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; Институт географии РАН, Москва, Россия;
a-medvedkov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7242-7172>

⁵ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия; evgenia882-a@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9275-4453>

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; Институт геохимии и аналитической химии
имени В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия; Gabdullin@fgp.msu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8296-7191>

⁷ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия; vova5011999@mail.ru,
<https://orcid.org/0009-0002-7535-528X>

Аннотация. Разрез эвенкийской свиты Сибирской платформы изучен на правом берегу р. Подкаменная Тунгуска близ поселка Суломай (Эвенкийский муниципальный район Красноярского края). Описаны структурные и текстурные особенности слагающих пород. Выполнено определение главных петрогенных окислов и на их основе рассчитан нормативный минеральный состав. Увеличение терригенной составляющей в породах фиксирует периоды усиления эрозии в области источника сноса — Енисейского кряжа. Рост доли полевых шпатов в породах срединной части разреза свидетельствует об интенсификации физического выветривания, происходившего в аридных условиях. Рассмотрены основные взгляды на формирование эвенкийской свиты, а также сходных — современных и древних — приливно-отливных и себховых фаций. Предполагается, что изученные фации эвенкийской свиты сформировались преимущественно в обстановках верхней литорали и отчасти нижней супралиторали, которые сменяли друг друга в результате эвстатических колебаний в бассейне. Разработана новая концептуальная модель формирования эвенкийской свиты на Сибирской платформе.

Ключевые слова: палеоклимат, кембрий, себха, Сибирская платформа

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания ИО РАН имени П.П. Ширшова. Исследования методом АЭС-ИСП выполнены на оборудовании Томского регионального центра коллективного пользования Национального исследовательского Томского государственного университета. Центр поддержан Грантом Министерства Науки и Высшего Образования Российской Федерации № 075-15-2021-693 (№ 13. ЦКП.21.0012). Также аналитические исследования выполнялись при поддержке Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 0721-2020-0041).

Для цитирования: Меренкова С.И., Пузик А.Ю., Афонин И.В., Медведков А.А., Рабцевич Е.С., Габдуллин Р.Р., Пугач В.В. Условия формирования пород эвенкийской свиты в долине нижнего течения р. Подкаменная Тунгуска, Сибирская платформа // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2024. № 1. С. 25–37.

THE FORMATION CONDITIONS OF THE EVENKI FORMATION IN THE LOWER REACHES OF THE PODKAMENNAYA TUNGUSKA RIVER, SIBERIAN PLATFORM

Sofia I. Merenkova¹✉, Aleksey Yu. Puzik², Igor V. Afonin³, Aleksey A. Medvedkov⁴,
Evgeniya S. Rabceovich⁵, Ruslan R. Gabdullin⁶, Vladimir V. Pugach⁷

¹ Shirshov Institute of Oceanology of the RAS, Moscow, Russia; koshelevasof@mail.ru✉

² Perm State National Research University, Perm, Russia; National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia;
alex.puzik@mail.ru

³ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia; heaven05@list.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University; Institute of Geography RAS, Moscow, Russia; a-medvedkov@bk.ru

⁵ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia; evgenia882-a@mail.ru⁶ Lomonosov Moscow State University; Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS; Gabdullin@fgp.msu.ru⁷ Perm State National Research University, Perm, Russia; vova5011999@mail.ru

Abstract. The Evenki Formation of the Siberian Platform is studied on the right bank of the Podkamennaya Tunguska River near the settlement of Sulomay (Evenki municipal district of Krasnoyarsk region). The structures and textures of composing sediments is described. The main petrogenic oxides are identified and the normative mineral composition is calculated following this identification. The increase of terrigenous components in the strata indicates periods of enhanced erosion in the provenance area, which is the Yenisei Ridge. In turn, the increased contribution of feldspars in the middle part of the section shows intensification of physical weathering in arid conditions. The principal hypotheses on the origin of the Evenki Formation as well as of other recent and ancient tidal flat and sabkha facies are outlined. We suggest that the facies of the Evenki Formation under study have been accumulated mostly under intertidal and, possibly in part, under lower supratidal conditions, which alternated depending on eustatic fluctuations in the basin. A conceptual model of the genesis of the Evenki Formation on the Siberian Platform is developed.

Keywords: paleoclimate, Cambrian, sabkha, Siberian Platform

For citation: Merenkova S.I., Puzik A. Yu., Afonin I. V., Medvedkov A. A., Rabceovich E. S., Gabdullin R. R., Pugach V. V. The Formation Conditions of the Evenki Formation in the Lower Reaches of the Podkamennaya Tunguska River. *Moscow University Geol. Bull.* 2024; 1: 25–37. (In Russ.).

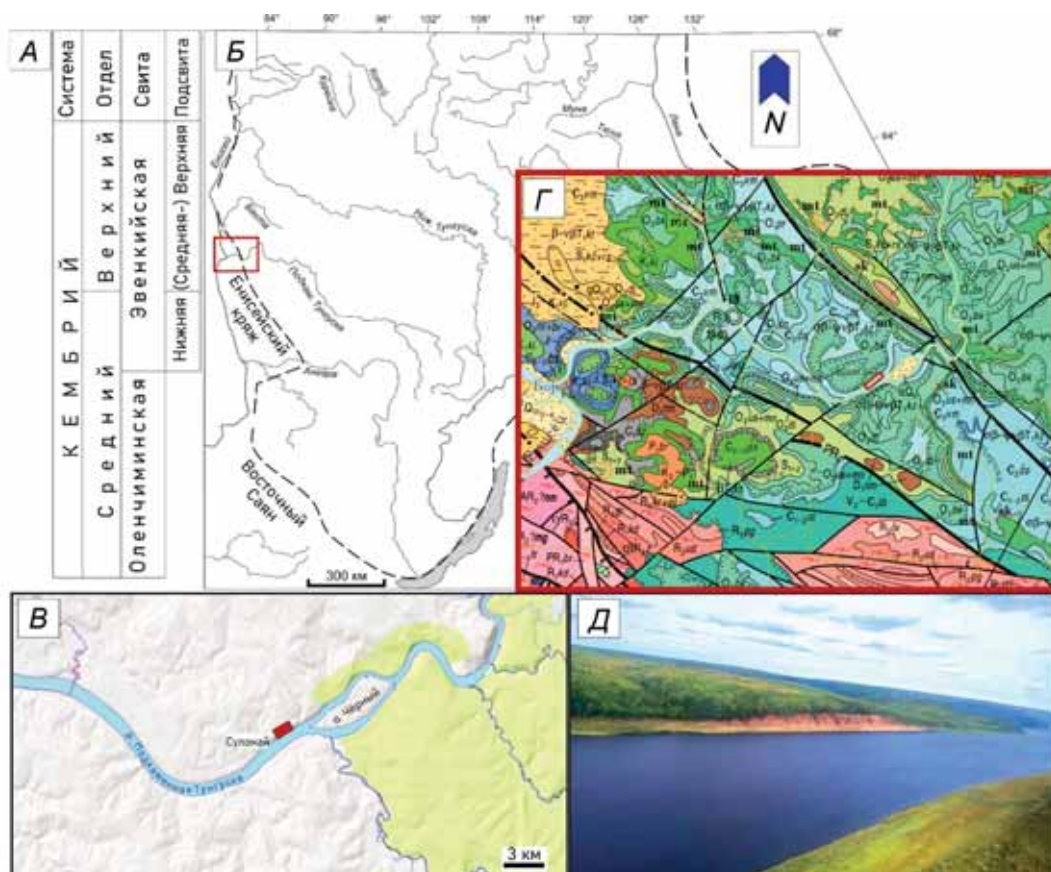
Введение. Реконструкции условий формирования отложений лагун, себх, приливных отмелей и других переходных зон между сушей и морским бассейном, представляют собой одну из самых сложных проблем в исследовании палеозойских и более ранних отложений. Несмотря на активное изучение терригенно-карбонатных и карбонатно-соленосных отложений внутренних районов Сибирской платформы, формировавшихся в прибрежно-мелководных и субаэральных условиях (например, [Кузнецов и др., 2000; Бурова и др., 2017; Кузнецов, Журавлева, 2019; Плюснин, 2019; Мотова и др., 2021]), эти разрезы все еще остаются недостаточно изученными из-за трудностей как с датировкой этих отложений, так и из-за большого своеобразия фаций, не имеющих явных современных аналогов. Данное исследование призвано выявить особенности среднекембрийским отложениям внутренних районов Сибирской платформы, сформировавшимся в субаквальных и субаэральных обстановках.

