

Девонский коллектор алмазов Урала

Ю. Г. Пактовский, А. Г. Попов

Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ), 614990, г. Пермь,
ул. Букирева, 15, e-mails: urijpaktovskij65@gmail.com; p11p@mail.ru

Поступила в редакцию 01.04.2023 г., принята к печати 25.08.2023 г.

Объект исследования. Девонский коллектор алмазов на Урале, такатинская свита эмского яруса нижнего девона (D_{1tk}). **Цель.** Подтверждение и определение условий алмазоносности объекта исследования. **Материалы и методы.** Обобщение первичной и интерпретированной геологической информации. Литолого-фациальный анализ. Историко-геологическая реконструкция. Картографический анализ и геолого-картографическое моделирование в среде ГИС ArcMapESRY с использованием модуля ModelBuilder. **Результаты.** Такатинская свита входит в состав эмского яруса нижнего девона. В тектоническом отношении свита располагается в Западно-Уральской зоне складчатости. Алмазоносность Урала пространственно связана с выходами такатинской свиты. Промышленная алмазоносность и наибольшая плотность россыпей алмазов приходятся на Вишерский, Чикманский и Чусовской алмазоносные районы Северного и Среднего Урала в пределах Пермского края. В Вишерском алмазоносном районе в раннем девоне существовало такатинское море; в направлении с северо-запада на юго-восток протекала крупная река с дельтой. Осадки свиты составляют фациальный цикл: русловой аллювий – дельтовые осадки – подводно-дельтовые – морские осадки. Алмазы сконцентрированы в толще грубообломочного аллювия, мелкогалечных базальных конгломератов, которые формировались на кромке суши и моря палеоконтинента Русской плиты. Выделены три фациальных типа разреза такатинской свиты: континентальный, прибрежно-морской и морской. Алмазоносность связана с континентальным и прибрежно-морским осадками свиты, в пределах Пермского края. На север и юг от алмазоносных районов Пермского края такатинская свита представлена морскими осадками. По геодинамической модели, аллювиальные и прибрежно-морские такатинские россыпи алмазов сформировались в эмское время раннедевонской эпохи в результате сноса материала с Русской плиты. Источниками сноса являлись породы докембрия, ордовика и силура. Основным пространственно-геоморфологическим поисковым критерием алмазоносных конгломератов такатинской свиты является предельное расстояние сноса от алмазоносных конгломератов такатинской свиты до кайнозойских россыпей, равное 500 м.

Ключевые слова: алмаз, такатинская свита, геодинамическая модель, поисковые критерии, Урал, Пермский край

Devonian diamond reservoir of the Urals

Yuriy G. Paktovskiy, Andrey G. Popov

Perm State National Research University (PSNIU), 15 Bukireva st., Perm 614990,
e-mails: urijpaktovskij65@gmail.com; p11p@mail.ru

Received 01.04.2023, accepted 25.08.2023

Research subject. The Takata formation of the Emsian tier of the Lower Devonian (D_{1tk}) in the Urals is a reservoir of Devonian diamonds. **Aim.** Confirmation and determination of the diamond-bearing conditions of the reservoir. **Materials and Methods.** Generalization of primary and interpreted geological information. Lithofacial analysis. Historical and geological reconstruction. Cartographic analysis and geological and cartographic modeling in the ArcMapESRY GIS environment using the ModelBuilder module. **Results.** The Takata formation is part of the Emsian tier of the Lower Devonian. Tectonically, the Takata formation is located in the West Ural Folded Zone. The diamond content in the Urals is spatially related to the outputs of the Takata formation. The industrial diamond-bearing capacity and the highest density of diamond placers are located in the Vishersky, Chykmansky and Chusovskoy diamond-bearing regions of the Northern and Middle Urals within the Perm Krai. In the early Devonian, the Takata Sea existed in the Vishera diamond-bearing area; a large river with a delta flowed in the direction from northwest to southeast. The sediments of the formation comprise the facies cycle: flood-plain – channel alluvium – delta sediments – underwater-delta – marine sediments. Diamonds are concentrated in the thickness of coarse-grained alluvium, small-pebble basal conglomerates that formed on the land-sea boundary of the paleocontinent of the Russian Plate. Three facies types of the Takata formation section are distinguished: continental, coastal-marine and marine. Its diamond-bearing capacity is associated with the continental and coastal-marine sediments of the forma-

Для цитирования: Пактовский Ю.Г., Попов А.Г. (2023) Девонский коллектор алмазов Урала. *Литосфера*, 23(4), 683–700. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-4-683-700>

For citation: Paktovskiy Yu.G., Popov A.G. (2023) Devonian diamond reservoir of the Urals. *Lithosphere (Russia)*, 23(4), 683–700. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-4-683-700>

© Ю.Г. Пактовский, А.Г. Попов, 2023

tion within the Perm Region. To the north and south of the diamond-bearing areas of the Perm Krai, the Takata formation is represented by marine sediments. According to the geodynamic model based on the geological section of the Northern Urals, the alluvial and coastal-marine Takata diamond placers were formed in the early Devonian as a result of the demolition of material from the Russian Plate. The sources of destruction were rocks of the Precambrian, Ordovician and Silurian. The main spatial-geomorphological criterion for searching for diamond-bearing conglomerates of the Takata formation is the maximum distance of demolition from these conglomerations to placers, equal to 500 m.

Keywords: *diamond, Takata formation, geodynamic model, search criteria, Ural, Perm Region*

ВВЕДЕНИЕ

Алмазоносность Урала представлена россыпями различного генезиса, к которым относятся и древние палеозойские россыпи – промежуточные коллекторы алмазов (Ишков, 1966; Попов, 2005, 2009, 2014а, 2014б; Харитонов, 2007; Пактовский и др., 2021). Промежуточными коллекторами являются базальные грубообломочные толщи трансгрессивного цикла осадконакопления, которые на Урале имеют местные стратиграфические названия в зависимости от района их геологического открытия и описания: такатинская (D_{1tk}), колчимская (S_{1kl}) и полюдовская (O_{3pl}) свиты. Соответственно названы и коллекторы алмазов: девонский, силурийский и ордовикский. По первым двум в последние десятилетия доказана промышленная алмазность пород. В такатинской свите девонского коллектора Вишерского алмазоносного района известны два месторождения алмазов: Ишковский карьер (установлено по результатам геолого-разведочных работ 1965–1973 гг.; Ветчанинов, 1987) и Сухая Волынка (открыто по результатам поисковых работ 2007–2012 гг., В.А. Чуйко, Н.Г. Калашников, Ю.Г. Пактовский, А.Г. Попов). По Ишковскому карьеру существует обширная литература, в том числе опубликованная, по Сухой Волынке научные публикации только начинают появляться (Илалдинов, Пактовский, 2023; Томилина и др., 2023). Цель данной работы – представить такатинскую свиту по разрезам Вишерского алмазоносного района. Предлагается основной критерий алмазности для прогнозирования новых алмазоносных россыпей и месторождений.

