

## Туфопесчаники перекатнинской свиты: состав, происхождение, источники сноса (Усть-Бельские горы, Корякское нагорье)

© 2019 г. М. Ю. Гущина, А. В. Моисеев, М. И. Тучкова

Геологический институт Российской академии наук, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7,  
e-mail: dybree@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.07.2018 г., принята к печати 28.09.2018 г.

*Объект исследований.* В статье изложены результаты изучения петрографического, минерального и гранулометрического состава туфопесчаников перекатнинской свиты (альб-турон). *Материалы и методы.* В основу работы лег материал, полученный в ходе полевых исследований на территории Усть-Бельских гор (Корякское нагорье), выполненных в 2011 и 2016 гг. сотрудниками ГИН РАН. В статье предлагаются результаты, полученные путем комплексного изучения осадочных пород с применением гранулометрического и минералогического анализов на основании петрографического метода. *Результаты.* Туфопесчаники представлены кварцево-полевошпатовыми, полевошпатовыми и собственно граувакками. Среди литокластов в них преобладают обломки вулканитов среднего и кислого состава. При высоких содержаниях литокластов в пробах отмечаются относительно небольшое количество кварца и полевых шпатов, а также общее укрупнение зерен. Увеличение доли литокластов и укрупнение зерен происходят с юго-востока на северо-запад, что позволяет установить направление миграции материала от источника сноса, располагавшегося в северо-западной части исследуемого региона. По результатам гранулометрических и минералогических исследований установлено, что рассматриваемые отложения формировались за счет мутьевых потоков, в умеренно глубоководных морских условиях, в сравнительно небольшой удаленности от берега, где реки (их дельты) обеспечивали поставку обломочного материала. *Выводы.* Полученные данные подтверждают предположения о формировании перекатнинской свиты в морских условиях на континентальной окраине (склоне). Условия образования туфопесчаников соотносимы с условиями, характерными для областей вблизи дельт и/или проделей. Осадконакопление туфопесчаников происходило синхронно с вулканизмом, который был связан с существованием активной континентальной окраины (Охотско-Чукотский вулканоплутонический пояс).

**Ключевые слова:** Корякское нагорье, перекатнинская свита, литология, генетические диаграммы, гранулометрический анализ, минералогический анализ

## Tuff-sandstones of Perekatnaya Formation: composition, genesis, sources of demolition (Ust'-Belsky Mountains, Koryak Highland)

Mariia Yu. Gushchina, Artem V. Moiseev, Marianna I. Tuchkova

Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, 7 Pyzhevsky line, Moscow, 119017 Russia,  
e-mail: dybree@yandex.ru

Received 13.07.2018, accepted 28.09.2018

*Subject.* The article presents the results of studying the petrographic, mineralogical and granulometric compositions of the tuff-sandstones of the Perekatnaya formation (Albian-Turonian). *Materials and methods.* The work based on the material obtained in the field research in the Ust-Belsky Mountains (Koryak Highlands), which carried out in 2011 and 2016 by employees of the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences. The article proposes the results of comprehensive study of sedimentary rocks with using granulometric and mineralogical analyzes based on the petrographic method. *Results.* Tuff-sandstones represented by quartz-feldspar, feldspar and proper greywackes. Fragments of acidic and intermediate rocks dominated among the fragments of rocks. At high lithoclast contents, the amount of quartz and feldspars are less in the samples, and the grains become larger. The increase in the proportion of lithoclasts and the coarsening of grains occurs from the southeast to the northwest, which allows us to establish the direction of migration of material from the source, which was located in the northwestern part of the region. According to the results of granulometric and mineralogical studies it was established that sediments were formed by high-speed turbidites, in moderately deep marine conditions, in a relatively small distance from the coast, where the rivers (their deltas) provided clastic material. *Conclusion.* It was confirm that the assumptions about generation of Perekatnaya formation in marine conditions on the continental margin (slope). The conditions of sedimentation of the tuff-sandstones are correlated with conditions of prodelts

**Для цитирования:** Гущина М.Ю., Моисеев А.В., Тучкова М.И. (2019) Туфопесчаники перекатнинской свиты: состав, происхождение, источники сноса (Усть-Бельские горы, Корякское нагорье). *Литосфера*, 19(3), 372-385. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-3-372-385

**For citation:** Gushchina M.Yu., Moiseev A.V., Tuchkova M.I. (2019) Tuff-sandstones of Perekatnaya Formation: composition, genesis, sources of demolition (Ust'-Belsky Mountains, Koryak Highlands). *Litosfera*, 19(3), 372-385. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-3-372-385

or regions near deltas and prodelta. Sedimentation occurred synchronously with volcanism, which was associated with the existence of an active continental margin.

**Keywords:** Koryak highland, Perekatnaya Formation, lithology, genetic diagrams, granulometric analysis, mineralogical analysis

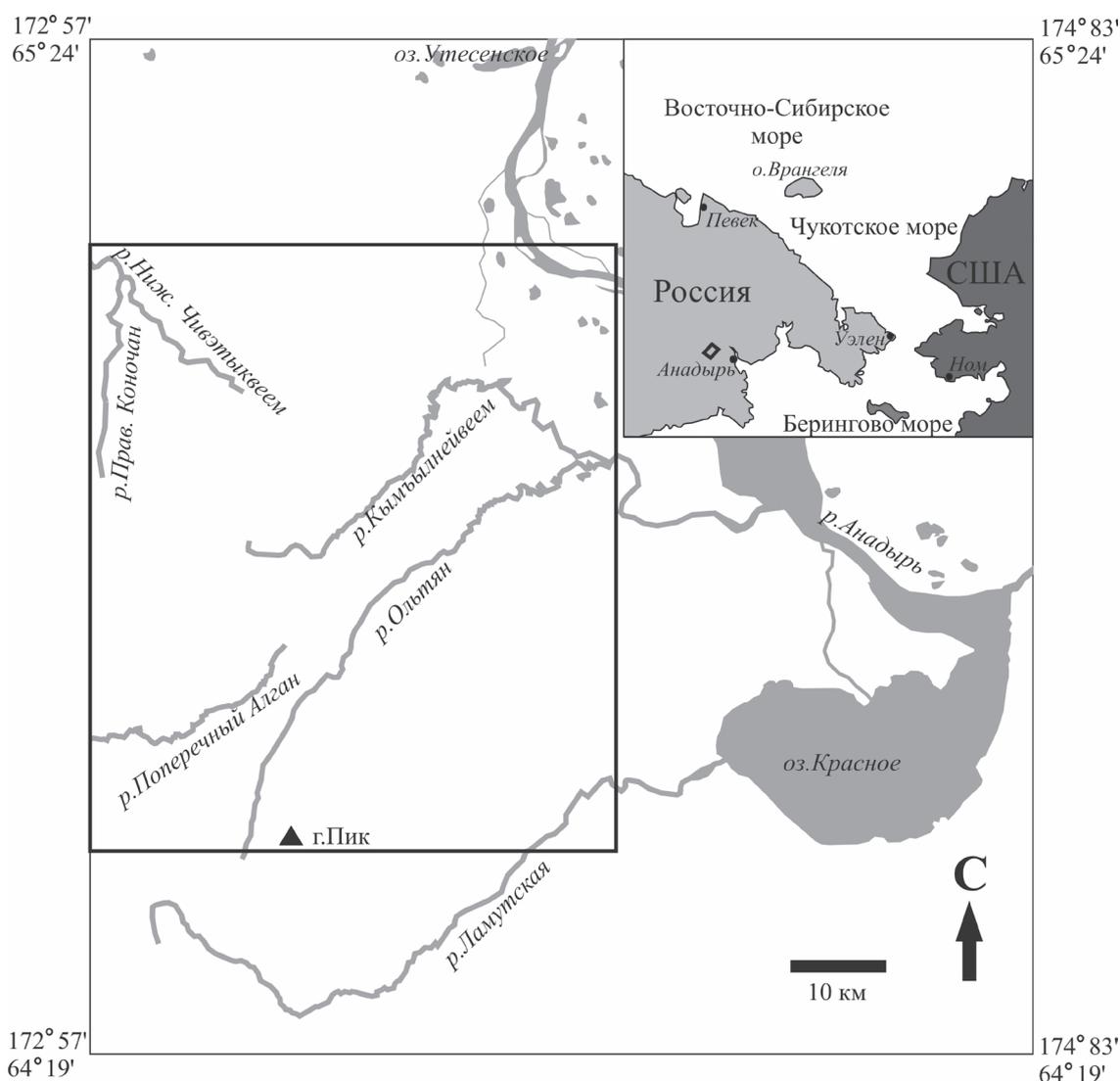
**Acknowledgments**

The article was prepared with the support of the grants of the President of the Russian Federation MK-132.2017.5 and RFBR 17-05-00795. Fieldwork was carried out with the financing of the grant RNF16-17-10251.