Краткая геологическая характеристика и материалы исследования. Эвенкийская свита ($\text{Є}_{2-3\text{ev}}$) выделяется в пределах Иркутско-Байkitской, Ботуобинско-Сюгджерской, Туруханской областей [Сухов и др., 2021]. Эвенкийская свита (серия) подразделяется [Конторович и др., 2021] либо на три подсвиты (нижняя, средняя, верхняя) [Кириченко, 1950], либо на отдельные свиты (оленчиминская, черноостровская и вельминская) [Качевский и др., 1998]. Оленчиминская свита, отвечающая уровню наманского горизонта тойонского яруса — зеледеевского горизонта амгинского яруса [Розанов, Репина, 1992] выведена из состава эвенкийской серии [Решения..., 1989]. В Байkitской зоне эвенкийская свита подразделяется на две подсвиты [Мельников, 2018; Конторович и др., 2021] (либо черноостровская и вельминская свиты в составе эвенкийской серии [Государственная..., 2010]) и согласно залегает на породах оленчиминской свиты. Общая мощность эвенкийской свиты (серии) 400–640 м [Розанов, Репина, 1992], в Байkitско-Катангском районе

470–510 м [Мельников, 2018]. Суммарная мощность черноостровской свиты (отвечающей нижней подсвите эвенкийской серии), вскрытой в скважине ВТ-1 составляет 245,1 м [Васильев, 1990; Государственная..., 2010], в параметрической скважине Полигусская-1 — 266 м [Зощенко, 1979; Государственная..., 2010]. Общая мощность вельминской свиты, соответствующей (средне-) верхнеэвенкийской подсвите, в скважине ВТ-1 составляет 188 м [Васильев, 1990; Государственная..., 2010], в параметрической скважине Полигусская-1 — 237 м [Зощенко, 1979; Государственная..., 2010]. Возраст эвенкийской свиты устанавливается по ее положению относительно фаунистически охарактеризованных отложений нижнего кембрия и нижнего ордовика, а также на основании находок трилобитов. Это *Kuraspis obscura* N. Tchern. (в 120–106 м ниже кровли), *Pesaiella polyarica* (Ros.) (105–98 м от кровли), *Factura premiera* Ros., *F. infida* Laz., *Kuraspis* aff. *similis* N. Tchern. (в 97–65 м от кровли) по [Розанов, Репина, 1992], что соответствует майскому ярусу среднего кембрия — аксайскому ярусу верхнего кембрия. В низах среднеэвенкийской подсвиты по р. Камо найдены *Kuraspis obscura* N. Tchern., *K. ci. similis* N. Tchern., *Pseudokuraspis* Pokrovskaja [Ковригина, 1981]. На правом берегу р. Вельмо, в 0,7 км ниже о-ва Тобольских, и по р. Подкаменной Тунгуске, в 5 км ниже устья р. Вельмо, в верхнеэвенкийской подсвите собраны трилобиты *Wilbernia* sp., *Pesaiella* sp., *Balaganella* sp., *Cederinella* sp., что позволило исследователям [Фомин, 1967; Ковригина, 1981] датировать вмещающие отложения как верхнекембрийские. В нижнеэвенкийской подсвите фауна не обнаружена.

Далее приводится краткое описание подсвит эвенкийской свиты по [Мельников, 2018]. Нижняя подсвита (220–325 м) сложена в основании пачкой однообразных красных, реже зеленых, алевролитистых доломитовых мергелей. Мергели часто соленосные, песчанистые, с многочисленными слоями серых глинистых доломитов и известняков. Вышележащая пачка имеет более терригенный состав: преоблада-

Рис. 1. Положение исследуемого разреза эвенкийской свиты. А — стратиграфическое; Б, В — в региональном плане (пунктирная линия — граница Сибирской платформы); Г — на геологической карте [Государственная..., 2010] (нижнеэвенкийской подсвите соответствует обозначение $E_2\delta o$, верхнеэвенкийской — $E_3\gamma m$); Д — общий вид. Красным прямоугольником обозначено положение разреза на юго-западной периферии Среднесибирского плоскогорья, к северу от Енисейского кряжа



ют доломитистые аргиллиты, алевролиты, мергели, песчаники. Верхняя подсвита по составу более карбонатная (190–205 м) и представлена красноцветными доломитами, доломитовыми мергелями, алевролитами. Мергели вишнево-бурые, пятнами зеленые, алевроитовые и песчано-алевритовые, с прослоями аргиллитов, прожилками розового образуют тонкие (1–2 м) слои среди мергелей. Нижняя подсвита эвенкийской свиты отнесена к майскому ярусу среднего кембрия, а верхняя (и средняя) — к верхнему кембрию [Мельников, 2018; Сухов и др., 2021] (рис. 1, А).

Разрез эвенкийской свиты изучен на правом берегу р. Подкаменная Тунгуска близ поселка Суломая (Эвенкийский муниципальный район Красноярского края) и соответствует нижнеэвенкийской подсвите. На [Государственная..., 2010] эти отложения выделены отдельно в черноостровскую свиту эвенкийской серии (рис. 1). Из-за интенсивного разрушения разреза в результате деятельности оползневых и микро-селевых процессов, конкретные отложения изучались на пяти участках, где можно было провести расчистку. Расстояние (вдоль русла) между участками 1 и 2 составляет 92,5 м, 2 и 3 — 150 м, 3 и 4 — 25 м, 4 и 5 — 15 м.

Методы. Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) выполнена с применением оптико-эмиссионного спектрометра iCAP 7400 Duo (Thermo Fisher Scientific, США), по методике СТО ТГУ 173-2023 (ФР.1.31.2023.46482) Методика измерений массовых

долей окислов натрия, магния, алюминия, кремния, фосфора, калия, кальция, титана, марганца и железа в горных породах атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой. На основе результатов выполнен расчет нормативного минерального состава с применением программы MINLITH [Розен и др., 2000, Rosen et al., 2004]. Ошибка вычислений по программе MINLITH для большинства случаев находится в пределах 5–15 отн.%, и только при содержаниях минерала менее 5 масс.%, она достигает 60–70 отн.% [Розен, Аббясов, 2003]. По этой причине в текущем исследовании приводятся данные по наиболее значимым в процентном отношении содержаниям минералов.

Результаты. Характеристика разреза. Изученный разрез эвенкийской свиты начинается от уреза воды и представлен снизу-вверх:

1. Доломиты серо-зеленые, плотные, мелкозернистые, тонкоплитчатые. В нижней части преимущественно неяснослоистые, сгустко-комковатые, переходящие в тонкослоистые, иногда с розовыми прослоями, и, далее по горизонтали, в строматолитовые. В отдельных прослоях кальцит выполняет трещины. Слои выдержаны, хорошо прослеживаются на расстоянии более 100 м, залегают субгоризонтально (угол падения 6°). Мощность 1,5 м.

Выше перерыв в обнажении (7 м). Плохо стратифицированные, возможно, переотложенные в результате оползания склона, алевролиты, перекрытые перенесенным рекой щебнем и валунным материалом, уплотненным льдом.

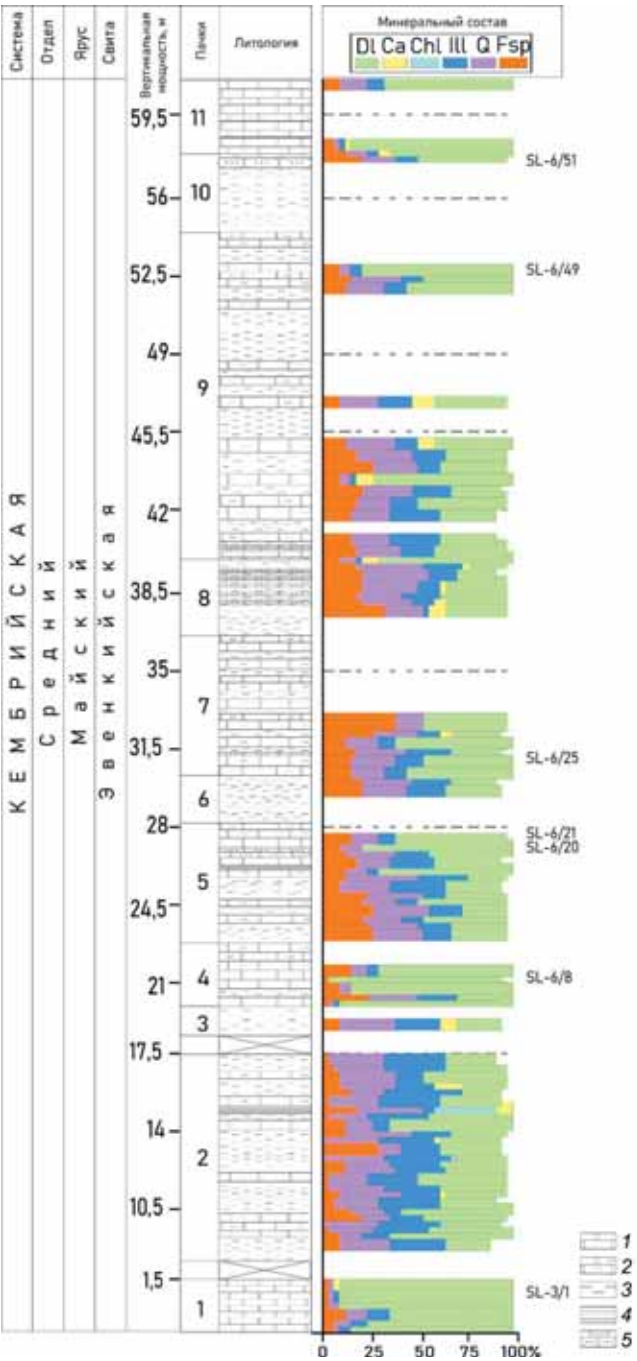


Рис. 2. Разрез эвенкийской свиты на р. Подкаменная Тунгуска. Условные обозначения: Литология: 1 — доломиты, 2 — доломиты алевро-глинистые, 3 — алевролиты доломитовые, 4 — аргиллиты, 5 — песчаники. Минеральный состав: Q — кварц, минералы кремнезема, Fsp — полевые шпаты, Ill — гидрослюда (иллит) и слюды, Chl — хлорит, Ca — кальцит, Dl — доломит. Буквенное обозначение (SL-3/1) — образцы, представленные на рис. 3

2. Алевролиты доломитовые (смешанные алевро-глинисто-доломитовые породы) красно-бурые, с зелеными пятнами, реже зеленые, тонкоплитчатые (в сухом состоянии), иногда рыхлые и комковатые. На поверхностях напластования иногда отмечают пластинки слюд. Чередуются с маломощными (1–5 см) прослоями аргиллитов красно-бурых. Алевролиты и аргиллиты переслаиваются с прослоями доломитов алевро-глинистых (терригенная примесь

до 35%), серо-зеленых и зеленых с оранжевыми пятнами мелкозернистых, микрослоистых, иногда микропористых. В отдельных прослоях кальцит выполняет трещины. Мощность 8,6 м.