Краткая историческая справка

В первой половине 1930-х гг. коллектив геологов Башкирского геологического управления (Г.В. Вахрушев, Э.Х. Алкснэ, А.П. Тяжева, А.И. Олли) закартировал на Южном Урале базальную толщу девонской системы, залегающую с угловым и стратиграфическим несогласием на комплексе более древних пород (Олли, 1948). По свидетельствам А.И. Олли (1948) и Б.М. Келлера (1947), именно А.П. Тяжева в 1935 г. описывала такатинский разрез в нижнем течении р. Таката (левый приток р. Зилим, Башкор-

тостан). Позднее термин “такатинская свита, слой” как таксон местной стратиграфической шкалы появился в Стратиграфическом словаре СССР (Марковский, 1956).

На Северном Урале, в Колво-Вишерском крае, во время работ экспедиции ВНИГРИ (1949–1955 гг.) термин “такатинская свита” использовал Н.Г. Чочиа (1955). Геологи экспедиции впервые выделили 13 разрезов такатинской свиты, в которых базальные отложения девона залегают на породах верхнего протерозоя–нижнего палеозоя.

Особенное значение такатинская свита приобрела во второй половине 1960-х гг., когда в результате работ Съёмочно-тематической экспедиции Пермского геолого-разведочного треста под руководством А.Д. Ишкова (1959–1967 гг.) было установлено, что базальные отложения такатинской свиты являются промежуточным коллектором алмаза, определяющим алмазоносность четвертичного аллювия современных рек и мезо-кайнозойских депрессий (Ишков, 1966).

С 1960-х гг. такатинская свита изучалась центральными и региональными геологическими институтами и университетами (ВСЕГЕИ; ЦНИГРИ; научные центры УрО РАН в городах Сыктывкар, Екатеринбург, Уфа; Пермский политехнический институт; Пермский государственный университет и др.), а также производственными геологическими коллективами (Вишерагеология, Яйвагеология, Пермская геологоразведочная экспедиция, Геокарта-Пермь, ЗАО “Пермгеологодобыча”, ЗАО “Уралалмаз” и др.). За несколько последних десятилетий накоплен огромный материал по геологическому изучению такатинской свиты (Харитонов, 2021); найдена фауна раннего девона (Чувазов, Шуйский, 2003); по детритным цирконам определены области сноса обломочного материала свиты (Кузнецов и др., 2014; Пыжова, Попова, 2015). На повестке дня стоит актуальный вопрос нового обобщения всех полученных за это время данных (Попов и др., 2018; Пактовский и др., 2021).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Картографический анализ положения такатинской свиты нижнего девона по цифровым моделям Государственных геологических карт (ГГК)

масштаба 1 : 1 000 000 (<https://vsegei.ru/ru>). Обобщение и анализ материалов первичной геологической информации и научных публикаций по такатинской свите с привлечением собственных исследований. Литолого-фациальный анализ. Историко-геологическая реконструкция и геолого-картографическое моделирование в среде ГИС ArcMapESRY с использованием модуля ModelBuilder.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Стратиграфическое, структурно-тектоническое положение и алмазоносность такатинской свиты

Такатинская свита входит в состав эмсского яруса нижнего девона по стратиграфической схеме девонских отложений западного склона Урала (табл. 1).

В тектоническом отношении такатинская свита расположена в Западно-Уральской зоне складчатости (ЗУЗС) и Улсовско-Тыпыльской мегасинклинали (рис. 1). В современной систематике ЗУЗС сопоставляется с Бельско-Елецкой структурно-фациальной зоной (СФЗ). Улсовско-Тыпыльский мегасинклинорий в отдельное структурно-фациальное подразделение не выделен.

Такатинская свита прослежена на 1500 км по меридиональному простирацию уральских структур. Крайняя северная точка свиты – 65°30' с. ш., на Северном Урале, на реках Косью и Кожим (Республика Коми); южная точка – 53° с. ш., на

Южном Урале, в долинах и на водоразделе рек Белая и Бол. Ик (Республика Башкортостан). Пространственно алмазоносность Урала совпадает с выходами такатинской свиты. Исключением является проявления алмазоносности на ЦУПе Южного Урала (л. N-40, г. Уфа), где мелкие единичные алмазы, обнаруженные в аллювии, поступали от гипербазитовых массивов Крака Зилаирского мегасинклинория. Повышенная плотность россыпей, россыпных проявлений и промышленных россыпей наблюдается на Колчимско-Полюдовском поперечном поднятии и Язывинско-Чусовской складчатой надвиговой зоне ЗУЗС (Северный и Средний Урал, л. Р-40, Красновишерск и О-40, г. Пермь). Эту зону повышенной алмазоносности составляют Вишерский, Чикманский, Чусовской, а также Улсовско-Койвинский алмазоносные районы в пределах Пермского края (Попов, 2009; Попов и др., 2018). На север и юг от этой зоны промышленная алмазоносность такатинской свиты исчезает. Попробуем разобраться в причинах этого. Приведем краткое описание такатинских отложений Урала с севера на юг.

На Приполярном Урале отложения такатинской свиты представляют собой морской тип разреза. Мелкозернистые такатинские песчаники со стратиграфическим перерывом залегают на породах пражского и лохковского ярусов нижнего девона (Цыганко, 2011). На Северном и Среднем Урале такатинская свита фациально представлена тремя типами разрезов: континентальным, переходным и морским, на чем мы остановимся подроб-

Таблица 1. Стратиграфическое положение такатинской свиты на Северном и Среднем Урале (Унифицированные схемы Урала, 1993) с дополнениями авторов

Table 1. Stratigraphic position of the Takata formation in the Northern and Middle Urals (Unified Schemes of the Urals, 1993) with additions by the authors

Система	Отдел	Ярус	Горизонт	Фаии	
Девонская – D	Средний – D ₂	Живетский	Кыновский	Морские	
			Пашийский	Континентальные, морское мелководье	
			Чеславский	Морские	
			Чусовской		
		Эйфельский	Афонинский		
			Бийский (верхняя часть)		
		Нижний – D ₁	Эмсский	Бийский (нижняя часть)	Континентальные, аллювиальные, прибрежно-морские
				Койвинский	
				Вязовский	
				Ваняшкинский	
	<i>Такатинский</i>				
	Пражский			Филиппчукский	
			Лохковский	Сотчемкыртинский	
				Овинпармский	
			Подстилающие отложения		