**ВВЕДЕНИЕ**

Усть-Бельские горы расположены на Северо-Востоке России (рис. 1) в северо-западной части

Корякско-Камчатской складчатой области (рис. 2), которая относится к континентальным окраинам аккреционного типа, образованным при последовательном приращении к континенту разнообразных

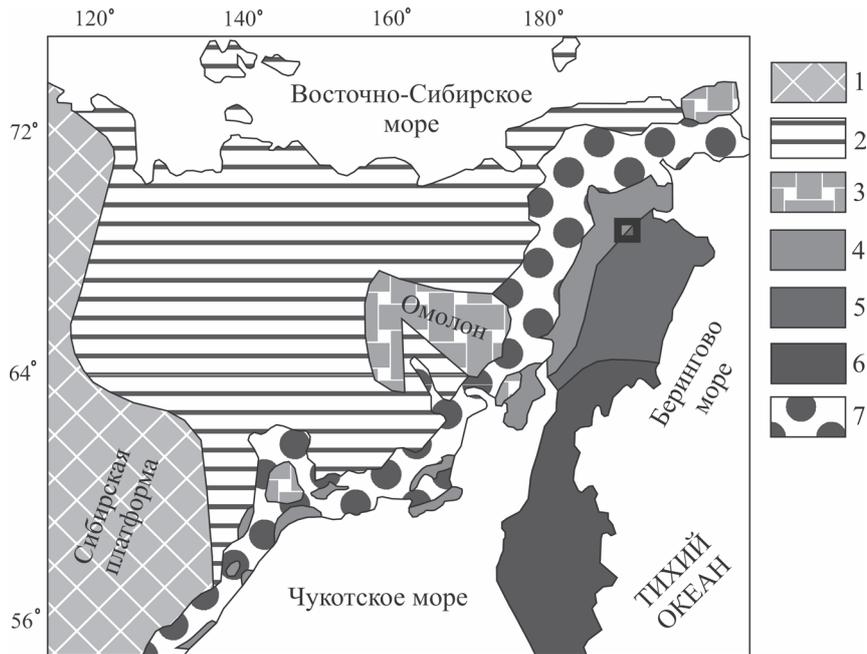


**Рис. 1.** Физико-географическое положение района Усть-Бельских гор.

Здесь и на рис. 2 черным квадратом отмечен район работ.

**Fig. 1.** Physico-geographical position of the region of Ust-Belsky Mountains.

Here and at Fig. 2 a black square marks the area of work.



**Рис. 2.** Тектоническая схема Северо-Востока Азии [Соколов, 2010, с изменениями].

1 – Сибирская платформа; 2, 3 – Верхояно-Чукотская складчатая область: 2 – палеозойско-мезозойские отложения, 3 – террейны с континентальной корой; 4–6 – Корьякско-Камчатская складчатая область: 4 – Западно-Корьякская складчатая система, 5 – Анадырско-Корьякская складчатая система, 6 – Олюторско-Камчатская складчатая система; 7 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс.

**Fig. 2.** Main tectonic elements of Northeast Asia [Sokolov, 2010, with changes].

1 – Siberian Platform; 2, 3 – Verkhoyansk-Chukotka Fold Region: 2 – Paleozoic and Mesozoic rocks, 3 – terranes with continental crust; 4–6 – Koryak-Kamchatka Fold Region: 4 – West Koryak Fold System, 5 – Anadyr-Koryak Fold System, 6 – Olyutor-Kamchatka Fold System; 7 – Okhotsk-Chukotka volcanic belt.

террейнов [Парфенов и др., 1993; Соколов, 2010]. Геологическая история и условия образования структурно-вещественных комплексов района Усть-Бельских гор важны для понимания тектоники Корьякского региона и Северо-Востока Азии в целом. Именно в данном регионе можно наблюдать взаимоотношения Западно-Корьякских структур, представленных Усть-Бельским террейном, и Анадырско-Корьякских структур Алганского террейна. Однако район удален и труднодоступен, поэтому изучен недостаточно хорошо и неравномерно. Основное внимание предшественников было сосредоточено на его магматических породах, а не на терригенных отложениях, хотя для определения особенностей эволюции складчатых систем исследование обломочных пород крайне важно.

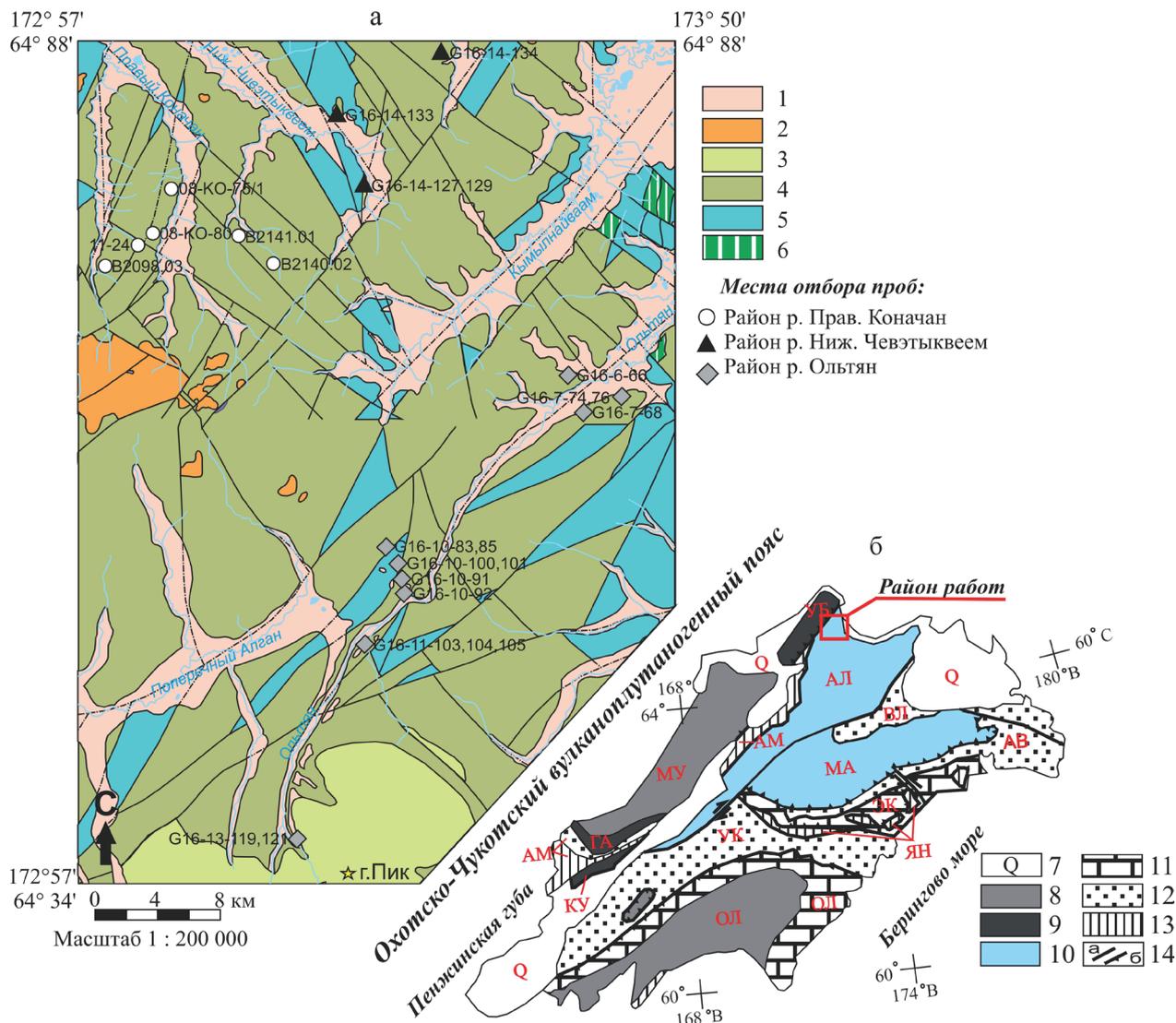
Перекактинская свита слагает всю центральную часть Алганского прогиба [Зинкевич, 1981]. Туфопесчаники этой свиты отложены в альб-туронское время [Соколов, Бялобжеский, 1996], достаточно примечательное в истории Северо-Востока Евразии. Оно характеризуется рядом кардинальных перестроек, в результате которых образован структурный план, близкий к современному. В предпозднеальбское время произошла коренная перемена в струк-

турном плане Усть-Бельских гор, связанная с отмиранием зоны субдукции среднеюрско-раннемеловой Удско-Мургальской островной дуги, которая развивалась вдоль границы Азиатского континента и Северо-Западной Пацифики [Некрасов, 1976; Зоненшайн и др., 1990; Соколов, 1992; Парфенов и др., 1993; Соколов и др., 1999], и началом формирования структур Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Именно поэтому для решения вопросов, касающихся истории развития Северо-Востока Евразии, важно изучение отложений перекактинской свиты.

Таким образом, целью настоящей работы является восстановление условий формирования туфопесчаников перекактинской свиты. Изучение их минерального состава и гранулометрических характеристик позволяет установить расположение и состав источника сноса, выяснить обстановки и условия осадконакопления, уточнить представления об истории формирования структур Усть-Бельских гор в целом.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Рассматриваемая территория имеет покровное строение [Александров, 1978; Очерки..., 1980; Со-



**Рис. 3.** Геологическая карта района работ (а) и тектоническая схема террейнов Корьякского нагорья [Соколов, 2010] (б).