Выше перерыв в обнажении — осыпь (2 м).

3. Алевролиты доломитовые красно-бурые, рыхлые и комковатые, аналогичные вышеописанным. Мощность 1,5 м.

4. Доломиты зеленые, аналогичные описанным в (1), чередующиеся с доломитами алевро-глинистыми, аналогичными вышеописанным (2), с прослоями алевролитов, аналогичных (2) и (3). Мощность 3,15 м.

5. Переслаивающиеся алевролиты доломитовые зеленые, тонкоплитчатые, аналогичные (2) с линзами и прослоями аргиллитов красно-бурых, и доломиты. Доломиты серо-зеленые, аналогичные (1) и алевро-глинистые, красно-бурые с зелеными пятнами, аналогичные (2). Переход между доломитами с разным содержанием терригенного материала в четкий, различимый в пределах одного слоя. В верхней части пачки — тонко- и мелкозернистый песчаник доломитовый (15 см), красно-бурый, пологоволнистой слоистостью в нижней части слоя и текстурами синседиментационных деформаций в верхней. Мощность 4,7 м.

6. Алевролиты, аналогичные (2). Мощность 2,4 м.

7. Переслаивающиеся алевролиты и доломиты, аналогичные пачке (5), с реликтовыми пустотами выщелачивания ангидрита. Мощность 5,5 м.

8. Алевролиты красно-бурые с зелеными пятнами, тонкоплитчатые, аналогичные вышеописанным, переслаивающиеся с мелкозернистыми песчаниками доломитовыми. Далее постепенно переходят в доломиты алевро-глинистые. Мощность 4 м.

9. В нижней части пачки прослои, представляющие тонкослоистое чередование доломитов зеленых, алевро-глинистых, мелкозернистых, алевролитов красно-бурых с зелеными пятнами и песчаников доломитовых крупнозернистых, субгоризонтально слоистых. Выше слои доломитов (до 50 см) алевро-глинистых, красно-бурых с зелеными пятнами, пластинками слюд на поверхности напластования. Переходят в алевролиты зелено-серые, аналогичные вышеописанным. Выше залегают прослои доломитов серо-зеленых, с терригенной примесью до 15%, тонкозернистых, неяснослоистых, с редкими порами (менее 0,5 мм), переслаивающиеся с алевролитами. В верхней части пачки — доломиты алевро-глинистые, розово-серые, полосчатые (за счет терригенного материала), с интракластами (2–3 мм), пятнами и линзами аргиллитов, а также прослоями мелкозернистого песчаника известковистого. Мощность 13 м.

10. Алевролиты, аналогичные вышеописанным. В верхней части пачки — слой мелкозернистого песчаника кварц-полевошпатового с прослоем крупнозернистого. Зерна плохо сортированы и разноориентированы. Слоистость — градационная. Мощность 4,5 м.

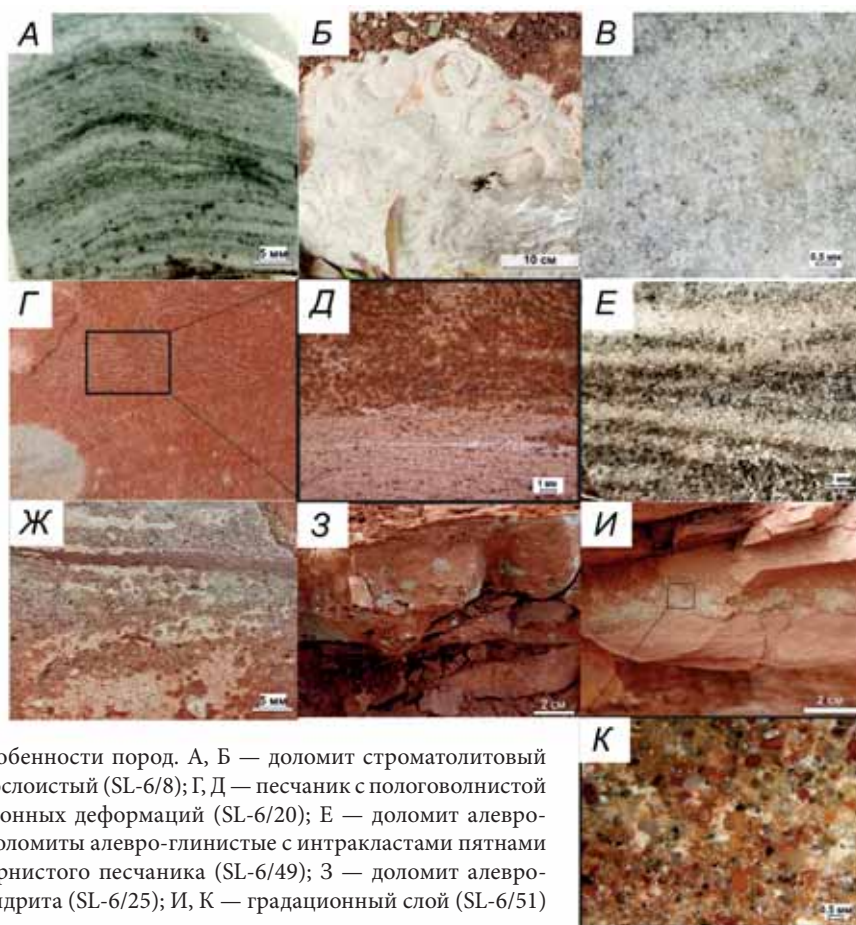


Рис. 3. Макроструктурные и текстурные особенности пород. А, Б — доломит строматолитовый (SL-3/1); В — доломит тонкозернистый, тонкослоистый (SL-6/8); Г, Д — песчаник с пологоволнистой слоистостью и текстурами конседиментационных деформаций (SL-6/20); Е — доломит алевроглинистый, тонкослоистый (SL-6/21); Ж — доломиты алевро-глинистые с интракластами пятнами и линзами аргиллитов, прослоями мелкозернистого песчаника (SL-6/49); З — доломит алевроглинистый с пустотами выщелачивания ангидрита (SL-6/25); И, К — градационный слой (SL-6/51)

11. Доломиты алевроитистые, красно-бурые, с редкими серыми пятнами, тонко- и мелкозернистые, неясно- и тонкослоистые. По трещинам развигается кальцит. Мощность 3,5 м.

Общая мощность разреза — 61,4 м. Сводный разрез представлен на рис. 2, структурные и текстурные особенности — рис. 3.

Геохимическая характеристика. Содержание главных петрогенных окислов приведены в табл. 1. Для изученных пород эвенкийской свиты характерны широкие вариации в содержании приведенных окислов из-за наличия как карбонатных, так и преимущественно терригенных по составу литотипов.

Для доломитов содержания SiO_2 4,38–14,79% (в среднем 9%), TiO_2 0,07–0,22%, Al_2O_3 0,52–2,7% (в среднем 1,6%), Fe_2O_3 0,33–1,12%, MnO 0,12–0,25%, MgO от 16,63 до 23,43% (в среднем 19,71%), CaO в пределах 24,49–29,79%, Na_2O в среднем 0,04%, K_2O до 1,5%, P_2O_5 в среднем составляет 0,03%. Для алевролитов доломитовых и песчаников SiO_2 от 13,77 до 57,02% (в среднем 45,9%), TiO_2 в среднем 0,78%, Al_2O_3 1,09–15,06% (в среднем 9,72%), Fe_2O_3 0,42–8,65%, MnO в среднем 0,1%, MgO 4,27–19,01% (в среднем 8%), CaO в широком диапазоне 4,44–24,49%, Na_2O в среднем 0,07%, K_2O от 1,1 до 6,34%, P_2O_5 в среднем составляет 0,15%. На основе содержания главных петрогенных окислов далее выполнен расчет нормативного минерального состава.

Нормативный минеральный состав. Вариации по разрезу минерального состава, пересчитанного по методу О.М. Розена, представлены на рис. 2 и в табл. 2. Согласно нормативному расчету, породы содержат до 36% кварца (и иных минералов кремнезема), также до 36% полевых шпатов, гидрослюда и слюды (иллит и мусковит) в среднем составляют 15% (максимум 38%). Содержание доломита достигает 91% (в среднем 45%). Отмечается наличие в отдельных образцах хлорита (до 32%). Содержание кальцита не велико — до 14% (в среднем 1%). Наибольшее содержание слоистых силикатов отмечается в пачках 2 и 3, в породах пачек 5, 7, 8 нарастает вклад калиевых полевых шпатов (КПШ).

Необходимо отметить, что в формулу иллита в MINLITH включены железо и магний, в результате чего молекулярная масса минерала значительно увеличивается, а в итоговый расчет попадают также слюды (биотит, мусковит). В породах эвенкийской свиты часто отмечаются обломочные слюды, в связи с чем при дальнейшей интерпретации большее внимание будет уделяться количеству КПШ.