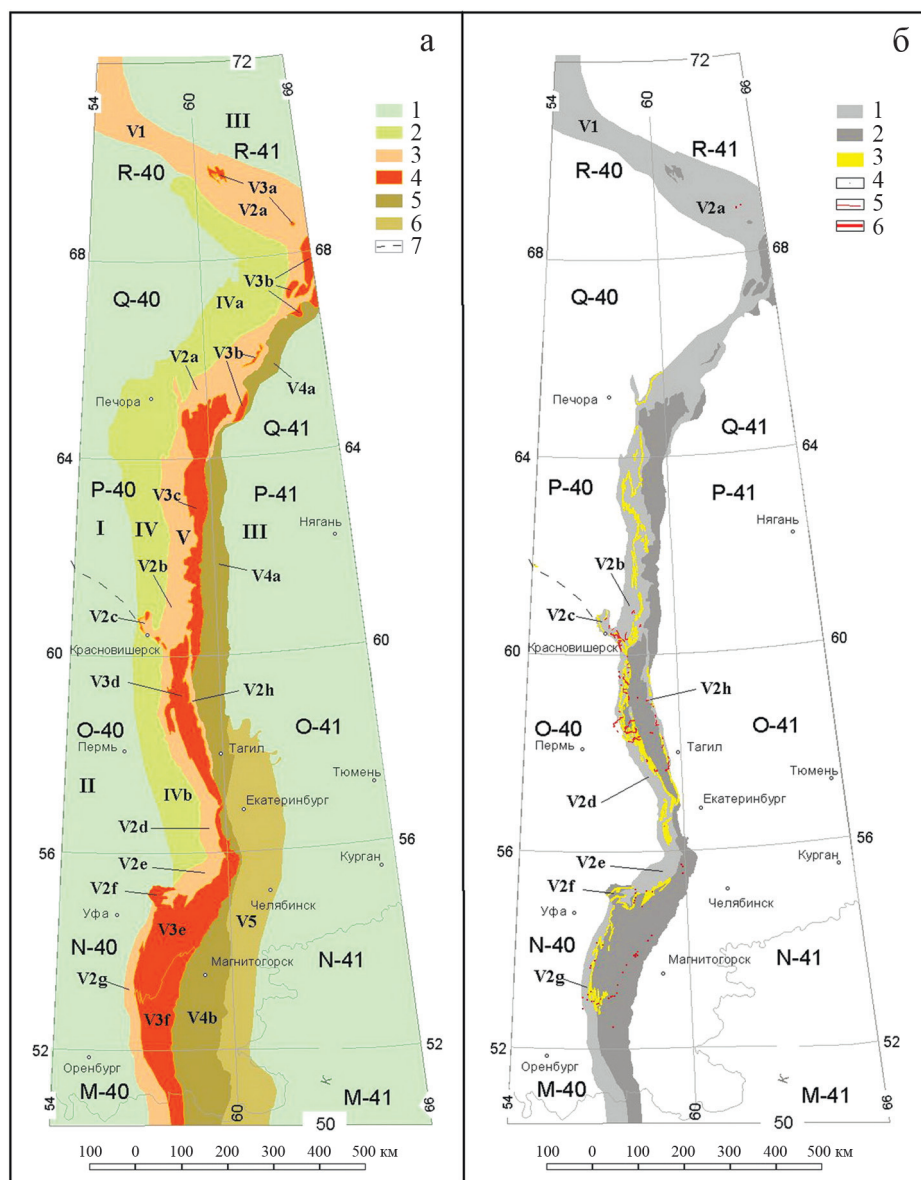


Рис. 1. Структурно-тектоническое положение такатинской свиты на Урале.

Полистная разграфка и номенклатура отвечают Государственной геологической карте масштаба 1 : 1000 000 (<https://vsegei.ru/ru/>).

а – схема тектонического районирования Урала (Попов, 2020): 1 – платформы и плиты; 2 – Предуральский краевой прогиб, на севере – Предуральско-Пайхойский краевой прогиб; 3 – ЗУЗС, Западно-Уральский мегамоноклинорий, на севере – Пайхойско-Новоземельская складчатая система; 4 – ЦУП или Центрально-Уральская антиклинорная зона (мегаантиклинорий); 5 – Тагило-Магнитогорский синклинорий; 6 – Восточно-Уральская зона; 7 – тиманский разлом. Тектонические структуры: I – Тимано-Печорская плита; II – Русская плита; III – Западно-Сибирская плита; IV – Предуральский, Пайхойский краевой прогиб (IVa – Тимано-Печорской плиты, IVb – Восточно-Европейской платформы); V – Новоземельско-Урало-Монгольский складчатый пояс; V1 – Пайхойско-Новоземельская складчатая система; V2 – Западно-Уральская складчатая зона (V2a – Новоземельско-Уральская складчатая система, переходящая в Лемвинский аллохтон, V2b – Косью-Вишерская складчатая надвиговая зона, V2c – Колчимско-Полудовское поперечное поднятие (система клипов), V2d – Язвинско-Чусовская складчатая надвиговая зона, V2e – Дружининский моноклинорий, V2f – Симский (Каратауский) блок, V2g – Ашинско-Алимбетовский моноклинорий, V2h – Улсовско-Тыпыльская (Улсовско-Велсовская) мегаантиклинорная зона, V3 – Центрально-Уральское поднятие (V3a – докембрийские выступы фундамента, V3b – Полярно-Уральский, Ляпинский, Харбейский антиклинории и Неркаюсский блок, V3c – Ляпинско-Кутимский мегаантиклинорий, V3d – Кваркушско-Каменогорский и Уфалейский мегаантиклинорий, V3e – Башкирский антиклинорий, V3f – Зилаирский синклинорий и Уралтауский антиклинорий); V4 – Тагило-Магнитогорский мегаантиклинорий (V4a – Тагильский синклинорий, V4b – Магнитогорский синклинорий); V5 – Восточно-Уральская зона.

б – схема расположения такатинской свиты на тектонических структурах с россыпями и проявлениями алмазов (на схеме не показаны месторождения импактных алмазов Карских астроблем листа R-41): 1 – ЗУЗС, 2 – ЦУП, 3 – выходы такатинской свиты (D_{1tk}), 4 – проявления алмазоносности, 5 – промышленные россыпи алмазов.

Fig. 1. Structural and tectonic position of the Takata formation in the Urals.