1 – отложения четвертичной системы Q; 2 – Коночанская толща P<sub>1-2</sub>; 3 – ламутская свита K<sub>2c-cp</sub>; 4 – перекактинская свита K<sub>1al-K<sub>2t</sub></sub>; 5 – алганская свита J<sub>3-K<sub>1v</sub></sub>; 6 – Тальяинский комплекс габбро-долеритовый гипабиссальный vβJ<sub>2-K<sub>1t</sub></sub>; 7 – палеоген-четвертичный чехол; 8–13 – террейны с преобладанием комплексов: 8 – островодужных, 9 – офиолитовых, 10 – крайнеморских, 11 – океанических, 12 – терригенных, 13 – аккреционных призм; 14 – тектонические границы: а – сдвиги и сбросы, б – надвиги.

Буквами обозначены террейны: АВ – Аلكатваамский, АЛ – Алганский, АМ – Айнынско-Майнский, ВЛ – Великореченский, ГА – Ганычаланский, КУ – Куюльский, МА – Майницкий, МУ – Мургалский и Харитонинский террейны нерасчлененные, ОЛ – Олюторский, УБ – Усть-Бельский, УК – Укэляятский, ЭК – Эконайский, ЯН – Янранайский.

**Fig. 3.** Geological map of the area of work (a), and Tectonic scheme of the Koryak Highland [Sokolov, 2010] (b).

1 – deposits of the Quaternary system Q; 2 – Konochanskaya stratum P<sub>1-2</sub>; 3 – Lamut Formation K<sub>2c-cp</sub>; 4 – Perekatnaya Formation K<sub>1al-K<sub>2t</sub></sub>; 5 – Alganskaya Formation J<sub>3-K<sub>1v</sub></sub>; 6 – Talyain complex gabbro-dolerite hypabyssal vβJ<sub>2-K<sub>1t</sub></sub>; 7 – Paleogene-Quaternary cover; 8–13 – terranes with predominance of: 8 – island arc, 9 – ophiolitic, 10 – marginal sea, 11 – oceanic, 12 – terrigenous complexes, 13 – accretionary wedge; 14 – faults: а – strike slip and normal, б – thrust.

Terranes (letters in figure): АВ – Al'katvaam, АЛ – Algan, АМ – Ainyin-Main, ВЛ – Velikorechensky, ГА – Ganychalan, КУ – Kuyul, МА – Mainits, МУ – Murgal and Kharitonino terranes, unspecified, ОЛ – Olyutor, УБ – Ust'-Belaya, УК – Ukeleyat, ЭК – Ekonai, ЯН – Yanranai.

колов, 1992, 2010]. На северо-западе, в районе Усть-Бельских гор, породы Алганского террейна перекрыты структурами Западно-Корьякской складча-

той системы (Усть-Бельский террейн) (рис. 3). На востоке комплексы Алганского террейна шарьированы на структуры Великореченского и Майницко-

го террейнов (см. рис. 3). На территории Алганского террейна наибольшее распространение имеют среднеюрские-раннемеловые вулканогенно-кремнисто-терригенные отложения алганской (в более ранних работах пекульневеевской) свиты ( $J_3-K_1v$ ) [Соколов и др., 1999], смятые в систему складок северо-восточного простирания.

Отложения Майницкого террейна представлены серпентинитовым меланжем и вулканогенно-кремнисто-терригенными разностями чирынайской свиты ( $J_2-K_1$ ), которая является аналогом алганской [Соколов, Бялобжеский, 1996]. Туфотерригенные отложения перекатнинской свиты несогласно залегают на отложениях алганской и чирынайской свит и рассматриваются как постамальгамационный чехол [Соколов, 1992; Соколов, Бялобжеский, 1996; Nokleberg et al., 1998]. По нижнему возрастному пределу перекатнинской свиты устанавливается время амальгамации палеоструктур Алганского и Майницкого террейнов.

Отложения перекатнинской свиты были изучены на территории Алганского террейна в районах рек Ольтян, Ниж. Чивэтыквеем, Прав. Коначан (рис. 4). Коренные выходы в основном приурочены к подмываемым бортам рек и ручьев (см. рис. 3).

Отложения чаще всего представлены невыдержанными по мощностям ритмично переслаивающимися туфопесчаниками с туфоалевролитами или туфоаргиллитами. Редко можно встретить гравелиты и конглобрекции. В туфоалевролитах встречаются кремнистые стяжения и косая слоистость.

Туфопесчаники массивные, плотные, представлены серо-зелеными, темно-серыми и светло-серыми разностями, тонко-средне-мелкозернистые, в основном с плохо окатанными зернами. Сортировка плохая: часто можно разглядеть отдельные зерна гравийной размерности.

Породы сильно деформированы, смяты в складки северо-восточного простирания, которые осложнены складками более высоких порядков и разрывной тектоникой, характеризуются повышенной трещиноватостью. Проявлены вторичные изменения – трещины выполнены прожилками цеолитового и кальцитового состава.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Минеральный состав и гранулометрические параметры туфопесчаников были изучены петрографическим методом при помощи подсчета зерен в 27 шлифах. Подсчет при изучении минерального состава происходил по методикам В.Т. Фролова [1993]. Результаты нанесены на треугольные диаграммы: Q–F–R (кварц – полевой шпат – обломки пород) [Шутов и др., 1972]; Lm–Ls–Lv (обломки метаморфических, осадочных и вулканических пород), Qm–F–Lt (Qm – кварц монокристаллический, F – полевой шпат, Lt – все обломки пород, вклю-

чая поликристаллический кварц – Qp) [Dickinson, Suczek, 1979]. Диаграммы строили в программе TriDraw.

При изучении гранулометрического состава зерна подсчитывали по методике Н.В. Логвиненко [Логвиненко, Сергеева, 1986]. Результаты нанесены на кумулятивные кривые. С них были сняты 25, 50, 75%-е квартили, 10 и 90%-е перцентили и 1%-й квантиль, который характеризует максимальную подъемную мощность потока. Исходя из полученных значений медианы (50%-й квартиль) и других квартилей рассчитаны гранулометрические коэффициенты сортировки и асимметрии [Логвиненко, Сергеева, 1986]:

$$S = \sqrt{Q_3/Q_1},$$

где S – коэффициент сортировки;  $Q_3$  – 75%-й квартиль, мм;  $Q_1$  – 25%-й квартиль, мм;

$$A = (Q_1 \times Q_3)/Q_2^2,$$

где A – коэффициент асимметрии П. Траска [Trask, 1932];  $Q_3$  – 75%-й квартиль, мм;  $Q_2$  – 50%-й квартиль или медиана,  $Q_1$  – 25%-й квартиль, мм.

Исходя из полученных значений 10 и 90% перцентилей рассчитан эксцесс по следующей формуле [Крашенинников и др., 1988]:

$$Ex = (Q_3 - Q_1)/[2(P_{90} - P_{10})],$$

где Ex – эксцесс,  $Q_3$  и  $Q_1$  – 75 и 25%-е квартили соответственно,  $P_{90}$  – 90%-й перцентиль,  $P_{10}$  – 10%-й перцентиль.

По полученным коэффициентам в программе Excel были построены диаграммы Г. Рожкова, Р. Пассеги, К. Бьёрликке.

Таким образом, в данной работе предлагается комплексное исследование по следующей схеме.

1. Количественный анализ и определение состава туфопесчаников при помощи подсчета минерального состава зерен (диаграмма В.Д. Шутова [Шутов и др., 1972]).