Обсуждение. Перед обсуждением возможных обстановок формирования эвенкийской свиты (рис. 4), необходимо дать краткое определение двум единицам зонального районирования прибрежной полосы моря. Это супралитораль (надприливная зона) — прибрежная суша, находящаяся выше

Таблица 1

Химический состав пород эвенкийской свиты (масс. %)

Образец	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	S	ППП	Σ
SL-1/1	11,13	2,73	0,90	0,14	19,06	25,98	0,04	1,45	0,22	0,04	0,01	37,96	99,66
SL-1/2	10,09	2,34	0,82	0,15	19,48	26,49	0,04	1,26	0,21	0,04	0,01	38,93	99,86
SL-1/3	8,87	1,86	0,69	0,15	19,66	27,23	0,04	1,03	0,16	0,03	0,01	39,69	99,43
SL-1/4	16,81	4,29	1,41	0,14	17,98	24,01	0,05	1,95	0,36	0,06	0,01	32,46	99,54
SL-1/5	25,62	5,66	1,67	0,11	15,04	19,55	0,06	2,90	0,48	0,10	0,01	28,20	99,41
SL-1/6	6,84	1,28	0,53	0,15	20,61	29,03	0,05	0,73	0,10	0,02	0,01	40,20	99,55
SL-2/1	14,79	2,29	0,71	0,12	18,39	25,44	0,04	1,38	0,17	0,04	0,01	36,44	99,81
SL-2/2	4,38	0,88	0,43	0,13	20,32	29,79	0,03	0,43	0,07	0,02	0,01	43,05	99,55
SL-3/1	5,66	1,19	0,52	0,14	20,73	29,47	0,04	0,57	0,11	0,02	0,03	41,26	99,74
SL-4/1	46,55	11,23	7,77	0,08	8,32	7,49	0,10	4,19	1,10	0,19	0,01	12,47	99,50
SL-4/2	25,89	5,38	1,76	0,12	15,48	20,29	0,05	2,34	0,43	0,07	0,01	27,96	99,78
SL-4/3	40,29	10,52	6,04	0,08	7,98	13,73	0,09	3,31	0,73	0,12	0,02	16,79	99,70
SL-4/4	45,63	11,92	6,91	0,08	8,36	8,79	0,08	3,04	0,86	0,15	0,01	13,78	99,61
SL-4/5	37,50	9,02	3,98	0,08	10,66	13,01	0,06	4,81	0,35	0,13	0,01	19,98	99,60
SL-4/6	32,32	6,21	2,13	0,10	13,50	17,76	0,05	3,36	0,47	0,09	0,01	23,76	99,76
SL-4/7	45,08	11,67	6,53	0,07	8,49	8,86	0,07	3,83	0,89	0,16	0,01	13,85	99,52
SL-4/8	47,41	8,45	2,59	0,07	7,21	14,01	0,06	3,48	0,78	0,15	0,01	15,34	99,57
SL-4/9	46,56	10,87	4,92	0,08	8,91	9,62	0,07	3,25	0,86	0,16	0,01	14,23	99,53
SL-4/10	36,74	8,87	3,31	0,10	11,81	14,18	0,05	2,63	0,70	0,14	0,01	21,14	99,68
SL-5/1	46,50	10,72	5,39	0,08	7,35	9,81	0,08	4,30	0,88	0,15	0,01	14,21	99,48
SL-5/2	44,52	9,83	3,06	0,09	9,37	11,26	0,06	3,92	0,99	0,20	0,01	16,28	99,58
SL-5/3	50,13	12,45	6,16	0,07	7,61	7,14	0,08	3,22	1,05	0,19	0,01	11,65	99,75
SL-5/4	42,02	11,19	5,46	0,08	8,73	10,34	0,08	6,35	0,90	0,14	0,01	14,33	99,61
SL-5/5	44,11	9,59	3,62	0,08	8,12	13,33	0,07	2,57	0,75	0,14	0,02	17,30	99,68
SL-5/6	52,09	8,49	3,06	0,07	7,95	9,35	0,07	3,48	0,65	0,11	0,01	14,29	99,63
SL-5/7	26,80	4,86	1,40	0,12	14,38	19,47	0,05	2,53	0,41	0,09	0,01	29,35	99,46
SL-5/8	39,73	11,52	6,69	0,09	9,57	10,81	0,09	3,56	0,90	0,15	0,01	16,41	99,52
SL-5/9	54,65	11,78	8,65	0,07	6,00	4,44	0,10	3,20	1,15	0,18	0,01	9,30	99,53
SL-5/10	44,56	10,88	3,83	0,09	9,10	10,18	0,10	3,33	0,83	0,15	0,01	16,44	99,48
SL-5/11	48,04	15,06	7,74	0,06	6,25	5,08	0,10	5,76	1,07	0,17	0,01	10,42	99,76
SL-5/12	45,57	8,16	2,11	0,08	5,66	16,81	0,08	3,07	0,72	0,16	0,02	17,11	99,54
SL-6/1	41,85	6,76	2,53	0,09	9,74	13,92	0,13	2,74	0,73	0,14	0,01	20,93	99,57
SL-6/2	46,16	12,18	7,01	0,08	8,09	7,29	0,08	4,07	0,96	0,16	0,01	13,36	99,46
SL-6/3	47,53	11,67	5,54	0,08	8,28	8,18	0,09	3,55	0,88	0,17	0,01	13,55	99,52
SL-6/4	46,72	9,21	3,87	0,08	5,11	14,48	0,07	3,59	0,83	0,16	0,02	15,62	99,75
SL-6/5	5,30	1,16	0,51	0,20	20,32	28,76	0,02	0,55	0,09	0,02	0,01	42,73	99,67
SL-6/6	52,15	11,05	3,96	0,08	6,68	7,00	0,11	5,57	0,80	0,16	0,01	12,20	99,77
SL-6/7	13,77	1,09	0,42	0,17	19,01	24,49	0,04	1,11	0,11	0,03	0,01	39,42	99,66
SL-6/8	4,91	0,52	0,33	0,22	23,43	26,50	0,03	0,53	0,08	0,02	0,01	42,91	99,49
SL-6/9	22,69	4,15	1,09	0,14	15,71	21,19	0,05	2,63	0,33	0,07	0,01	31,59	99,65
SL-6/10	49,99	9,51	2,90	0,10	7,30	9,08	0,07	5,49	0,72	0,14	0,43	13,80	99,53
SL-6/11	49,10	9,61	3,05	0,10	6,82	10,18	0,07	5,43	0,77	0,15	0,03	14,42	99,72
SL-6/12	39,53	7,42	3,02	0,12	10,02	13,54	0,08	4,24	0,56	0,11	0,01	21,03	99,69