Sheet layout and nomenclature corresponds to the State Geological Map at a scale of 1 : 1,000,000 (<https://vsegei.ru/ru/>).

a – Scheme of tectonic zoning of the Urals (Popov, 2020): 1 – platforms and plates; 2 – Cis-Ural foredeep in the north – Cis-Ural-Paikhoi marginal trough; 3 – West Ural folding zone (ZUZZ), West Ural megamonoclinorium, in the north – Paikhoi-Novaya Zemlya folded system; 4 – Central Ural uplift (TsUP) or Central Ural anticlinorium zone (megaanticlinorium); 5 – Tagil-Magnitogorsk synclinorium; 6 – East Ural zone; 7 – Timan fault. Tectonic structures: I – Timan-Pechora plate; II – Russian plate; III – West Siberian plate; IV – Cis-Ural, Paikhoi marginal foredeep (IVa – Timan-Pechora plate, IVb – East European platform); V – Novaya Zemlya-Ural-Mongolian fold belt; V1 – Paikhoi-Novaya Zemlya folded system; V2 – West Ural folded zone (V2a – Novaya Zemlya-Ural folded system, passing into the Lemvinsky allochthon, V2b – Kosyu-Vishera folded thrust zone, V2c – Kolchimsko-Polyudovsky transverse uplift (system of clips), V2d – Yazva-Chusovskaya folded thrust zone, V2e – Druzhinsky monoclinorium, V2f – Sim (Karatau) block, V2g – Ashinsky-Alimbetovsky monoclinorium, V2h – Ulsovsko-Typylskaya (Ulsovsko-Velsovskaya) megasyncline); V3 – Central Ural uplift (V3a – Precambrian basement protrusions, V3b – Polar-Ural, Lyapinsky, Kharbeysky anticlinorium and Nerkeyus block, V3c – Lyapinsko-Kutimsky megaanticlinorium, V3d – Kvar Kush-Kamenogorsk and Ufaleysky megaanticlinorium, V3e – Bashkir anticlinorium, V3f – Zilairsky synclinorium and Uraltausky anticlinorium); V4 – Tagil-Magnitogorsk megasynclinorium (V4a – Tagil synclinorium, V4b – Magnitogorsk synclinorium); V5 – East Ural zone.

б – Scheme of the location of the Takata formation on tectonic structures with placers and occurrences of diamonds (the diagram does not show impact diamond deposits of the Kara astroblems of sheet R-41): 1 – West Ural folding zone, 2 – Central Ural uplift, 3 – outcrops of the Takata formation (D_{1tk}), 4 – manifestations of diamond content, 5 – industrial placers of diamonds.

нее в дальнейшем. На Южном Урале хорошо изученный стратотипический разрез такатинской свиты (л. N-40, г. Уфа) является существенно морским и представлен песчаниками и аргиллитами с прослоями гравелитов. В пределах л. M-40 (г. Оренбург) такатинская свита, объединенная с вязовской ($D_{1tk} + vz$), также отвечает морскому типу разреза.

Таким образом, как на север от Пермского края, так и на юг в синхронном разрезе такатинской свиты преобладают морские фации, в то время как в алмазоносных районах Пермского края наблюдаются континентальные и переходные от континентальных к морским (Смирнов и др., 1977; Попов и др., 2018).

Это региональное обобщение указывает на питающую провинцию алмазоносных россыпей, которая может быть расположена в Волго-Уральской части кратона Балтика (Богданова и др., 2009; Пучков, 2010; Хераскова и др., 2023). Эту же мысль на основании тектонического и историко-геологического анализа высказывал еще Ю.Д. Смирнов (1965).

Формально первоисточники алмазов Урала не установлены, но по сумме косвенных данных предполагается их кимберлитовая природа (Зинчук и др., 2005; Пучков, 2016). Алмазы промежуточных коллекторов, мезокайнозойских и современных россыпей практически идентичны (Захарченко и др., 2006). Детальное изучение изотопного состава углерода в уральских россыпных алмазах показало, что эти значения характерны для алмазов из кимберлитов (Галимов и др., 1989). О кимберлитовой природе уральских алмазов свидетельствуют результаты исследования поверхностных форм под электронным микроскопом, проведенные в Пермском университете. Электронное микроскопическое исследование высокого разрешения показало, что рост алмазов происходил в результате послойного отложения углеродного вещества с формированием исключительно правильной микро- и даже нанослоистости. Такой рост возможен только

в мантийных условиях с длительным сохранением стабильной обстановки роста кристалла (Осовецкий и др., 2023).

Генезис уральских алмазов неразрывно связан с вопросами о времени и месте кимберлитового магматизма. Ф. Лагиньяс с коллегами установили изотопный возраст уральских алмазов по минералам-включениям (Laiginhas, 2008; Laiginhas et al., 2009). С учетом последних данных уральские алмазы кристаллизовались в мантии 1280 ± 310 млн лет назад, что соответствует рифею, а кимберлитовый/лампроитовый магматизм происходил не позднее ордовика (Laiginhas, 2008; Laiginhas et al., 2009; Shirey et al., 2013; Smith et al., 2016, 2022; Попов, 2023). О докембрийском возрасте предполагаемых кимберлитов, источников уральских алмазов, неоднократно высказывались уральские и сибирские геологи (Зильберман, Чернышева, 1974; Зильберман и др., 1993; Зинчук, Коптиль, 2003; Афанасьев, 2015, 2022; Зинчук, 2018).

Кимберлитовые трубки, внедрившиеся на северо-восточной периферии континента Балтика, т. е. в кратонизированной части Волго-Уралии, могли быть подвергнуты эрозии уже в рифейское время и переходить из одного промежуточного коллектора в другой, вплоть до раннего девона. Продукты выветривания создавали ореолы рассеивания, при этом минералы-индикаторы кимберлитовых пород уже тогда оказались оторваны от самих алмазов (Шеманина, 1993). В настоящее время палеоповерхность Русской плиты перекрыта осадочным чехлом, что не позволяет определить местоположение тел кимберлитов ни геологическими методами, ни геофизическими. По этой причине на первый план в уральской алмазной геологии выходит научное изучение (доизучение) промежуточных коллекторов и глубоких горизонтов сопряженных с ними мезо-кайнозойских депрессий в целях создания промышленной базы для региональной алмазодобывающей отрасли.

Историческая реконструкция осадконакопления такатинской свиты Вишерского алмазоносного района

В Вишерском алмазоносном районе такатинская свита трансгрессивно залегает на верхнепротерозойских и нижнепалеозойских отложениях. Трансгрессивный цикл такатинской свиты начинается с грубообломочной толщи в основании разреза, не выдержанной по мощности и простираению. Граница между континентальным и морским типами разреза в районе фиксирует зоны высокой и низкой алмазоносности.

Палеогеографическая обстановка современного Вишерского алмазоносного района в раннем девоне представляется следующей (Щербаков и др., 1994): 1) такатинское море, берег которого отвечает современному выходу такатинской свиты; 2) в направлении с северо-запада на юго-восток протекала крупная река с дельтой, постепенно затопляемой наступающим такатинским морем. Осадки свиты составляют трансгрессивный цикл: русловой аллювий – дельтовые осадки – подводно-дельтовые – морские осадки. Для континентальной пойменно-русловой фации характерен крупнообломочный материал – галька и гравий. В современном разрезе это конгломераты, гравелиты и песчаники с косой слоистостью. Для прибрежно-морской дельтовой фации характерно переслаивание гравия, песка, глины и алевролита. Морская фация неглубокого моря представлена мелкозернистым песком, сейчас это песчаник без слоистости. Отмечается увеличение мощности отложений по мере углубления бассейна осадконакопления: с запада и северо-запада на восток и юго-восток.