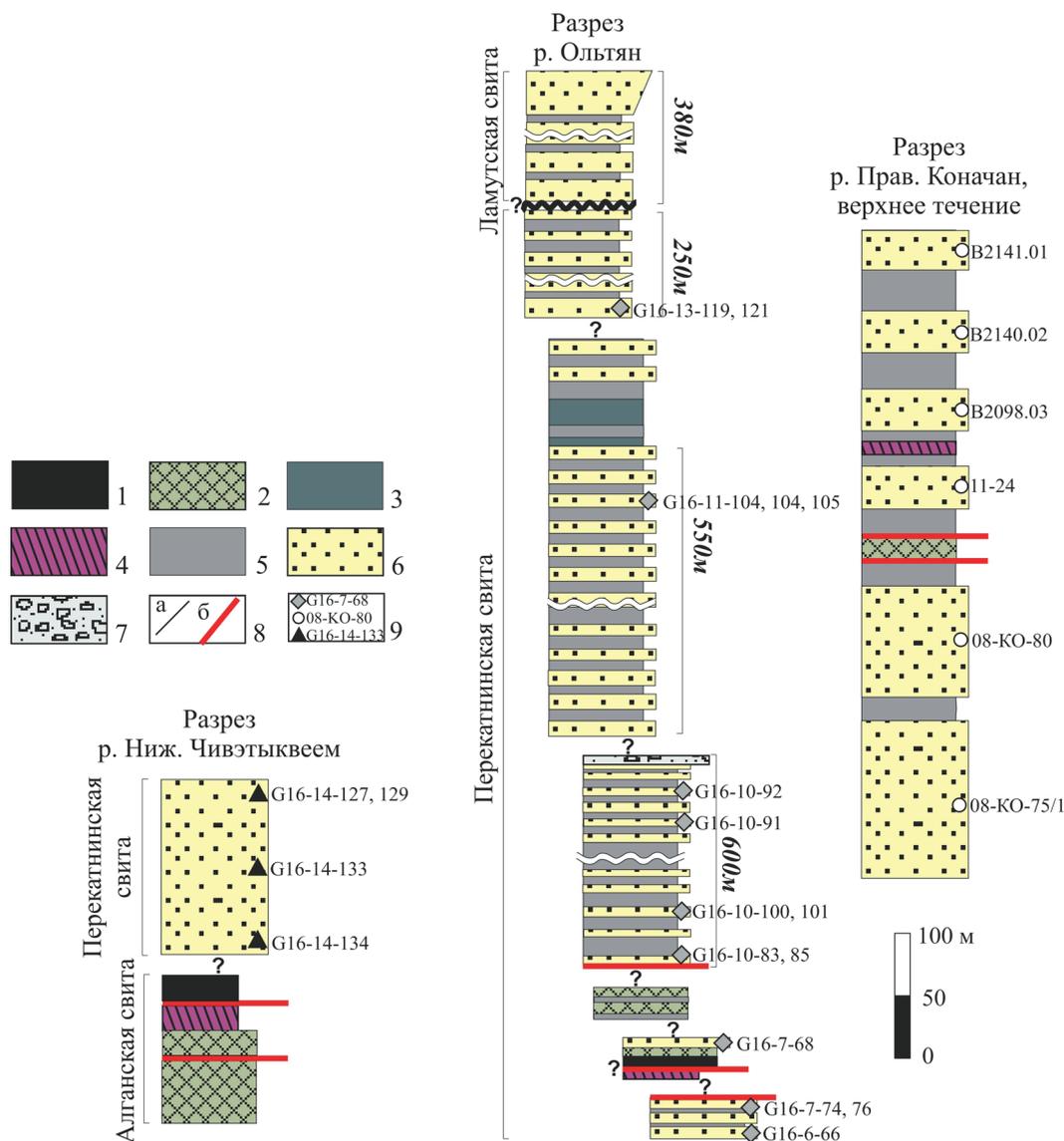
2. Выявление эволюции состава обломков пород по соотношению литокластов метаморфических, осадочных и магматических пород (диаграмма Lm–Ls–Lv).

3. Определение тектонического режима, в условиях которого происходила седиментация, по соотношению монокристаллического кварца, полевых шпатов, литокластов и поликристаллического кварца (классификационная диаграмма У. Дикinsonа [Dickinson, Suczek, 1979]).

4. Установление условий седиментации и фациальной обстановки по соотношению асимметрии и эксцесса (динамометрическая диаграмма Г. Рожкова [Рожков, Соловьев, 1974]).

5. Определение фациальной обстановки по способу переноса обломочных частиц в водной среде (генетическая диаграмма Р. Пассеги [Рейнек, Сингх, 1981]).

6. Определение генезиса отложений по соотношению отсортированности и особенностям асимметрии (диаграмма К. Бьёрликке [Bjorlykke, 1989]).



**Рис. 4.** Тектоно-стратиграфические колонки вулканогенно-кремнисто-туфотерригенных комплексов пород Алганского террейна, районов рек Ниж. Чивэтыквеем, Ольтян, Прав. Коначан.

1 – меланж; 2 – горизонты базальтов и андезитов; 3 – горизонты туфов, 4 – бордовые яшмы; 5 – туфоалевролиты; 6 – туфопесчаники; 7 – конглобрекции; 8 – контакты: а – стратиграфические, б – тектонические (надвиги); 9 – места отбора проб.

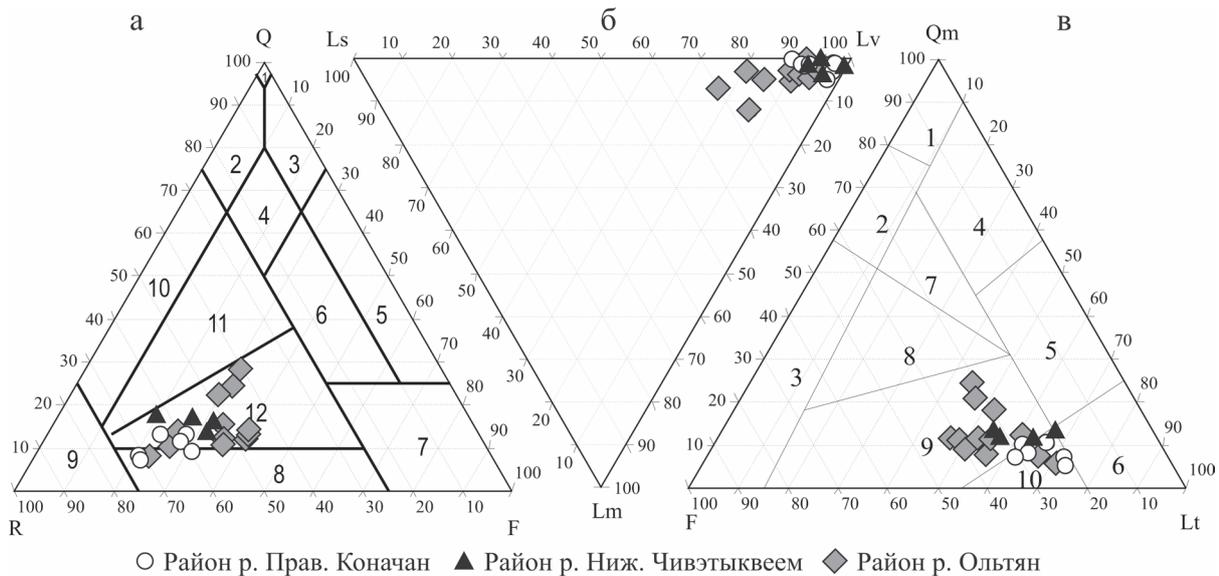
**Fig. 4.** Tectono-stratigraphic columns of volcanogenic-siliceous-tuffoterrigenous complexes of rocks of the Alganskaya terrane, areas of the rivers Nizh. Chivetykweem, Ol'tyan, Pravyi Konachan.

1 – melange; 2 – horizons of basalts and andesites; 3 – horizons of tuffs, 4 – red jaspers; 5 – tuff-aleurolites; 6 – tuff-sandstone; 7 – conglomerates; 8 – contacts: a – stratigraphic, б – tectonic (thrusts); 9 – sampling points.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Петрографический количественный анализ подсчета зерен показал, что туфопесчаники перекатнинской свиты представлены кварцево-полевошпатовыми, полевошпатовыми и собственно граувакками (рис. 5), чаще всего плохо сортированными и с плохо окатанными компонентами. Зерна литокластов иногда средней и хорошей окатанности.

Туфопесчаники сложены зернами кварца (7–28%), полевых шпатов (включая поликристаллические плагиоклазы и калиевые полевые шпаты) (20–41), обломками пород (40–71%). Зерна кварца чаще всего угловатые, иногда встречаются округлые формы. Полевые шпаты таблитчатые угловатые, иногда наблюдаются округленные зерна неправильной формы. Плагиоклазы представлены в основном андезином, иногда с характерной зональностью, и лабрадором, редко встречаются зерна би-



**Рис. 5.** Диаграммы минерального состава песчаников [Шутов и др., 1972] (а), эволюции состава обломков пород (б) и Qm–F–Lt (в).

а: Q – кварц, F – полевые шпаты, R – литокласты; 1 – мономинеральные кварцевые, 2 – кремнекласитно-кварцевые, 3 – полевошпатово-кварцевые, 4 – мезомикто-кварцевые, 5 – собственно аркозы, 6 – граувакковые аркозы, 7 – поле пород нетерригенного происхождения, 8 – полевошпатовые граувакки, 9 – собственно граувакки, 10 – кварцевые граувакки, 11 – полевошпатово-кварцевые граувакки, 12 – кварцево-полевошпатовые граувакки.

б: Lm – обломки метаморфических пород (кварциты), Ls – обломки пород осадочного происхождения, Lv – обломки вулканических пород.

в: Qm – кварц монокристаллический, F – полевой шпат, Lt – все обломки пород, включая поликристаллический кварц Qp [Dickinson, Sucek, 1979]; 1 – древние платформы (stable craton) – преимущественно кварцевые, 2 – окраинные моря (transitional continental) – полевошпатово-кварцевые, 3 – выступы кристаллического фундамента (basement uplift) – полевошпатовые, 4 – кварцевые переработанные (quartz recycled) – кварцевые литические, 5 – переходные переработанные (transitional recycled) – кварцевые литические, 6 – литические переработанные (lithic recycled) – литические, 7 – смешанные (mixed), 8 – расчлененные островные дуги (dissected arc) – полевошпатово-литические, 9 – переходные дуги (transitional arc) – литически полевошпатовые, 10 – нерасчлененные (активные) дуги (undissected arc) – литические.

**Fig. 5.** Diagram of mineral composition of sandstones [Shutov et al., 1972] (a), diagram of the evolution of the composition of rock fragments(б) and triangular diagram Qm–F–Lt (в).

а: Q – quartz, F – feldspars, R – lithoclasts; 1 – monomineralic quartz, 2 – silicoclastic-quartz, 3 – feldspar-quartz, 4 – mesomictic-quartz, 5 – actually arkoses, 6 – graywacke arkoses, 7 – field of rocks of non-origins, 8 – feldspar greywacke, 9 – proper greywacki, 10 – quartz greywacke, 11 – feldspar-quartz greywackes, 12 – quartz-feldspar greywackes.