Образец	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	S	ППП	Σ
SL-6/13	54,63	9,84	2,88	0,08	6,40	7,07	0,10	5,67	0,90	0,19	0,01	11,87	99,64
SL-6/14	36,19	8,00	2,77	0,09	10,45	14,87	0,06	4,39	0,61	0,12	0,03	22,19	99,77
SL-6/15	49,33	8,95	4,14	0,09	7,24	8,90	0,07	5,15	0,74	0,16	0,57	14,24	99,58
SL-6/16	46,18	10,73	5,06	0,07	8,05	9,37	0,07	3,91	0,84	0,14	0,01	15,26	99,70
SL-6/17	57,02	10,54	3,46	0,08	5,86	6,59	0,08	4,27	0,75	0,14	0,01	10,98	99,79
SL-6/18	21,36	3,90	1,26	0,17	15,54	21,39	0,05	2,29	0,32	0,06	0,01	33,22	99,56
SL-6/19	40,17	10,23	3,24	0,14	9,87	11,05	0,08	4,63	0,87	0,15	0,01	19,10	99,55
SL-6/20	42,79	7,38	2,39	0,12	10,00	13,13	0,06	3,28	0,59	0,13	0,01	19,60	99,49
SL-6/21	16,80	2,57	0,93	0,19	17,16	23,64	0,04	1,80	0,23	0,05	0,01	36,35	99,77
SL-6/22	29,70	5,12	2,58	0,18	13,51	18,17	0,04	2,95	0,46	0,11	0,11	26,65	99,57
SL-6/23	47,90	10,49	5,79	0,08	7,40	8,31	0,07	5,07	0,84	0,15	0,01	13,61	99,72
SL-6/24	49,55	10,66	5,64	0,07	7,21	7,11	0,08	5,31	0,78	0,15	0,01	13,10	99,68
SL-6/25	32,93	6,85	2,53	0,14	11,99	16,29	0,06	3,49	0,49	0,09	0,01	24,77	99,63
SL-6/26	39,77	6,64	2,60	0,13	10,63	14,66	0,05	3,48	0,77	0,15	0,01	20,70	99,59
SL-6/27	49,44	10,44	4,45	0,10	7,50	8,35	0,07	4,97	0,80	0,16	0,01	13,38	99,66
SL-6/28	29,50	5,59	2,51	0,15	13,10	18,10	0,05	2,78	0,49	0,09	0,01	27,33	99,70
SL-6/29	45,88	9,16	3,37	0,12	5,98	13,25	0,06	5,60	0,74	0,15	0,01	15,15	99,47
SL-6/30	40,41	6,96	1,97	0,12	9,44	13,99	0,05	6,15	0,62	0,12	0,01	19,83	99,67
SL-6/31	42,04	6,40	1,30	0,16	7,20	16,88	0,05	5,33	0,54	0,13	0,02	19,50	99,54
SL-6/32	45,76	7,30	1,73	0,14	7,37	14,36	0,06	4,20	0,60	0,13	0,01	17,92	99,60
SL-6/33	43,97	9,48	2,79	0,11	9,11	11,25	0,06	4,69	0,70	0,14	0,01	17,20	99,50
SL-6/34	48,13	8,38	2,14	0,13	7,19	12,22	0,09	4,80	0,61	0,14	0,01	15,88	99,72
SL-6/35	54,58	9,28	4,56	0,09	4,27	9,26	0,08	5,04	0,84	0,20	0,01	11,28	99,48
SL-6/36	55,64	9,63	2,56	0,09	4,68	9,17	0,09	4,82	0,71	0,16	0,01	11,99	99,54
SL-6/37	15,97	3,32	0,91	0,24	15,45	26,42	0,09	1,97	0,26	0,05	0,01	34,87	99,56
SL-6/38	43,86	8,56	3,13	0,12	8,47	12,14	0,13	4,31	0,62	0,14	0,01	18,04	99,53
SL-6/39	43,23	11,98	6,93	0,09	8,31	8,75	0,07	5,05	0,87	0,16	0,01	14,22	99,67
SL-6/40	43,39	11,14	6,09	0,09	8,41	9,29	0,07	4,81	0,88	0,17	0,01	15,36	99,72
SL-6/41	36,23	8,50	2,77	0,13	10,75	14,51	0,09	4,51	0,72	0,16	0,01	21,41	99,79
SL-6/42	48,91	10,49	5,08	0,09	7,28	8,10	0,07	5,23	0,78	0,17	0,01	13,46	99,65
SL-6/43	12,58	2,41	0,65	0,23	16,63	28,79	0,04	1,54	0,21	0,05	0,00	36,57	99,70
SL-6/44	45,24	8,89	2,07	0,11	8,00	12,48	0,08	5,53	0,73	0,15	0,01	16,30	99,59
SL-6/45	48,44	8,82	2,39	0,11	7,74	10,93	0,06	4,47	0,75	0,17	0,01	15,88	99,77
SL-6/46	38,92	6,03	1,36	0,17	8,83	18,95	0,05	3,03	0,55	0,12	0,02	21,56	99,59
SL-6/47	36,04	8,16	2,08	0,18	9,25	19,52	0,06	3,32	0,60	0,12	0,01	20,31	99,65
SL-6/48	32,84	5,85	1,16	0,16	13,00	17,73	0,05	3,05	0,43	0,10	0,01	25,25	99,62
SL-6/49	39,68	6,56	1,87	0,15	10,88	14,59	0,05	3,52	0,55	0,12	0,01	21,77	99,76
SL-6/50	14,44	2,58	0,64	0,28	17,99	25,33	0,03	1,57	0,22	0,04	0,01	36,51	99,64
SL-6/51	36,54	7,69	2,64	0,14	11,01	14,79	0,06	4,59	0,60	0,13	0,02	21,43	99,64
SL-6/52	22,63	3,19	1,10	0,21	14,47	24,61	0,04	2,04	0,25	0,07	0,04	30,92	99,57
SL-6/53	9,68	1,67	1,13	0,25	18,92	28,95	0,04	0,97	0,15	0,03	0,12	37,78	99,70
SL-6/54	24,55	4,07	1,44	0,18	15,38	21,65	0,04	2,23	0,35	0,10	0,01	29,67	99,66

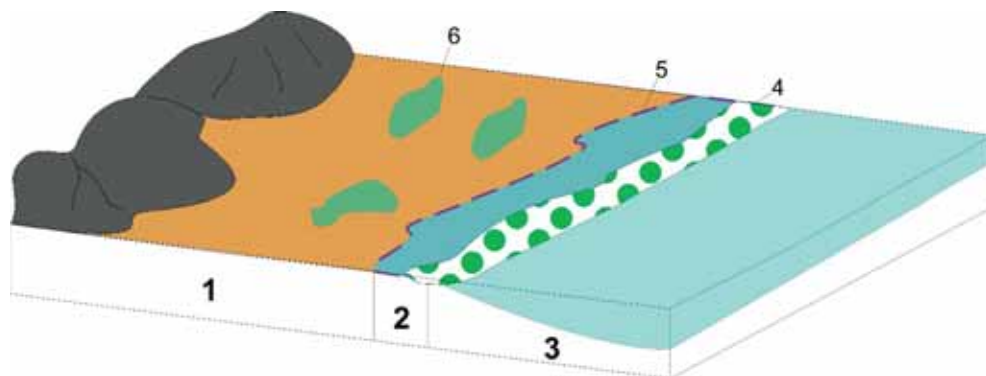
Таблица 2

Нормативный минеральный состав пород эвенкийской свиты

Образец	Fsp	Q	Ill	Chl	Ca	DI	Образец	Fsp	Q	Ill	Chl	Ca	DI
SL-1/1	6,2	4,3	4,6	0,0	0,0	83,1	SL-6/13	26,1	29,5	15,5	0,0	0,0	22,6
SL-1/2	5,6	4,0	3,8	0,0	0,0	84,7	SL-6/14	18,7	17,2	13,5	0,0	0,0	45,9
SL-1/3	4,7	4,2	2,9	0,0	0,0	87,1	SL-6/15	23,4	26,9	14,3	0,0	0,0	28,7
SL-1/4	6,6	7,0	8,7	0,0	0,0	74,9	SL-6/16	8,4	26,4	27,8	0,0	0,0	30,1
SL-1/5	11,7	11,7	10,3	0,0	0,0	62,5	SL-6/17	12,0	36,4	25,3	0,0	0,0	21,0
SL-1/6	3,6	3,4	1,7	0,0	0,1	89,7	SL-6/18	10,9	11,4	5,7	0,0	0,0	69,9
SL-2/1	6,5	8,5	3,1	0,0	0,0	80,7	SL-6/19	16,1	17,9	22,5	0,0	0,0	36,2
SL-2/2	2,0	2,3	1,5	0,0	2,2	90,7	SL-6/20	10,9	27,2	16,1	0,0	0,0	42,1
SL-3/1	2,4	2,8	2,1	0,0	0,6	90,6	SL-6/21	9,7	9,1	2,3	0,0	0,0	77,0
SL-4/1	9,9	24,0	28,6	0,0	0,0	23,8	SL-6/22	13,1	16,5	8,0	0,0	0,0	58,3
SL-4/2	7,3	13,9	11,6	0,0	0,0	63,8	SL-6/23	18,8	24,3	21,3	0,0	0,0	26,6
SL-4/3	3,7	22,4	28,3	0,0	0,0	32,2	SL-6/24	20,9	24,8	21,2	0,0	0,0	23,0
SL-4/4	0,8	27,4	32,0	4,3	0,0	27,8	SL-6/25	13,9	17,4	12,8	0,0	0,0	52,6
SL-4/5	19,9	15,6	16,1	0,0	0,0	41,9	SL-6/26	13,9	24,1	11,9	0,0	0,0	46,4
SL-4/6	13,8	16,5	10,4	0,0	0,0	55,6	SL-6/27	18,0	26,2	21,6	0,0	0,0	26,7
SL-4/7	5,4	24,2	32,1	0,0	0,0	28,2	SL-6/28	10,7	17,0	10,8	0,0	0,0	58,2
SL-4/8	9,6	30,1	19,3	0,0	5,3	29,9	SL-6/29	25,7	22,0	12,8	0,0	5,4	25,5
SL-4/9	2,3	28,0	31,2	0,0	0,0	30,4	SL-6/30	35,8	16,2	0,9	0,0	0,0	42,4
SL-4/10	1,6	21,7	25,6	0,0	0,0	45,2	SL-6/31	30,2	20,7	2,3	0,0	10,4	32,2
SL-5/1	11,6	26,0	25,5	0,0	0,0	30,7	SL-6/32	18,7	27,5	11,4	0,0	5,9	32,1
SL-5/2	10,3	24,9	23,6	0,0	0,0	35,5	SL-6/33	17,8	22,5	18,7	0,0	0,0	36,2
SL-5/3	0,8	30,7	34,1	3,9	0,0	22,4	SL-6/34	21,4	27,1	13,0	0,0	2,2	31,0
SL-5/4	27,5	13,7	17,8	0,0	0,0	32,6	SL-6/35	21,2	32,2	15,8	0,0	1,3	17,7
SL-5/5	0,6	29,3	26,7	1,5	2,6	32,0	SL-6/36	18,8	34,1	18,5	0,0	3,0	19,5
SL-5/6	10,1	34,7	19,9	0,0	0,0	30,0	SL-6/37	9,7	7,2	4,4	0,0	7,7	68,4
SL-5/7	10,4	15,3	8,8	0,0	0,0	63,0	SL-6/38	17,8	24,4	15,8	0,0	0,0	36,9
SL-5/8	3,6	20,0	32,4	0,0	0,0	34,3	SL-6/39	15,0	18,4	27,8	0,0	0,0	27,9
SL-5/9	16,8	33,7	6,9	32,4	6,9	1,5	SL-6/40	15,1	20,1	25,4	0,0	0,0	29,8
SL-5/10	3,3	26,2	31,1	0,0	0,0	32,7	SL-6/41	18,8	16,2	14,9	0,0	0,0	46,2
SL-5/11	14,2	19,1	38,3	0,0	0,0	16,1	SL-6/42	20,2	24,9	20,7	0,0	0,0	25,9
SL-5/12	7,3	30,1	20,0	0,0	14,6	23,4	SL-6/43	7,5	5,8	2,8	0,0	9,0	72,7
SL-6/1	8,8	28,5	15,4	0,0	0,0	42,8	SL-6/44	26,0	21,6	11,8	0,0	0,6	34,6
SL-6/2	6,4	24,0	33,8	0,0	0,0	23,5	SL-6/45	17,3	28,5	16,8	0,0	0,0	33,4
SL-6/3	3,3	27,5	33,6	0,0	0,0	26,1	SL-6/46	11,6	24,8	11,3	0,0	10,8	38,1
SL-6/4	9,0	29,1	22,2	0,0	9,9	20,7	SL-6/47	8,9	19,5	18,5	0,0	10,3	38,4
SL-6/5	2,1	2,7	2,3	0,0	0,4	90,9	SL-6/48	12,2	19,0	10,5	0,0	0,0	56,4
SL-6/6	22,4	26,5	21,3	0,0	0,0	22,4	SL-6/49	14,7	23,9	11,5	0,0	0,0	46,9
SL-6/7	7,0	8,0	0,0	0,0	0,0	81,4	SL-6/50	7,4	7,6	3,5	0,0	0,0	79,6
SL-6/8	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	87,2	SL-6/51	21,0	16,6	11,2	0,0	0,0	47,2
SL-6/9	12,9	11,1	5,2	0,0	0,0	68,4	SL-6/52	9,9	13,5	3,8	0,0	6,6	63,1
SL-6/10	24,6	26,1	15,1	0,0	0,0	29,1	SL-6/53	4,5	5,2	2,3	0,0	3,4	81,6
SL-6/11	23,7	25,6	15,5	0,0	0,0	29,3	SL-6/54	9,4	14,4	6,6	0,0	0,0	67,0
SL-6/12	19,3	21,1	11,7	0,0	0,0	43,8							