Алмазы концентрировались в толще грубообломочного аллювия на палеоконтиненте или на кромке суши и моря аналогично современным прибрежно-морским россыпям Намибии (Шмаков, Божко, 2008), что ранее предполагали и предшественники (Кухаренко, 1961; Трофимов, 1980).

Типовой литолого-фациальный разрез такатинской свиты Вишерского алмазоносного района

Типовой разрез такатинской свиты Вишерского алмазоносного района составлен нами по первичной геологической информации поисково-разведочных работ и научным публикациям за последние 60 лет. Карта фактического материала показана на рис. 2; разрезы такатинской свиты – на рис. 3, 4.

Типовой трансгрессивный разрез такатинской свиты начинается со слоя базальных конгломератов, залегающих с перерывом на выветрелых доломитах силура и/или глинистой коре выветривания с доломитовой “мукой” (Смирнов и др., 1977).

Мощность конгломератов варьирует от 0.6 до 3.6 м (см. рис. 4). По простираению прослеживается линзовидное его залегание, объясняемое пространственными изменениями русел рек и рукавов дельты. Мощность коры выветривания составляет от 0 до 2.5 м (см. рис. 3).

Такатинские отложения на месторождении Сухая Волянка выходят на поверхность по плоскости надвига северо-восточной экспозиции. В северной части месторождения такатинские слои сохраняются практически в ненарушенном тектоникой состоянии. Однако в южной части они разбиты на блоки с разной амплитудой перемещения, и в ослабленные зоны, подчеркнутые карстовыми полостями растворенных доломитов силура, вышележащие терригенные отложения “проваливаются” или, наоборот, в зонах тектонического давления – “сгущиваются”. Предшественники в 1960-х гг. назвали такие осложненные тектоникой разрезы “провальная таката” и “сгущенная таката” (см. рис. 4).

Гранулометрический состав конгломератов: галечный материал – около 10%, редко больше; гальки в основном среднегалечной размерности средней степени окатанности, эллипсоидные, яйцеобразные, реже изометричные; морфология галек указывает на их аллювиальный генезис (Илалтдинов, Пактовский, 2023). Петрографический состав галечного материала: кварц, кварцевые и реже полевошпат-кварцевые песчаники, иногда с глауконитом; единичны черные и серые кремни и доломиты. Галечный материал происходит из более древних толщ (верхнего рифея и венда, а также плюдовской свиты верхнего ордовика). Матрикс конгломератов – гравийно-песчаный, цемент глинистый и гидрослюдисто-железистый. Наибольшая мощность конгломератов наблюдается в центральном типе разреза, где она достигает 1.5–2.0 м (разрез Сухая Волянка: см. рис. 3, 4). По сравнительно хорошей окатанности галек дальность их переноса определена в 40–50 км (Конев, Чалов, 1969; Илалтдинов, Пактовский, 2023).

В базальных конгломератах предшественниками (Беккер и др., 1970) определены минералы кимберлитовых пород, встречающиеся в районе исключительно редко: пироп, хромшпинелид, пикроильменит, хромдиопсид, оливин, хромшпинелиды, флогопит. Эти минералы зачастую значительно изменены: пироп замещен ярко-зеленым хлоритом; пикроильменит – лейкоксеном; оливин – тальком; хромшпинелиды часто выветрели до розовато-серого порошка. В восточном типе разреза парагенетические спутники алмаза не встречаются. Базальные отложения такатинской свиты являются алмазоносной толщей с промышленными содержаниями алмазов.

Выше по разрезу, над базальными конгломератами, залегают гравелиты кварцевые, плохо сортированные, в виде прослоев и линз. Крупнообъемное

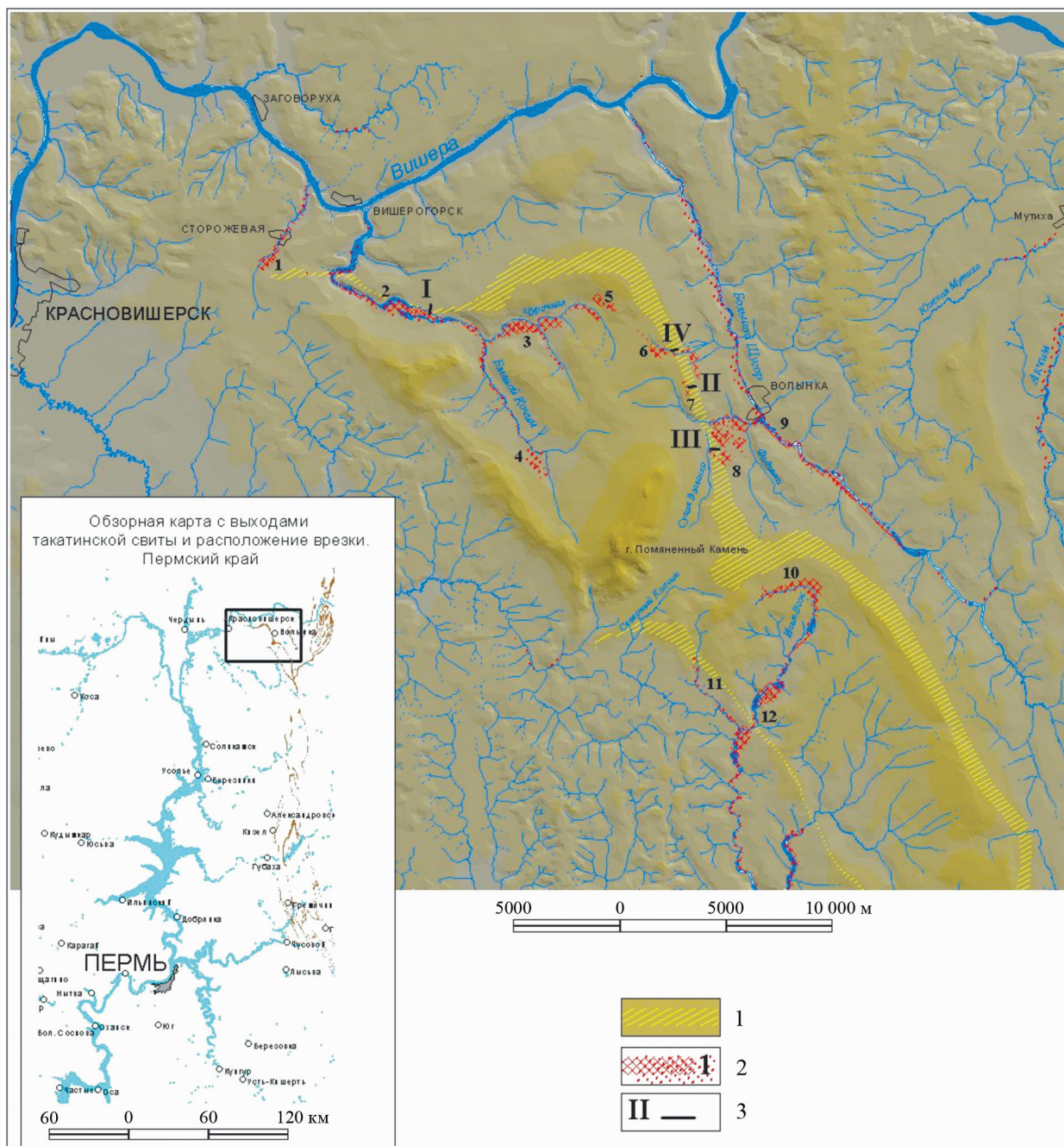


Рис. 2. Расположение обнажений и горных выработок такатинской свиты в Вишерском алмазоносном районе Северного Урала.