б: Lm – fragments of metamorphic rocks, Ls – fragments of rocks of sedimentary origin, Lv – fragments of volcanic rocks.

в: Qm – single crystal quartz, F – feldspar, Lt – all fragments of rocks, including polycrystalline quartz Qp [Dickinson, Sucek, 1979]; 1 – stable craton, 2 – transitional continental, 3 – basement uplift, 4 – quartz recycled, 5 – transitional recycled, 6 – lithicrecycled, 7 – mixed, 8 – dissected arcs, 9 – transitional arcs, 10 – undissected arc (active).

товнита. Для некоторых зерен характерно волнистое погасание.

С увеличением доли литокластов отмечается уменьшение роли кварца и полевых шпатов. Среди обломков преобладают вулканические породы (77–99%) среднего и кислого состава, вулканическое стекло. Наблюдается повышенное содержание обломков гранитоидов (рис. 6а), представленных сростками кварца и полевых шпатов. Метаморфические породы (0–12%) представлены кварцитами, метаосадочными и метавулканическими образованиями. Обломки осадочных пород (1–23%) – алевриты, аргиллиты, карбонаты, кремни. Из слюдястых минералов встречаются редкие зерна мусковита и хлорита. Тяжелые минералы представлены зер-

нами эпидота, граната, сфена, циркона. В образцах с повышенной долей кварца встречаются крупные фрагменты туфоалевролитов в виде окатышей, иногда вытянутых в одном направлении (рис. 6б). Количество цемента небольшое, около 10%. Он чаще всего глинистый или серицитовый, контурный, пленочный, сплошной, иногда неравномерный. В некоторых образцах цемент карбонатный коррозионный, островной или сплошной неравномерный, контурный. Также можно выделить образцы с невзаимодействующим веществом обломочных зерен с вулканогенно-глинистым цементом, сплошным равномерным, закрытым поровым или контурным.

По составу пород можно выделить три литотипа песчаников.

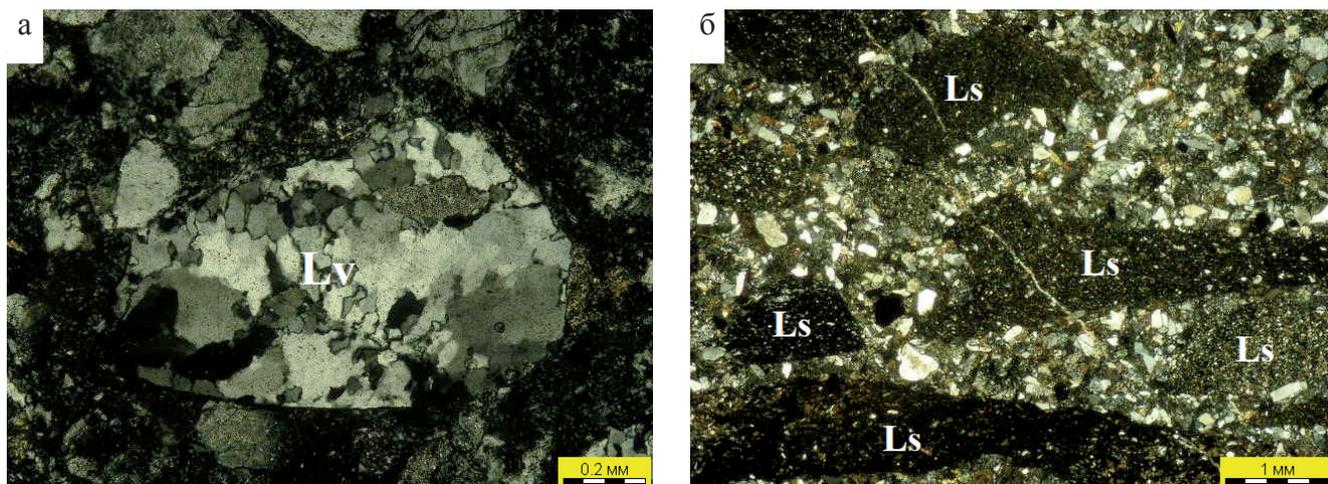


Рис. 6. Фотографии шлифов туфопесчаников перекатнинской свиты.

а – обломок гранитоида (Lv), шлиф № G16-10-100;  
б – окатыши туфоалевролитов (Ls), шлиф № G16-6-66. С анализатором.

Fig. 6. Photos of thin sections of tuff-sandstones of the Perekatnaya formation.

a – fragment of granite (Lv), thin section no. G16-10-100;  
б – pellets of tuff-aleurolite (Ls), thin section no. G16-6-66. With analyzer.

1. Туфопесчаники района р. Прав. Коначан (см. рис. 3) характеризуются повышенным содержанием обломков вулканических пород (59–71%) относительно таковых других литотипов, пониженным содержанием кварца (7–13) и полевых шпатов (21–26%). Иногда встречаются полевые шпаты с зональными структурами. Цемент чаще всего вулканогенно-глинистый.

2. Туфопесчаники района р. Ниж. Чивэтыквеем (см. рис. 3) имеют более низкое содержание обломков (55–63%), более высокое – кварца (13–17) и полевых шпатов (20–32%). Цемент чаще всего глинистый.

3. Туфопесчаники района р. Ольтян (см. рис. 3) занимают самую неопределенную область на диаграмме, для них характерно повышенное содержание обломков осадочных пород. Относительно пород районов рек Прав. Коначан и Ниж. Чивэтыквеем содержание литокластов понижено (40–69%), а кварца (8–28) и полевых шпатов (26–41%) повышено. Цемент, как правило, глинистый.

Гранулометрический анализ показал, что туфопесчаники перекатнинской свиты в основном представлены средне-мелкозернистыми и тонко-мелкозернистыми плохо сортированными разностями. С уменьшением доли кварца и полевых шпатов и увеличением вулканических литокластов наблюдаются ухудшение сортировки и окатанности материала и укрупнение среднего размера зерен. Зерна туфопесчаников на р. Прав. Коначан крупнее относительно отложений других районов. Медианный размер зерен в песчаниках района р. Прав. Коначан – 0.13–0.33, р. Ниж. Чивэтыквеем – 0.13–0.18, р. Ольтян – 0.07–0.14 мм. Таким

образом, можно заметить уменьшение зернистости с северо-запада на юго-восток (рис. 7).

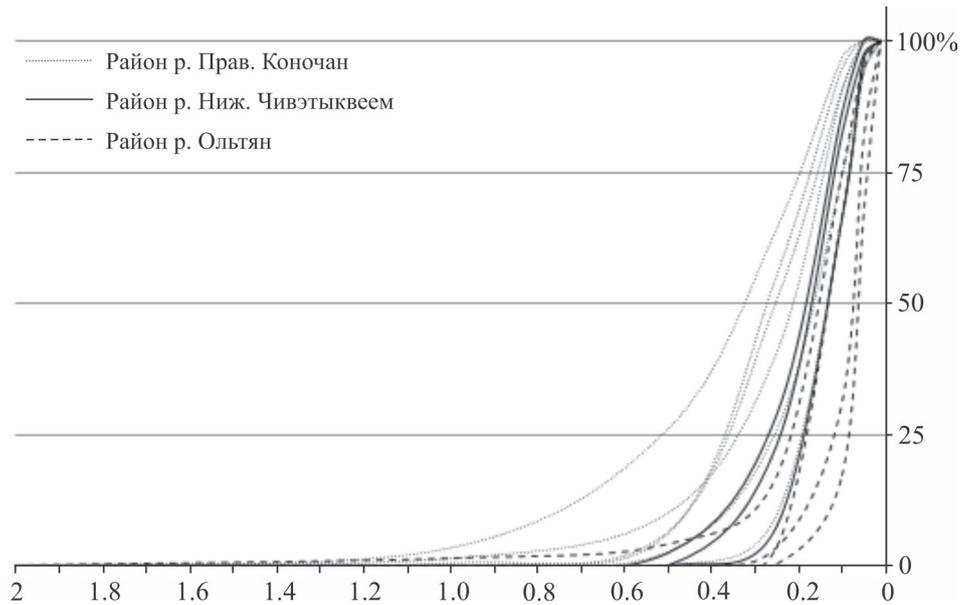
На динамогенетической диаграмме Г.Ф. Рожкова [Рожков, Соловьев, 1974] (рис. 8) с осями координат: эксцесс (E)–асимметрия (A), фигуративные точки изученных образцов в основном располагаются в поле III, что свидетельствует об отложении песчаников в условиях сильных речных или вдольбереговых течений.

На генетической диаграмме Р. Пассеги [Рейнек, Сингх, 1981] (рис. 9) фигуративные точки отложений перекатнинской свиты образовали несколько расплывчатых групп, соответствующих разным литотипам.

Породы района р. Прав. Коначан попали в область осадков перекатывания с незначительным количеством осадков взвеси (отложений, перемещавшихся по дну путем качения), частично в область осадков взвеси с некоторым количеством осадков перекатывания (отложения течений с высокими скоростями), а также в область отложений со средними скоростями.