Примечание. Q — кварц, минералы кремнезема, Fsp — полевые шпаты, Ill — гидрослюды (иллит) и слюды, Chl –хлорит, Ca — кальцит, DI — доломит.

Рис. 4. Схема палеогеографических обстановок в период формирования эвенкийской свиты (не в масштабе). 1 — супралитораль (себха), 2 — литораль, 3 — сублитораль, 4 — строматолиты, 5 — граница высокого прилива, 6 — соленые бессточные озера, образующиеся в регрессивную стадию



уровня максимального прилива. Супралиторальная зона редко затопляется, в основном во время си- зигийных приливов в условиях штормовых нагонов [Долотов, 2010]. И литораль (приливно-отливная зона) — область, которая затопляется во время при- лива и осушается во время отлива [Монин, 1977].

Согласно фациально-палеогеографической схеме Сибирской платформы для майского века кембрия [Сухов и др., 2016], область развития по- род эвенкийской свиты лежит в поле надприливных равнин/себх. Условия накопления эвенкийской свиты в Нижнем Приангарье определяют [Жарков, 1968] как относительно мелководные, но удален- ные от берега. Пачки тонких терригенных пород (алевролитов, аргиллитов) в основании свиты, по мнению авторов [Жарков, 1968], свидетельствуют о быстрой трансгрессии, удаленности береговой линии (с материка доносился только тонкий тер- ригенный материал) и преобладании химического выветривания в области денудации. Дальнейшие изменения условий осадконакопления в значи- тельной степени были связаны с колебаниями положения береговой линии и глубины бассейна. Так, в регрессивную стадию усиливался привнос материала псаммитовой размерности и происходила садка гипса. С трансгрессивными этапами связано образование прослоев известняков, водорослевых доломитов. Наличие в породах каверн от выщела- чивания каменной соли, гипса, глиптоморфоз по каменной соли отражают периоды возникновения замкнутых участков бассейна.

Существует гипотеза формирования эвенкий- ской свиты с ведущей ролью процессов штормовой седиментации [Сараев и др., 2004]. Развитие гра- дационной, волнистой, полого-косой слоистости, присутствие признаков периодического размыва, брекчирования, взмучивания осадков, наличие слойков обломочных слюд интерпретируется как свидетельство принадлежности пород эвенкийской свиты к «дистальным штормовым отложениям, накапливающимся на глубинах вблизи базиса ката- строфического волнения» [Сараев и др., 2004].

Рассмотрим подробнее вышеперечисленные обстановки и аспекты.

Себха — специфичный структурно-морфоло- гический тип эвапоритовых отложений, накапли- вающихся преимущественно в субаэральных при-

брежных обстановках, где осаждение солей связано с испарением поднимающихся через рыхлые осадки грунтовых вод [Геологический..., 2010]. Существуют себхи прибрежные и континентальные [Reading, 1996]. При этом прибрежная себха может без за- метного изменения морфологии переходить в кон- тинентальную, и наоборот — по мере продвижения прибрежной равнины и замены морских рассолов континентальными водами [Reading, 1996]. Прибреж- ные себхи образуются в условиях: 1) надприливных отмелей выше уровня моря, вдоль защищенных от волнового воздействия побережий; 2) депрессионных форм между дюнами или песчаными грядами; 3) со- леных озер, питаемых морской водой; и 4) верхней части солончаков, соляных маршей [Reading, 1996]. Взгляды на деление себхи, ее границы и положение относительно уровня приливов разнятся. Б.Ш. Шрей- бером, М.Е. Такером и Р. Тиллом в соответствующей главе монографии [Обстановки..., 1990] приводится следующее зонирование, основанное на изучении современных себх южного побережья Персидского залива. Так, в современных обстановках морских окраин, ассоциированных с себхами, присутствуют рифы, оолитовые отмели, приливно-отливные кана- лы, лагуны (сублиторальная и нижняя литоральная зоны), водорослевые маты (верхняя литораль) и соб- ственно себха (надлиторальная зона).

Верхняя литораль, или зона цианобактериаль- ных матов, является — по этому делению — самой нижней частью себхи. Затем, по мере продвижения береговой линии в сторону моря, происходит сме- шение матов с привносимым с суши обломочным материалом и переход к выше расположенной зоне. Надлиторальная зона — собственно себха — в свою очередь подразделяется на три зоны. Общей ха- рактерной особенностью надлиторальной (супра- литоральной) части является развитие жил, линз, желваков гипса и ангидрита (в разной степени). Детальное расчленение современных отложений по профилю суша-море вдоль береговой линии Абу-Даби в окрестностях острова Аль-Канатир (Ар- Руфайк) иллюстрирует характерные особенности ассоциированных с себхой фациальных поясов [Strohmenger et al., 2012]:

1) верхняя часть себхи (верхняя супралитораль) представлена полигональной галитовой коркой со структурами «вигвама» (teepee structures);

2) средняя часть себхи (средняя супралиторальная зона) с белесоватыми полигонами ангидрита на поверхности;

3) нижняя часть себхи (нижняя надприливная часть) — характерна мягкая, блестящая поверхность, образуемая кристаллическим гипсом («гипсовая каша»);

4) верхняя литораль (приливная зона) — тонкие, «морщинистые» микробный маты;

5) средняя часть литорали — вздутые и куполообразные микробные маты;

6) нижняя литораль — мощные полигональные микробные маты с гладкой поверхностью, либо кучковатой (tufted-like);

7) приливо-сублиторальная зона — пелоидно-скелетная приливная равнина (лагунные и мелководные отложения приливных каналов), со следами брюхоногих моллюсков, вертикальными норками типа *Skolithos* и размытой волновой рябью.

Таким образом, приливо-отливные отмели, выполняющие обширные пространства побережий в районах с низкой энергией волн, тесно ассоциированы с себхами, но не всегда включаются в состав последних. Отмечают [Обстановки..., 1990], что для литоральных отмелей характерен непрерывный переход от преимущественно илистых, расположенных вблизи уровня высокой воды (верхняя литораль и супралитораль), до преимущественно песчаных, расположенных на участках низкой воды (сублитораль и нижняя литораль) [Evans, 1975; Klein, 1971; Reineck, 1967, 1972; Straaten, 1954, 1961].

В обзоре [Longhitano et al., 2012] обсуждаются аспекты палеогеографической реконструкции и моделирования древних приливных процессов и связанных с ними осадочных последовательностей. Такие обстановки формирования можно классифицировать в зависимости от диапазона приливов на мега- (более 8 м), макро- (4–8 м), мезо- (2–4 м) и микроприливные (диапазон приливов менее 2 м) [Hayes, 1979]. Если мега- и макроприливные среды диагностируются более ясно, то мезо- и микро-разновидности требуют более тщательного анализа. Мезоприливные системы часто характеризуются сложными ассоциациями сред осадконакопления, в которых приливные эффекты по-разному взаимодействуют с другими гидродинамическими процессами. Микроприливные системы осадконакопления обычно считаются преимущественно контролируемые волновыми процессами [Dean, Dalrymple, 2004], в то время как для мега- и мезоприливных систем основными образующими силами являются приливные течения. Микроприливные среды нередко находятся под воздействием эпизодических неприливных событий, искажающих первичную картину: периодическая эрозия под действием волн, штормов, речных паводков или ветрового нагона [Kvale et al., 1995]. Таким образом, чем выше амплитуда прилива, тем более четко бывают выражены соответствующие формы рельефа и тем большую

мощность получают толщи созданных приливами прибрежных отложений, но в сущности нагоны могут формировать подобные формы в меньшем масштабе [Зенкович, 1962].