1 – выходы такатинской свиты; 2 – россыпи алмазов и их номера; 3 – места описания разреза по обнажениям, горным выработкам и скважинам большого диаметра (СБД): I – обнажение на правом берегу р. Бол. Колчим, II – Ишковский карьер (участок), III – канавы и СБД месторождения Сухая Волянка. Россыпи алмазов: 1 – Сторожевая, 2 – Бол. Колчим, 3 – Чурочная, 4 – Верховья Бол. Колчима, 5 – Северная Рассольная, 6 – Южная Рассольная, 7 – Ишковский карьер (участок), 8 – Волянка, 9 – Большой Щугор, 10 – Илья-Вож, 11 – Светлый, 12 – Северный Колчим.

Fig. 2. The location of outcrops and mine workings of the Takata formation in the Vishersky diamond-bearing region of the Northern Urals.

1 – outputs of the Takata formation; 2 – placers of diamonds and their numbers; 3 – places of description of the section on outcrops, mine workings and large diameter wells (SBD): I – outcrop on the right bank of the Bolshoy Kolchim River, II – Ishkovsky quarry (site), III – ditches and SBD deposits Suhaja Volynka. Placers of diamonds: 1 – Storozhivaya, 2 – Bolshoy Kolchim, 3 – Churochnaya, 4 – Upper reaches of Bolshoy Kolchim, 5 – Nort Rasolnaja, 6 – Southern Rasolnaja, 7 – Ishkovsky quarry (site), 8 – Volinka (Bagpipe), 9 – Bolshoy Shchugor, 10 – Ilya-Vozh, 11 – Svetly, 12 – Northern Kolchim.

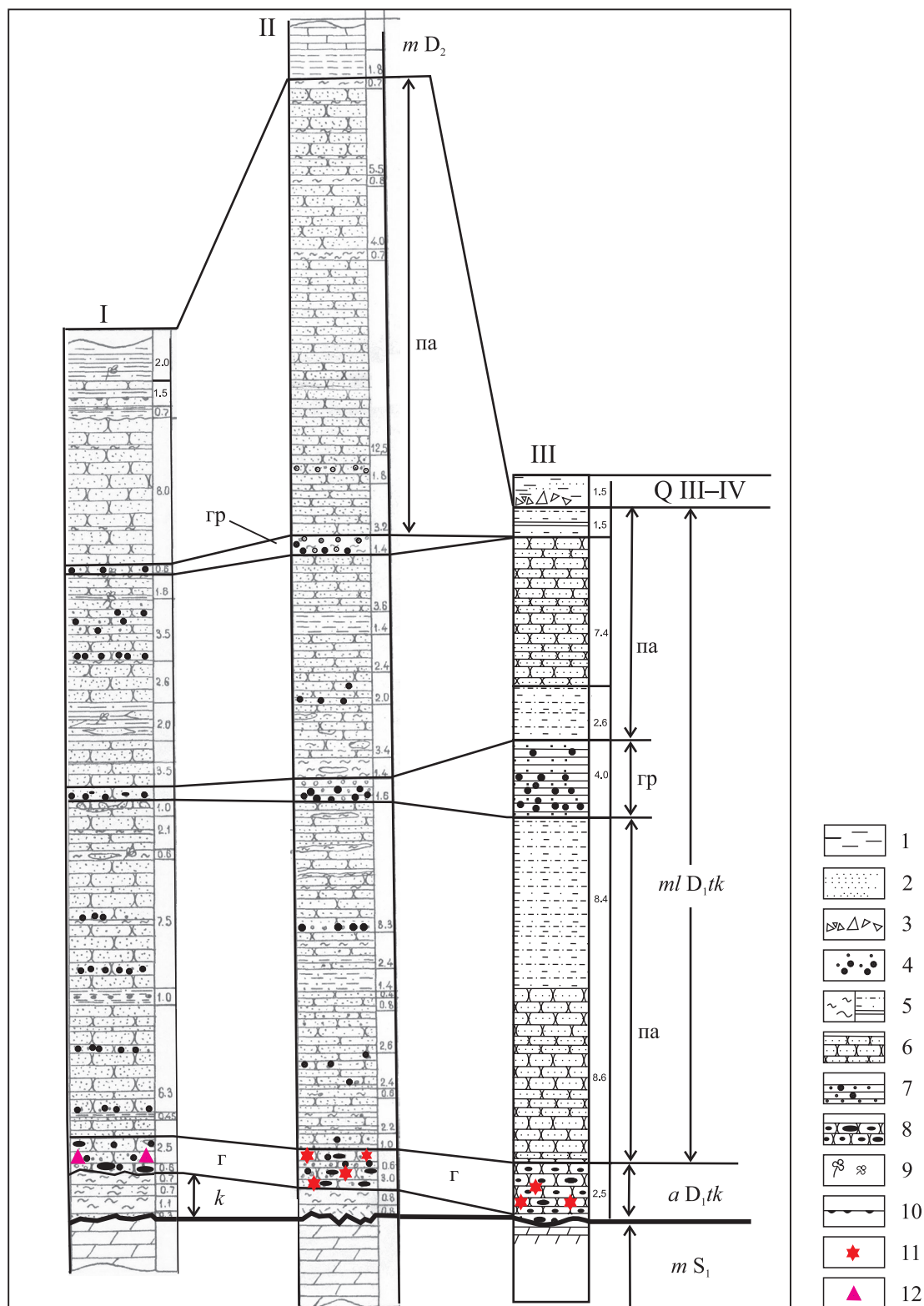


Рис. 3. Типовой разрез такатинской свиты Вишерского алмазоносного района Северного Урала (по данным поисково-разведочных работ 1960-х гг.).

Здесь и на рис. 4: I – обнажение на правом берегу р. Бол. Колчим; II – Ишковский карьер (участок); III – Сухая Волянка. 1 – глина; 2 – песок; 3 – древес, щебень; 4 – гравий; 5 – алевро-аргилит; 6 – песчаник; 7 – гравелит; 8 – конгломерат; 9 – растительные остатки; 10 – ожелезнение; 11 – алмаз; 12 – пироп. Фации: *k* – континентальная, кора выветривания (глина с доломитовой “мукой”); *a* – аллювиальная, континентальная; *m* – морская; *ml* – прибрежно-морская. Гранулометрические фракции: *г* – галечная (базальные конгломераты); *па* – песчано-алевритовая; *гр* – гравийная.