Породы района р. Ниж. Чивэтыквеем попали в области осадков взвеси с некоторым количеством осадков перекатывания (отложения течений с высокими скоростями) и отложений течений со средними скоростями.

Породы района р. Ольтян попали в область отложений течений со средними скоростями и однородных осадков взвеси (отложений течений с низкими скоростями), одна проба – в область осадков взвеси с некоторым количеством осадков перекатывания (отложений течений с высокими скоростями).

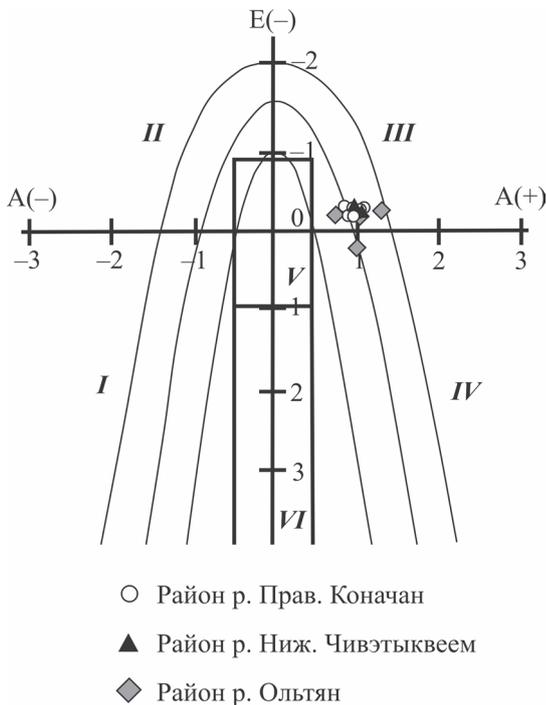


**Рис. 7.** Кумулятивные кривые для пород перекактинской свиты.

По оси абсцисс средние значения размерности в миллиметрах, по оси ординат – процентное содержание каждой фракции.

**Fig. 7.** The cumulative curves for the rocks of the Perekatnaya Formation.

The abscissa is the medium rate in millimeters, the ordinate is the percentage of each fraction.



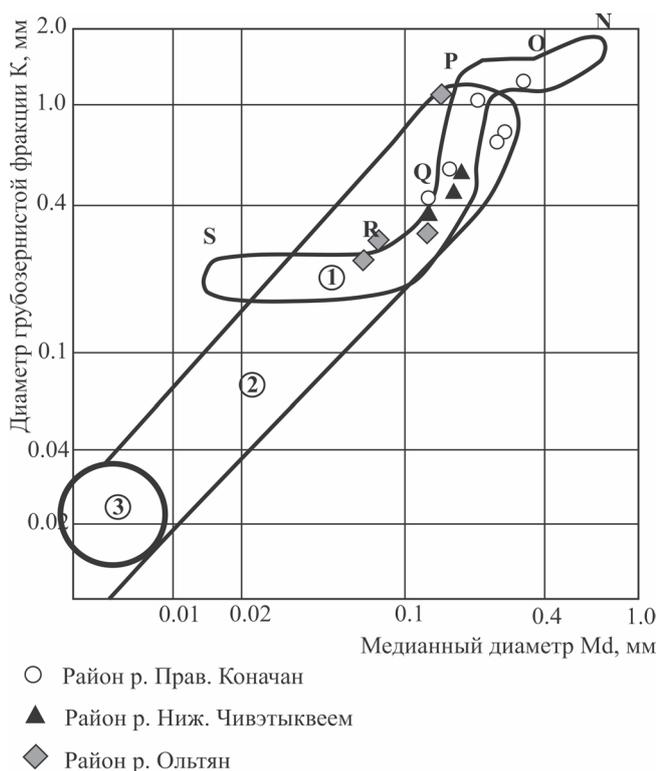
**Рис. 8.** Динамогенетическая диаграмма Г.Ф. Рожкова [Рожков, Соловьев, 1974] для пород перекактинской свиты.

Поля: I – донные течения или мутьевые потоки – морские фации; гидромеханическое или физическое разрушение магматических пород, эрозия горных пород морского происхождения – континентальные фации областей сноса, коры выветривания; II – слабые, пре-

имущественно речные течения – континентальные речные фации; III – сильные речные или вдольбереговые течения – континентальные речные или прибрежно-морские фации; IV – выход волн на мелководье, сильные вдольбереговые течения, накат волн – прибрежно-морские фации, континентальная микрофация пляжей больших равнинных рек; V – эоловая переработка речных осадков – верхняя половина прямоугольника – континентальная фация пустынь (континентальные дюны), нижняя правая четверть прямоугольника – волновые процессы на мелководье, нейтральная полоса побережья – прибрежно-морская фация; VI – выход волн на мелководье, мощный накат-прибой, скорость динамической пересортировки превышает скорость привноса обломочного материала – прибрежная фация огромных открытых акваторий.

**Fig. 8.** Dynamogenetic diagram by G.F. Rozhkov [Rozhkov, Solov'ev, 1974] for the rocks of the Perekatnaya Formation.

Fields: I – bottom currents or turbidity currents – sea facies, hydromechanical or physical destruction of igneous rocks, erosion of rocks of marine origin – continental facies of demolition areas, weathering crust; II – low, mainly river currents – continental river facies; III – strong river or shore currents – continental river or shore-marine facies; IV – the output of waves in shallow water, strong alongshore currents, the rolling of waves – coastal-marine facies, the continental microfacies of the beaches of large flat rivers; V – eolian processing of river sediments – upper half of the rectangle – continental facies of deserts (continental dunes), the lower right quarter of the rectangle – wave processes in shallow water, the inert shoreline – the shore-marine facies; VI – the output of waves in shallow water, a powerful groundswell-surf – the coastal facies of huge open water areas.



**Рис. 9.** Диаграмма СМ для определения способа переноса осадков Р. Пассеги [Рейнек, Сингх, 1981].

С – 1%-й квантиль; М – 50%-й квантиль, или медианный размер; N/O – осадки перекатывания; O/P – осадки перекатывания с незначительным количеством осадков взвеси; P/Q – осадки взвеси с некоторым количеством осадков перекатывания (отложение течений с высокими скоростями); Q/R – отложение течений со средними скоростями; R/S – однородные осадки взвеси (отложение течений с низкими скоростями).

1 – отложения потоков; 2 – турбидитные отложения; 3 – осадки, отложенные из взвеси в спокойных водах.

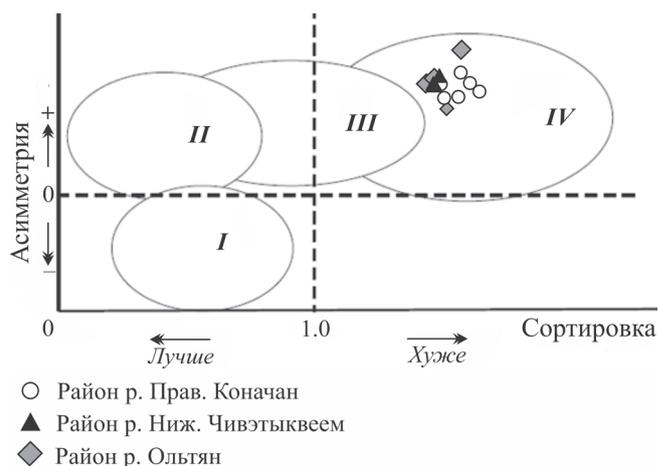
**Fig. 9.** The CM diagram for determining the method of transport of sediments by R. Passega [Reinek, Singkh, 1981].

С – 1% quantile; М – 50% quartile or median size; N/O – rolling sediments; O/P – rolling sediments with a slight amount of sediment of suspended matter; P/Q – sediments of suspended matter with a certain amount of rolling sediments (deposition of currents with high speed); Q/R – sedimentation of flows with medium speed; R/S – homogeneous precipitation of suspended matter (deposition of currents with low speed).

1 – stream sediments; 2 – turbidite deposits; 3 – sediments from suspended matter in calm waters.

ми) или отложений потоков, перемещавшихся путем качения по дну.

Такое распределение точек на диаграмме, возможно, связано с дельтовой обстановкой, где обычно существуют как застойный режим (снижение скоростей течений), так и быстрые течения в основных руслах и протоках. Отложения разных районов соответствовали разным участкам большой дельты.



**Рис. 10.** Соотношение отсортированности к асимметрии в отложениях перекатнинской свиты [Bjorlykke, 1989].

Поля: I – пляжевые, II – эоловые, III – речные, IV – турбидиты.

**Fig. 10.** The correlation of the sorting to asymmetry in the sediments of the Perekatnaya formation [Bjorlykke, 1989].

Fields: I – beach, II – eolian, III – river, IV – turbidity.

По соотношению отсортированности к асимметрии туфопесчаники относятся к турбидитовым (рис. 10). Можно отметить, что породы района р. Прав. Коначан хуже сортированы, чем таковые рек Ольтян и Ниж. Чивэтыквеем.