Для приливных зон характерна слоистость переслаивания [Долотов, 2010] (или «приливные ритмы» [Longhitano et al., 2012]), связанная с чередованием действия приливо-отливных течений: песчаные прослои образуются при активизации течений, илистые — в периоды стоячей воды. На илистых равнинах отмечаются в основном мощные горизонты илов с маломощными прослоями песков [Долотов, 2010].

Для литоральных образований в составе карбонатно-соленосной формации венда-нижнего кембрия исследователями применяется термин «тайдалиты» [Кузнецов и др., 2000; Кузнецов, Журавлева, 2019]. На основе анализа отложений приливо-отливных зон (тайдалитов) и себх венда-кембрия, было показано строение слагающих их циклитов, а также отличие от современных себховых отложений [Кузнецов, Сухы, 1990; Кузнецов и др., 2000; Kuznetsov, Suchy, 1992]. Типовой трехчленный циклит является трансгрессивно-регрессивным. Начинается цикл в обстановке литорали и периодически возникающей супралиторали — себхи, формируются глинистые доломиты, домериты, аргиллиты известковые и доломитовые. Распространены водорослевые, строматолитовые доломиты, в которых присутствуют отдельные кристаллы и стяжения ангидрита. В виде линз и прослоев — плоскогалечные конгломераты, брекчии растворения и проседания, штормовые брекчии. С развитием трансгрессии в середине циклита устанавливаются нормально-морские условия, которым отвечают известняки (в том числе доломитизированные), практически лишенные терригенной примеси. Финальная регрессивная стадия способствует формированию тайдалитов и возврат условий литорали-супралиторали, но с более интенсивным осаждением сульфатов. Осушались карбонатные породы средней части циклита, поступление глинистого материала практически отсутствовало, что способствовало накоплению «чистых» доломитов, а также формировались столбчатые строматолиты и пласты ангидритов. Таким образом, показано [Кузнецов и др., 2000; Kuznetsov, Suchy, 1992], что себха, как аридная супралитораль, существовала в карбонатно-соленосном разрезе юга Сибирской платформы эпизодически, в определенные стадии.

В этом ключе важно обсудить факторы, влияющие на приливы. Существенное влияние на величину и характер приливов оказывают физико-географические условия моря (океана): конфигурация береговой линии, рельеф дна, глубины, размеры бассейна, наличие островов и т. д. [Егоров, 1974]. Одним из важных выводов динамической теории приливов Лапласа является решающее значение влияния характера рельефа дна на приливы. В частности, в мелководном бассейне происходит рассеи-

вание энергии прилива за счет трения о дно. Помимо этого, без широкого сообщения с океаническим бассейном амплитуда приливов будет мала (микро-приливные среды), что наблюдается в современном Черном и Каспийском морях, а область литорали носит название «псевдолиторали». В геоморфологии береговой зоны обычно используется термин «осушка» [Зенкович, 1962]. Осушка, как правило, заканчивается крутым и узким песчано-галечным пляжем [Сафьянов, Соловьева, 2005; Долотов, 2010]. Существенно большее влияние на береговую зону в таких бассейнах оказывают сгонно-нагонные явления.

Приливная волна деформируется, входя в длинные воронкообразные заливы, увеличивая высоту и асимметрию на мелководье (этому же способствует сужение залива и увеличение количество воды на единицу длины фронта волны) [Зенкович, 1962]. Известно такое явления как бор. Бор наблюдается в устьях некоторых рек и узких заливах и представляет собой пример предельного искажения приливов под влиянием местных физико-географических условий [Егоров, 1974]. Вследствие тормозящего действия на приливную волну трения о дно потока воды, выносимого рекой, и сужения устья сильно сокращается время роста, и высокая приливная волна распространяется вверх по рукавам. Учитывая сложность описания современных приливно-отливных явлений, морфо- и литодинамических условий, прогнозировать характер и поведение таковых в далеком геологическом прошлом представляется сложным и дискуссионным. Поэтому вопрос амплитуд приливов в кембрийском внутреннем бассейне Сибирской платформы остается неясным.

Условия формирования эвенкийской свиты в разрезе р. Подкаменная Тунгуска. В исследуемом разрезе эвенкийской свиты не наблюдается характерных для себхи линз, корок, желваков гипса и ангидрита — только единичные реликтовые поры выщелачивания в алевро-глинистых доломитах (но выдержанные прослои селенита отмечены в обнажении эвенкийской свиты выше по течению р. Подкаменной Тунгуски, рис. 5). При этом присутствуют: знаки волновой ряби, текстуры синседиментационных деформаций, тонкая пологоволнистая, пологая косая, градационная слоистость, наличие интракластов в породах. Некоторые из этих особенностей установлены в перемещенных слоях пород, но заслуживают упоминания (рис. 6).

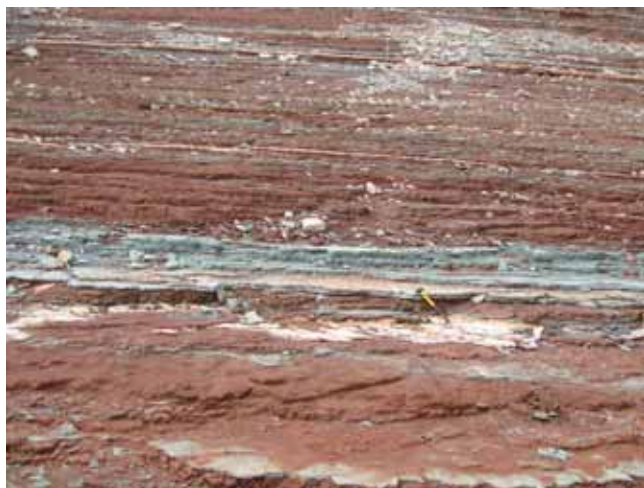


Рис. 5. Прослои селенита в обнажении эвенкийской свиты выше по течению р. Подкаменная Тунгуска. Фото из архива А.А. Медведкова

Отдельный интерес представляют зональные структуры бикита (рис. 6, В). Бикит (beekite) или кольца бикита — особые формы кремнезема, образующиеся в результате вторичного окварцевания. Это концентрические, зональные структуры, развивающиеся на поверхности пород и окаменелостей в результате их частичного окремнения. Предполагается возможным образование подобных структур как в субаэральных, так и в аквальных условиях [Allison, Bottjer, 2011]. В некоторых случаях наличие бикитовых горизонтов трактуется как признак значительных временных перерывов в осадконакоплении в субаэральных условиях [Kazanci, Varol, 1993]. Гнезда или корочки халцедона, наподобие силккрета, также установлены исследователями в нижних элементах ранее упомянутых циклитов фаций литорали-супралиторали венд-кембрийских пород юга Сибирской платформы [Кузнецов и др., 2000].

Расчет нормативного минерального состава демонстрирует изменения фациальных обстановок и режима поступления обломочных компонентов. Так, наиболее «чистые» доломиты (например, пачка 1) формировались в нижней части литоральной зоны. Затем, при проградации береговой зоны, происходит смена обстановок на верхнюю литораль-супралитораль и увеличивается содержание терригенных компонентов в породах. Сохранность КППШ и нарастание их доли в разрезе свидетельствует о преобладании процессов физического выветривания.



Рис. 6. Особенности строения пород эвенкийской свиты, не привязанные к положению в разрезе (перемещены). А — знаки волновой ряби, Б — пологая косая слоистость, В — кольца бикита

На основании вышеописанных особенностей разреза эвенкийской свиты в долине нижнего течения р. Подкаменная Тунгуска, а также анализа взглядов на формирование современных и древних себховых и некоторых береговых фаций, можно сделать следующий вывод: изученные породы эвенкийской свиты формировались преимущественно в условиях верхней литорали.

Выводы. В результате работы выполнено описание разреза эвенкийской свиты Сибирской платформы на р. Подкаменная Тунгуска близ поселка Суломой. Описаны структурные и текстурные особенности слагающих его пород. Выполнено определение главных петрогенных окислов и на их основе рассчитан нормативный минеральный состав. Увеличение терригенной составляющей в породах фиксирует периоды усиления эрозионной деятельности в области источника сноса — Енисейского кряжа. Рост вклада КПШ в породах средней части разреза свидетельствует об интенсификации физического выветривания, происходившего в аридных условиях.

Рассмотрены основные взгляды на формирование эвенкийской свиты на Сибирской платфор-

ме. Это обстановки: субаэральных надприливных равнин/себхи [Сухов и др., 2016], мелководно-морские/лагунные [Жарков, 1968], с преимущественно штормовым режимом [Сараев и др., 2004]. Наиболее близки по условиям формирования к породам эвенкийской свиты литоральные образования в составе карбонатно-соленосной формации венда–нижнего кембрия Непско-Ботуобинской антеклизы, смежных районов Игытинской и Березовской впадин [Кузнецов, Сухы, 1990; Кузнецов и др., 2000; Кузнецов, Журавлева, 2019; Kuznetsov, Suchy, 1992]. Выдвинуто предположение о принадлежности изученных фаций эвенкийской свиты преимущественно к обстановкам верхней литорали с возможными эпизодическими условиями нижней супралиторали под влиянием эвстатических колебаний в бассейне. Это условия приливо-отливных отмелей (возможно, микроприливы среды под влиянием преимущественно ветрового нагона), ассоциированные с прибрежными себхами.