Fig. 3. A typical section of the Takata formation of the Vishersky diamond-bearing region of the Northern Urals (according to the data of prospecting and exploration works of the 1960s).

Here and in Fig. 4: I – outcrop on the right bank of the Bolshoy Kolchim River; II – Ishkovsky quarry (site); III – Sukhaya Volynka. 1 – clay; 2 – sand; 3 – gravel, crushed stone; 4 – gravel; 5 – siltstone; 6 – sandstone; 7 – gravelite; 8 – conglomerate; 9 – plant residues; 10 – iron; 11 – diamond; 12 – pyrope. Facies: *k* – continental; weathering crust (clay with dolomite “flour”); *a* – alluvial, continental; *m* – marine; *ml* – coastal-marine. Fractions: *r* – pebbles (basal conglomerates); *na* – sand-siltstone; *gp* – gravel.

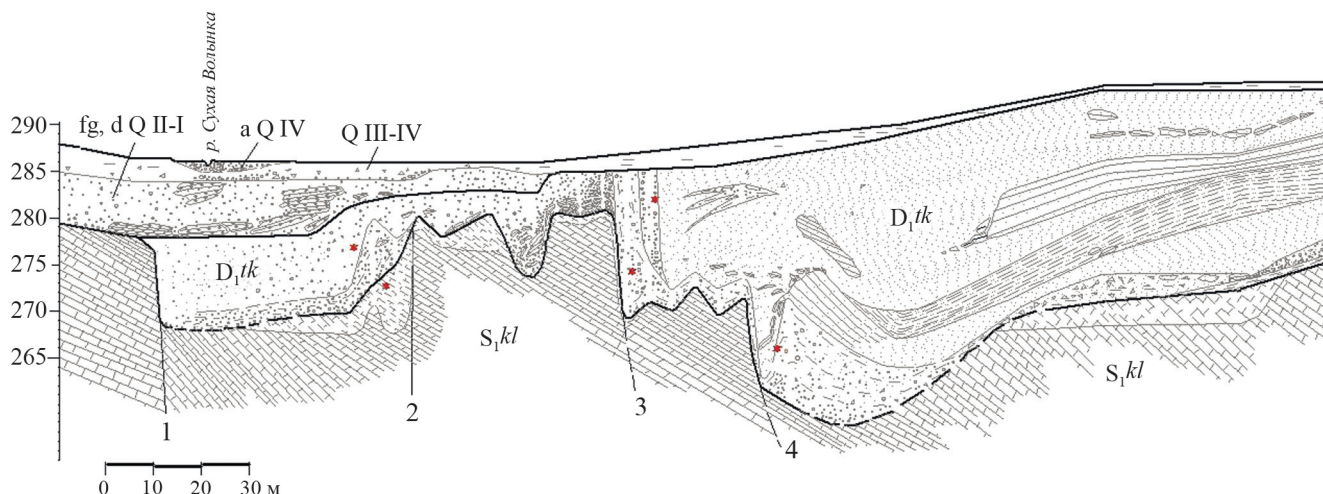


Рис. 4. Типовой разрез такатинской свиты Вишерского алмазоносного района на примере месторождения Сухая Волянка (по полевым данным авторов).

Между тектоническими нарушениями 1 и 2 – “провальная дезинтегрированная таката”; между нарушениями 2 и 4 – “сгруппированная таката”.

Fig. 4. A typical section of the Takata formation of the Vishera diamond-bearing region on the example of the Sukhaya Volynka deposit (according to the field data of the authors).

Between tectonic disturbances 1 and 2 – “destroyed takata”; between violations 2 and 4 – “crumpled takata”.

опробование гравелитов на алмазы, проведенное геологической службой прииска “Уралалмаз”, дало отрицательные результаты.

Песчаники, перекрывающие конгломераты и гравелиты, описываются как кварцевые светло-серые мелко-среднезернистые, равномерно- и неравномерно-зернистые. Цемент песчаников регенерационный кварцевый, реже поровый, железистый и каолинит-гидрослюдистый. Кроме кварца в легкой фракции базальных отложений такатинской свиты в незначительных количествах присутствуют обломки аргиллитов, кремнистых пород и кварцитов.

Разнозернистые и гравийные песчаники нередко содержат плоскую гальку (“окатыши”) зеленоватых аргиллитов, предположительно из нижележащих отложений и кор выветривания (Смирнов и др., 1977). Отличительной чертой некоторых разновидностей песчаников западного типа разреза такатинской свиты является присутствие в них обломков щелочных эффузивов, что требует дальнейшего изучения на современном уровне аналитики.

Аллоитогенную часть тяжелой фракции песчаников составляют исключительно устойчивые к вы-

ветриванию минералы. По данным предшественников (Беккер и др., 1970), их содержания тако- вы, %: циркон – 30.1–62.0, рутил – 1.2–6.0, турмалин – 4.0–13.4, а также минеральный агрегат лейкоксен – 4.6–18.2. Реже встречаются титанит, гранат-альмандин и светлые слюды. Очень редки моноклинные и ромбические пироксены, пироп и монацит. В аутигенной части тяжелой фракции гравелитов, конгломератов и отчасти песчаников преобладает гидрогетит и гетит (8.0–37.3%) (Беккер и др., 1970). Большинство минералогических анализов тяжелой фракции шлихов протоочных проб из интересующих нас отложений, сделанных предшественниками, в настоящее время требуют уточнения с проведением количественного минералогического анализа по литологическим пробам (Осовецкий, 2004).

Завершается трансгрессивный разрез такатинских отложений слоями алевролитов и аргиллитов. Алевролиты – светло-серые кварцевые с глинисто-хлоритовым порово-пленочным, в сочетании с базальным, цементом. В песчаниках и прослоях алевро-аргиллитов встречаются обуглившиеся растительные остатки (псилофиты).

Аргиллиты такатинской свиты (Конев, Чалов, 1969) – зеленовато-серые, нередко выветрелые до глины гидрослюдистого состава. Залегают аргиллиты, как и алевролиты, в виде линз и прослоев мощностью около 2 м.

Базальные алмазоносные конгломераты такатинской свиты зафиксированы в разрезах Ишковского карьера, Сухой Волянки, по р. Илья-Вож, а также по рекам Бол. Колчим, Ефимовка и Северный Колчим (Чуйко, Синкин, 2005).

В региональном плане конфигурация береговой линии такатинского моря реконструируется на протяжении от современной р. Бол. Колчим до р. Сухая Волянка (с запада на восток, в современных координатах) по фации аллювиальных конгломератов, перекрытых мелководными морскими песчаниками с прослоями гравелитов. Отсутствие конгломератов пляжной фации свидетельствует о том, что трансгрессия моря на аллювиальную равнину в такатинское время была достаточно быстрой, что способствовало “запечатыванию” аллювиальных отложений, обогащенных алмазами.