Таким образом, туфопесчаники, которые попали в область отложений потоков с высокими скоростями (см. рис. 9), характеризуются наивысшим содержанием вулканического материала (вулканических обломков и вулканокластического цемента), наименьшей долей кварца и полевых шпатов, худшей сортировкой (см. рис. 10) и максимальными размерами зерен. Породы, расположившиеся в области отложений с низкими скоростями (см. рис. 9), характеризуются наименьшим количеством литокластов, большей долей кварца и полевых шпатов, лучшей сортировкой (см. рис. 10) и минимальными размерами зерен. Породам, попавшим в поля со средними скоростями, свойственны среднее содержание литокластов, кварца, полевых шпатов, средние сортировка и размерность зерен.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В ходе исследований туфопесчаников перекатнинской свиты установлен их минеральный состав. Показано, что они представлены кварцево-полевошпатовыми, полевошпатовыми и собственно граувакками. Анализируя состав этих пород, богатых обломками вулканитов, можно предположить, что их накопление происходило синхронно

с вулканизмом. О пирокластическом происхождении свидетельствует наличие основных и средних плагиоклазов, обладающих наименьшей химической устойчивостью [Ван, Казанский, 1985]. Именно благодаря неустойчивости основных плагиоклазов в поверхностных условиях исключается возможность их переотложения механической транспортировкой, их присутствие считается индикатором одноциклического образования осадков [Шутов и др., 1972; Ван, Казанский 1985]. По соотношению кварца, полевых шпатов и литокластов можно сделать вывод о том, что вулканизм был связан с существованием вулканической дуги (диаграмма Р. Дикинсона, см. рис. 5). Кислые и средние разности литокластов свидетельствуют о разрушении вулканитов среднего и кислого состава.

Все туфопесчаники по соотношению отсортированности и асимметрии соответствуют турбидитам (см. рис. 10), т. е. отложениям мутьевых потоков [Маркевич, 2004]. По соотношению коэффициентов асимметрии и эксцесса туфопесчаники относятся к отложениям сильных речных или вдольбереговых течений, т. е. речным и прибрежно-морским фациям (см. рис. 8). Однако деятельность мутьевых потоков предполагает наличие относительно крутого подводного склона, что исключает образование пород в континентальных условиях. Кроме того, в условиях вдольбереговых течений, в прибрежно-морских обстановках, накапливается хорошо сортированный материал. Однако все изученные туфопесчаники плохо сортированы, что противоречит формированию отложений в таких обстановках. Тем не менее стоит иметь в виду, что обломочной материал любой системы несет отпечаток деятельности предыдущей. Поэтому осадконакопление, скорее всего, было связано с дельтами или продельями рек, которые, в свою очередь, коррелируют с деятельностью как речных, так и прибрежно-морских процессов. Таким образом, условия осадконакопления на рассматриваемой территории, видимо, отвечали умеренно глубоководной обстановке, в сравнительно небольшой удаленности от берега, а реки (их дельты) обеспечивали поставку обломочного материала для дальнейшего переноса.

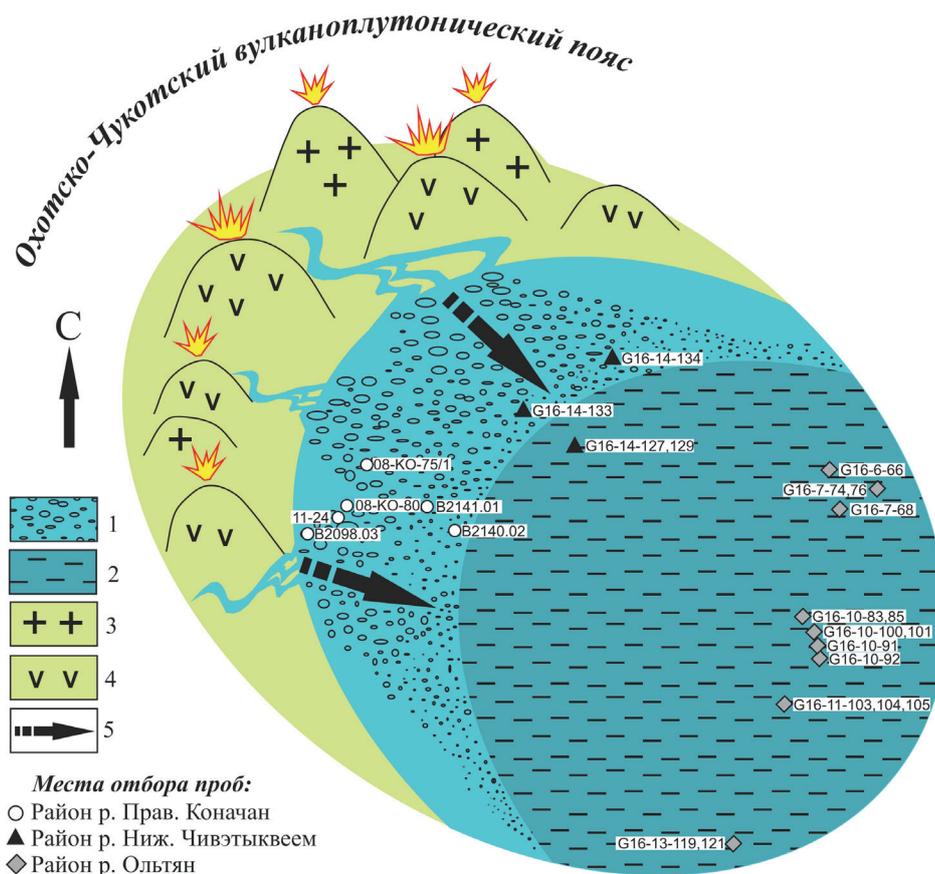
На основании разности вещественного и гранулометрического состава выделены литотипы туфопесчаников. По ним в отложениях перекачинской свиты отмечается изменение минерального состава: увеличение количества вулканогенного материала, представленного обломками вулканитов и вулканокластическим цементом, с параллельным уменьшением роли кварца и полевых шпатов по направлению с юго-востока на северо-запад. В том же направлении наблюдается изменение гранулометрического состава: увеличение среднего размера зерен и небольшое снижение

коэффициента сортировки и окатанности материала. Как отмечал Г.А. Мизенс [2005], такие изменения размера зерен могут быть связаны с накоплением более крупнозернистых фракций в верхней части глубоководного конуса выноса, среднезернистых – в средней части, более мелкозернистых – в нижней. Все это может указывать на то, что источник сноса находился на северо-западе. Таким образом, породы района р. Ольтян прошли более долгий путь миграции от источника сноса в отличие от таковых района р. Прав. Коначан.

Полученные данные свидетельствуют об уменьшении скоростей потоков с северо-запада на юго-восток. Наличие высоко- и низкоскоростных областей, возможно, связано с продельтовой обстановкой, где обычно существуют как застойный режим (снижение скоростей течений), так и быстрые течения в основных руслах и протоках, или выделением в подводном конусе разных частей (верхней, средней, нижней). Изменение скоростей потока при формировании различных литотипов может быть связано и с образованием веерообразного конуса выноса, где, по закону Бернулли, при увеличении сечения русла потока скорость уменьшается. Ее снижение также может быть связано с затуханием силы потока. Следовательно, породы района р. Ольтян располагаются дальше от источника сноса, чем таковые района р. Прав. Коначан, они являются более дистальными. На северо-западе (в современных координатах) поверхность палеорельефа была более наклонной, с более быстрыми течениями, а на юго-востоке скорости потоков уменьшались, поверхность начинала выполаживаться. Таким образом, изменение скоростей течения могло быть обусловлено изменением наклона склона, по которому перемещалась суспензия.

Полученные данные подтверждают предположения о происхождении и способе осадконакопления туфопесчаников (за счет движения мутьевых потоков вблизи вулканической дуги) и, таким образом, не противоречат гипотезам о существовании вулканически активной континентальной окраины в альб-туронское время на территории Усть-Бельских гор.

В результате обобщения полученных данных построена палеотектоническая модель для района Усть-Бельских гор в альб-туронское время (рис. 11). На ней показано, что миграция материала происходила с северо-запада на юго-восток (в современных координатах). Материал поступал за счет разрушения активно действующей вулканической постройки, существовавшей в то время. Скорее всего это была часть Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса, уже функционирующего в альб-туронское время. Отложения формировались в морских условиях, недалеко от берега, вблизи речных дельт или продельт.



**Рис. 11.** Палеотектоническая реконструкция для альб-туронского времени.

1 – часть бассейна, где накапливается более крупный материал; 2 – часть бассейна, где накапливается более мелкий материал; 3 – кислые вулканисты; 4 – средние вулканисты; 5 – основные направления миграции обломочного материала от источника сноса.

**Fig. 11.** Paleotectonic reconstruction for Alb-Turonian time.

1 – part of the basin, where larger material accumulates; 2 – part of the basin, where smaller material accumulates; 3 – acidic volcanics; 4 – intermediate volcanics; 5 – main directions of clastic material migration from the source of demolition.

## ВЫВОДЫ

На основании изучения гранулометрического и вещественного состава пород перекатнинской свиты в районе Усть-Бельских гор выделено несколько литотипов. Их анализ позволил сделать следующие выводы.

1. Накопление туфопесчаников происходило синхронно с вулканизмом, который обеспечивал поступление большого количества вулканического материала кислого и среднего состава и был связан с существованием активной континентальной окраины.