Благодарности. Авторы выражают благодарность рецензентам и А.Ю. Журавлеву за конструктивную критику и рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурова И.А., Шибина Т.Д., Корвет Н.А. Литолого-генетический аспект формирования отложений тирской свиты на территории Непского свода // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12, № 1. С. ??
2. Васильев Н.Ф. (отв. испол.). Отчет по геологическому доизучению масштаба 1 : 50 000 и общим поискам полезных ископаемых на севере Енисейского кряжа в бассейнах рек Вороговки, Гареевки, Чапы за 1985–1989 гг. Красноярск, 1990.
3. Геологический словарь: В 3 т. 3-е изд., перераб. и доп. / Гл. ред. О.В. Петров. Т. 1. А–Й. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. 432 с.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба: 1 000 000 (третье поколение). Серия Ангара-Енисейская. Лист Р-46 — Северо-Енисейский. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 470 с.
5. Государственная геологическая карта СССР / Отв. ред. Е.К. Ковригина. Масштаб 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист Р-46, 47 — Байкит. Объяснительная записка. Л.: Ленингр. карт. фабрика объедин. «Аэрогеология», 1981. 199 с.
6. Долотов Ю.С. Процессы рельефообразования и осадконакопления на приливных побережьях Мирового Океана. М.: Научный мир, 2010. 180 с.
7. Егоров Н.И. Физическая океанография. 2-е изд. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 454 с.
8. Жарков М.А. (ред.) Кембрий Восточной Сибири // Труды Иркутского государственного университета. Серия геологическая. Т. 47, вып. 5. Иркутск, 1968. 141 с.
9. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Издательство Академии наук СССР, 1962. 719 с.
10. Зоценко Н.А. Геологический отчет по материалам бурения Верхне-Тохомской, Полигусской и Нижне-Тунгусской параметрических скважин. Красноярск, 1979.
11. Качевский Л.К., Качевская Г.И., Грабовская Ж.М. Геологическая карта Енисейского кряжа м-ба 1:500000 /

Под ред. А.К. Мкртычяна, М.Л. Шермана. Красноярск: Красноярскгеологосъемка, 1998.

12. Кириченко Г.И. К стратиграфии отложений палеозоя на р. Подкаменной Тунгуске // Тр. ВСЕГЕИ. Вып. 1. М.: Госгеолтехиздат, 1950. С. 87–99.

13. Конторович А.Э., Варламов А.И., Ефимов А.С. и др. Стратиграфическая схема кембрийских отложений юга Предъенисейской части Западной Сибири // Геология и геофизика. 2021. Т. 62, № 3. С. 443–465.

14. Кузнецов В.Г., Сухы В. Приливо-отливные и себховые отложения в венде-кембрии юга Сибирской платформы // Литология и полезные ископаемые. 1990. № 6. С. 82–93.

15. Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Пустотное пространство карбонатных тайдалитов — палеоклиматический аспект // Литология и полезные ископаемые. 2019. № 4. С. 351–363.

16. Кузнецов В.Г., Илюхин Л.Н., Постникова О.В. и др. Древние карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазоносность. М.: Науч. мир, 2000. 104 с.

17. Мельников Н.В. Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы. (Стратиграфия, история развития). 2-е изд., доп. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2018. 177 с.

18. Мотова З.Л., Плюснин А.В., Никулин Е.В. Литолого-фациальные особенности, вещественный состав и условия седиментации терригенно-карбонатных пород мотской серии («Шаманский утес», Иркутское Присяжье) // Геодинамика и тектонофизика. 2021. Т. 12, № 3. С. 628–644.

19. Обстановки осадконакопления и фации: В 2-х т. Т. I: Пер. с англ./Под ред. Х. Рединга. М.: Мир, 1990. 352 с.

20. Океанология. Биология океана / Под ред. А.С. Момина. Т. 1–2. ГОРОД, 1977. 800 с.

21. Плюснин А.В. Модель строения венда северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы по резуль-

татам изучения опорных разрезов и секвенс-стратиграфического моделирования Непского свода и Мирнинского выступа // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т. 14, № 3. С. ?.

22. Решения четвертого межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы // Объяснительная записка к регион. стратигр. схемам венда и кембрия, утвержденным МСК СССР 27 января 1988 г. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. 64 с.

23. Розанов А.Ю., Репина Л.Н., Аполлонов М.К. и др. Кембрий Сибири. Новосибирск: Наука, 1992. 135 с.

24. Розен О.М., Аббясов А.А. Количественный минеральный состав осадочных пород: расчет по петрохимическим данным, анализ достоверности результатов (компьютерная программа MINLITH) // Литология и полезные ископаемые. 2003. № 3. С. 299–312.

25. Розен О.М., Аббясов А.А., Мигдисов А.А., Ярошевский А.А. Программа MINLITH для расчета минерального состава осадочных пород: достоверность результатов в применении к отложениям древних платформ // Геохимия. 2000. № 4. С. 431–444.

26. Сараев С.В., Хоменко А.В., Батурина Т.П. и др. Венд и кембрий юго-востока Западной Сибири: стратиграфия, седиментология, палеогеография // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2004. № 1. С. 7–18.

27. Сафьянов Г.А., Соловьева Г.Д. Геоморфология дна и берегов Белого моря // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2005. № 3. С. 54–62.

28. Сухов С.С., Шабанов Ю.Я. (ред.), Пегель Т.В. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы: В 2 т. Т. 1. Стратиграфия / Ред. А.Э. Конторович. Новосибирск: Изд-во ИНГГ СО РАН, 2016. 497 с.

29. Сухов С.С., Пегель Т.В., Шабанов Ю.Я. Региональная стратиграфическая схема кембрийских отложений Сибирской платформы. Объяснительная записка: Решения Всероссийского стратиграфического совещания по разработке региональных стратиграфических схем верхнего докембрия и палеозоя Сибири (Новосибирск, 2012) (Кембрий Сибирской платформы). Новосибирск: СНИИГГиМС, 2021.

30. Фомин Ю.М. Новые данные о средне-верхнекембрийских отложениях бассейна нижнего и среднего течения р. Подкаменной Тунгуски // Стратиграфия докембрия и кембрия Средней Сибири. Красноярск: Красноярское кн. изд-во, 1967. С. 84–94.

31. Allison P.A., Bottjer D. Taphonomy: Bias and Process Through Time. Topics in Geobiology 32. Springer, 2011. P. 1–17.

32. Dean R.G., Dalrymple R.A. Coastal Processes with Engineering Applications. New York: Cambridge University Press, 2004. 475 p.

33. Evans G. Intertidal flat deposits of the Wash, western margin of the North Sea // Tidal Deposits: A Casebook of Recent Examples and Fossil Counterparts / Ed. by R.N. Ginsburg. P. 13–20. Berlin: Springer Verlag, 1975.

34. Hayes M.O. Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime // Barrier Island — From the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico / Ed. by S.P. Latherman. New York: Academic Press, 1979. P. 1–71.

35. Kazanci N., Varol B. The occurrence and significance of beekite in Paleocene alluvial-fan deposits in central Anatolia, Turkey // Terra Nova. 1993. P. 36–39.

36. Klein G. de V. A sedimentary model for determining paleotidal range // Bull. geol. Soc. Am. 1971. Vol. 82. P. 2585–2592.

37. Kuznetsov V.G., Suchy V. Vendian-Cambrian Tidal and Sabkha Facies of the Siberian platform // Facies. Erlangen. 1992. Vol. 27. P. 285–294.

38. Kvale E.P., Cutright J., Bilodeau D., et al. Analysis of modern tides and implications for ancient tidalites // Continental Shelf Research. 1995. Vol. 15. P. 1921–1943.

39. Longhitano S.G., Mellere D., Steel R.J., Ainsworth R.B. Tidal depositional systems in the rock record: A review and new insights // Sedimentary Geology. 2012. Vol. 279. P. 2–22.

40. Reineck H.E. Layered sediments of tidal flats, beaches and schelf bottoms of the North Sea. In: Estuaries (Ed. by G.D. Lauff). P. 191–206. Am. Ass. Adv. Sci., Washington D.C., 1967.

41. Reineck H.E. Tidal flats. In: Recognition of Ancient Sedimentary Environments / Ed. by K.J. Rigby and W.K. Hamblin. P. 146–159. Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Miner., 16, Tulsa. 1972.

42. Rosen O.M., Abbyasov A.A., Tipper J.C. MINLITH: an experience-based algorithm for estimating the likely mineralogical composition of sedimentary rocks from bulk chemical analyse // Comput. Geosci. 2004. Vol. 30. P. 647–661.

43. Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy / Ed. by H.G. Reading. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 1996. 688 p.

44. Straaten L.M.J.U. van Composition and structure of Recent marine sediments in the Netherlands // Leidse. geol. Meded. 1954. Vol. 19. P. 1–110.

45. Straaten L.M.J.U. van Sedimentation in tidal flat areas // J. Alberta Soc. petrol. Geol. 1961. Vol. 9. P. 203–226.

46. Strohmenger C.J., Shebl H., Al-Mansoori A., et al. Facies stacking patterns in a modern arid environment: a case study of the Abu Dhabi sabkha in the vicinity of Al-Qanatir Island, United Arab Emirates // Quaternary Carbonate and Evaporite Sedimentary Facies and Their Ancient Analogues. 2012. P. 149–182.

Статья поступила в редакцию 02.10.2023,
одобрена после рецензирования 12.11.2023,
принята к публикации 28.02.2024