2. Источник сноса располагался в северо-западной части региона. Наиболее вероятно, что это была вулканическая система Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса, которая была активной в то время.

3. Отложения накапливались в морских условиях, мутьевыми потоками в умеренно глубоковод-

ной обстановке, в сравнительно небольшой удаленности от берега, а реки (их дельты) обеспечивали поставку обломочного материала для дальнейшего переноса.

4. Условия осадконакопления можно соотнести с обстановками, характерными для продельт либо для области вблизи дельт или продельт.

*Статья подготовлена при поддержке грантов Президента РФ МК-132.2017.5 и РФФИ 17-05-00795. Полевые работы выполнены при финансировании гранта РНФ 16-17-10251.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александров А.А. (1978) Покровные и чешуйчатые структуры в Корякском нагорье. М.: Наука, 121 с.  
Ван А.В., Казанский Ю.П. (1985) Вулканокластический материал в осадках и осадочных породах. Новосибирск: Наука, 127 с.  
Зинкевич В.П. (1981) Формации и этапы тектонического

- развития севера Корякского нагорья. М.: Наука, 110 с.
- Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. (1990) Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 2. М.: Недра, 334 с.
- Крашенинников Г.Ф., Волкова А.Н., Иванова Н.В. (1988) Учение о фациях с основами литологии. М.: МГУ, 214 с.
- Логвиненко Н.В., Сергеева Э.И. (1986) Методы определения осадочных пород. Л.: Недра, 240 с.
- Маркевич П.В. (2004) “Турбидиты” и “флиш” без пояснений – опасные термины. *Вестн. ДВО РАН*, **116**(4), 95-105.
- Мизенс Г.А. (2005) Отложения глубоководных бассейнов геологического прошлого. Учеб.-метод. пособ. по дисциплинам “Литология”, “Историческая геология”, “Анализ осадочных бассейнов” для студентов специальности 130304 – “Геология нефти и газа”. Екатеринбург: УГГУ, 85 с.
- Некрасов Г.Е. (1976) Тектоника и магматизм Тайгоноса и Северо-Западной Камчатки. М.: Наука, 160 с.
- Очерки тектоники Корякского нагорья. (1982) (Отв. ред. Ю.М. Пушаровский, С.М. Тильман). М.: Наука, 219 с.
- Парфенов Л.М., Натапов Л.М., Соколов С.Д., Цуканов Н.В. (1993) Террейны и аккреционная тектоника Северо-Востока Азии. *Геотектоника*, (1), 68-78.
- Рейнек Г.Э., Сингх И.Б. (1981) Обстановки терригенно-осадконакопления. М.: Недра, 439 с.
- Рожков Г.Ф., Соловьев Б.С. (1974) Результаты систематизации дробных ситовых анализов. *Литология и полезн. ископаемые*, (5), 110-117.
- Соколов С.Д. (1992) Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 182 с.
- Соколов С.Д. (2010) Очерк тектоники Северо-Востока Азии. *Геотектоника*, (6), 60-78.
- Соколов С.Д., Бондаренко Г.Е., Морозов О.Л., Григорьев В.Н. (1999) Зона перехода Азиатский континент–Северо-Западная патифика в позднюрско-раннемеловое время. *Теоретические и региональные проблемы геодинамики*. М.: Наука, 30-84.
- Соколов С.Д., Бялобжеский С.Г. (1996) Террейны Корякского нагорья. *Геотектоника*, (6), 68-80.
- Фролов В.Т. (1993) Литология. Учеб. пособие. Кн. 2. М.: МГУ, 432 с.
- Шутов В.Д., Коссовская А.Г., Муравьев В.И., Юркова Р.М., Соколова Т.Н. (1972) Граувакки. М.: Наука, 345 с.
- Bjorlykke K. (1989) *Sedimentology and Petroleum Geology*. Berlin; Heidelberg, Springer Verlag, 363 p.
- Dickinson W.R., Suczek C.A. (1979) Plate tectonics and sandstone compositions. *AAPG Bull.*, **63**(12), 2164-2182.
- Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H., Norton I.O., Khanchuk A.I., Stone D.W., Fujita K. (1998) Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific. *USGS open-file report*, 98-754.
- Trask P.D. (1932) Origin and environment of source sediments of petroleum. Gulf. publ. Co. Houston, 323 p.
- the Koryak highland]. Moscow, Nauka Publ., 121 p. (In Russian)
- Bjorlykke K. (1989) *Sedimentology and Petroleum Geology*. Berlin; Heidelberg, Springer Verlag, 363 p.
- Dickinson W.R., Suczek C.A. (1979) Plate tectonics and sandstone compositions. *AAPG Bull.*, **63**(12), 2164-2182.
- Frolov V.T. (1993) *Litologiya* [Lithology]. V. 2. Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 432 p. (In Russian)
- Krasheninnikov G.F., Volkova A.N., Ivanova N.V. (1988) *Uchenie o fatsiyakh s osnovami litologii* [The doctrine of facies with the foundations of lithology]. Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 214 p. (In Russian)
- Logvinenko N.V., Sergeeva E.I. (1986) *Metody opredeleniya osadochnykh porod* [Methods for the determination of sedimentary rocks]. Leningrad, Nedra Publ., 240 p. (In Russian)
- Markevich P.V. (2004) “Turbidites” and “flysh” are dangerous terms without explanations. *Vestn. FEB RAS*, **116**(4), 95-105. (In Russian)
- Mizens G.A. (2005) *Otlozheniya glubokovodnykh basseinov geologicheskogo proshlogo* [Deposits of deepwater basins of the geological past]. Educational and methodological manual on disciplines “Lithology”, “Historical geology”, “Analysis of sedimentary basins” for students of specialty “Geology of oil and gas”. Ekaterinburg, USMU Publ., 85 p. (In Russian)
- Nekrasov G.E. (1976) *Tektonika i magmatizm Taigonosa i Severo-Zapadnoi Kamchatki* [Tectonics and magmatism of Taygonos and North-West Kamchatka]. Moscow, Nauka Publ., 160 p. (In Russian)
- Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H., Norton I.O., Khanchuk A.I., Stone D.W., Fujita K. (1998) Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific. *USGS open-file report*, 98-754.
- Ocherki tektoniki Koryakskogo nagor'ya* [Essays of Koryak Highlands tectonics]. (1982) (Eds Yu.M. Pusharovskiy, S.M. Til'man). Moscow, Nauka Publ., 219 p. (In Russian)
- Parfenov L.M., Natapov L.M., Sokolov S.D., Tsukanov N.V. (1993) Terranes analysis and accretion tectonics in north-east Asia. *Geotektonika*, (1), 68-78. (In Russian)
- Reinek G.E., Singkh I.B. (1981) *Obstanovki terrigennoy osadkonakopleniya* [The environments of terrigenous sedimentation]. Moscow, Nedra Publ., 439 p. (In Russian)
- Rozhkov G.F., Solov'ev B.S. (1974) Results of systematization of fractional sieve analysis. *Lithol. Polezn. Iskop.* (5), 110-117. (In Russian)
- Sokolov S.D. (1992) *Akkretionnaya tektonika Koryaksko-Chukotskogo segmenta Tikhookeanskogo poyasa* [Accretion tectonics of the Koryak-Chukchi segment of the Pacific belt]. Moscow, Nauka Publ., 182 p. (In Russian)
- Sokolov S.D. (2010) Tectonics of Northeast Asia. An overview. *Geotectonics*, **44**(6), 493-509.
- Sokolov S.D., Bondarenko G. E., Morozov O.L., Grigor'ev V.N. (1999) The Asian continent-northwestern Pacific transitional zone in the Late Jurassic and Early Cretaceous. *Teoreticheskie i regional'nye problemy geodinamiki* [Theoretical and Regional Problems in Geodynamics]. Moscow, Nauka Publ., 30-84. (In Russian)
- Sokolov S.D., Byalobzheskii S.G. (1996) Terranes of the Koryak Highland. *Geotektonika*, (6), 68-80. (In Russian)
- Shutov V.D., Kossovskaya A.G., Murav'ev V.I., Yurkova R.M., Sokolova T.N. (1972) *Grauvakki* [Greywackes]. Moscow, Nauka Publ., 345 p. (In Russian)

## REFERENCES

Aleksandrov A.A. (1978) *Pokrovnye i cheshuichatye struktury v Koryakskom nagor'e* [Fold and sheet structures in

- Trask P.D. (1932) Origin and environment of source sediments of petroleum. Gulf. publ. Co. Houston, 323 p.
- Van A.V., Kazanckii Yu.P. (1985) *Vulkanoklasticheskiy material v osadkakh i osadochnykh porodakh* [Vulcanoclastic material in sediments and sedimentary rocks]. Novosibirsk, Nauka Publ., 127 p. (In Russian)
- Zinkevich V.P. (1981) *Formatsii i etapy tektonicheskogo razvitiya severa Koryakskogo nagor'ya* [Formations and stages of tectonic development of the north of the Koryak Highland]. Moscow, Nauka Publ., 110 p. (In Russian)
- Zonenshain L.P., Kuz'min M.I., Natapov L.M. (1990) *Tektonika litosfernykh plit territorii SSSR* [Tectonics of lithosphere plates of the USSR territory]. V. 2. Moscow, Nedra Publ., 334 p. (In Russian)