Типовой разрез такатинских отложений имеет некоторые особенности на разных участках Вишерского алмазоносного района. Так, в разрезе Южная Рассольная базальные отложения представлены гравелитами с небольшой примесью мелкогалечного материала (Илалтдинов, Пактовский, 2023). В настоящее время он находится в стадии изучения. Крупнообъемное опробование на алмазы базальных гравелитов здесь не проводилось.

К концу XX в. изученность такатинской свиты Урала в рамках традиционной геологической парадигмы достигла такого уровня, что, казалось, ничего нового к уже сказанному добавить невозможно. Некоторое время в алмазоносной полосе Урала главное внимание было сосредоточено даже на “атипичных” (Силаев и др., 2009; Лукьянова и др., 2011) алмазоносных объектах и минералах кимберлитовых пород, однако атипичных месторождений так и не было выявлено (Захарченко и др., 2006; Анфилов и др., 2007). В последние два десятилетия не только появились новые данные, уточняющие палеогеографию такатинского времени, но и, что не может не радовать, возникает интерес к истории изучения такатинской свиты в смежных с нашим регионам (Юрьева, 2015).

О.А. Щербаков с коллегами (1997) отмечает, что в бассейне р. Вишера разрез такатинской свиты увеличивается за счет его нижних частей в направлении с северо-запада на восток и юго-восток. Все это свидетельствует, во-первых, о нарастании стратиграфической амплитуды перерыва в основании такатинской свиты в направлении на северо-запад, во-вторых, о развитии здесь речной системы. Доказательством речной сети служат также литологические особенности отложений: грубозернистые песчаники с прослоями гра-

велитов вблизи эрозионной поверхности, косая слоистость руслового типа. Развитая речная сеть в нижнедевонское время свидетельствует о существовании континентальной суши на востоке Русской платформы (в современных координатах) и, следовательно, о наличии континентальных фаций осадконакопления. Сформировались эти осадки в условиях низкой прибрежной равнины с обширными дельтами рек, граничащей с мелководным опресненным бассейном, отличающимся изрезанностью береговой линии и изобилующим лагунами и заливами, барами и отмелями. Далее на восток (в современных координатах) наблюдается увеличение глубин такатинского моря. Холмистая поверхность континентальной суши (область денудации и осадконакопления) была слабо наклонена на восток ($3\text{--}10^\circ$). Особенности климата и наземного рельефа имели важные гидрологические последствия, в частности в ориентировке и заложении русел такатинских рек в области денудации и месторасположения области аккумуляции. Основными речными системами, существовавшими на территории западного склона Северного и Среднего Урала в такатинское время, являлись северная дельтовая система тиманского направления шириной 30–60 км и южная, проходившая в субширотном направлении (с запада на восток в современных координатах через пункты Бородулино, Очер, Полазна). Транзитный материал речных систем откладывался в структурных понижениях на приконтинентальном шельфе такатинского моря. В раннетакаинское время территория западного склона Северного и Среднего Урала представляла собой пенепленизированную равнину с развитой речной сетью. Врезающиеся и слабо мигрирующие русла на холмистой равнине заложили основу гидросети средне- и позднеатакаинского времени, что можно считать в некотором роде унаследованным фактором (Дурникин, 1997) на протяжении длительного геологического времени раннего-среднего палеозоя, несмотря на периодически случавшиеся трансгрессии моря.

Климат в такатинское время предполагается влажным и жарким (Ясаманов, 1985), благоприятным для широкого развития региональной и местной гидросети, а также кор выветривания. Существенно кварцевый состав обломочного материала такатинской свиты свидетельствует о дальнем его переносе из областей размыва и рециклинге материала (Юдович, Кетрис, 2000), приведшем к почти полному уничтожению на пути транспортировки неустойчивых к химическому и физическому выветриванию горных пород и минералов.

Дальнейшее детальное изучение типового разреза такатинских отложений прецизионными методами позволит лучше понять условия формирования алмазоносных россыпей и повысит уровень их прогнозирования.

Модель образования россыпей алмазов в эмское время

Палеотектонические реконструкции для раннего девона, уточненные Н.И. Тимониным (1998), показывают положение “уральской окраины” континента Балтика между экватором и 10° с. ш. с медленным дрейфом в северном направлении. Палеомагнитные данные также указывают на эти широты, причем широтное расположение “уральской окраины” в девоне объясняется разворотом континента на 90° против часовой стрелки (Мизенс, Свяжина, 2007).

По результатам исследования уран-свинцовым методом детритных цирконов песчаников такатинской свиты на Южном Урале сделан вывод, что наиболее вероятным поставщиком обломочного материала для нее являлись породы кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы Волго-Уральской антеклизы, а возраст детритных цирконов укладываются в интервал от 1857.5 ± 53.8 до 3054.0 ± 48.0 млн лет (Кузнецов и др., 2014). Вместе с обломочным материалом с Восточно-Европейской платформы переносились и алмазы, которые не могли быть *in situ* или привнесены в отложения свиты с иного места. Следовательно, первоисточники алмазов также располагались на Восточно-Европейской платформе. Транспортирование алмазов происходило на границу суши и моря в различные эпохи раннего палеозоя (ордовик, силур, девон).

Модель образования россыпей алмазов в континентальных и прибрежно-морских условиях такатинского времени представлена на рис. 5. Основой для ее построения послужил геологический раз-

рез Государственной геологической карты (ГГК) л. Р-40 (Водолазская и др., 2006). На нем мы препарировали земную поверхность на начало раннетакатинского времени. Модель показывает, что россыпи образовались за счет размыва силурийского и ордовикского коллекторов алмазов, в то время выходявших на поверхность. Эти отложения подвергались денудации до базиса эрозии. Обломочный материал поступал на берег такатинского моря, формируя россыпи. При этом, естественно, мы не исключаем прямую транспортировку алмазов от кимберлитов палеократона Русской плиты, возможность существования которых не отвергается правилом Клиффорда (Clifford, 1966). Таким образом, аллювиальные и прибрежно-морские такатинские россыпи алмазов в раннем девоне сформировались в результате сноса материала с Русской плиты в сторону такатинского моря (раскрывающегося Уральского палеоокеана). Уральских гор в то время еще не существовало; на разрезе (см. рис. 5) Урал оставлен в качестве пространственного ориентира.

В результате уральской фазы герцинской складчатости (P_2-T_1) породы верхнего протерозоя и нижнего-среднего палеозоя были выведены на поверхность и обусловили алмазоносность региона в мезокайнозое.

Пространственный критерий месторождений алмазов девонского коллектора

Условием алмазоносности такатинской свиты является наличие базальных, алмазоносных конгломератов, залегающих в виде линз и пластов, выклинивающихся по простиранию и падению. Прог-

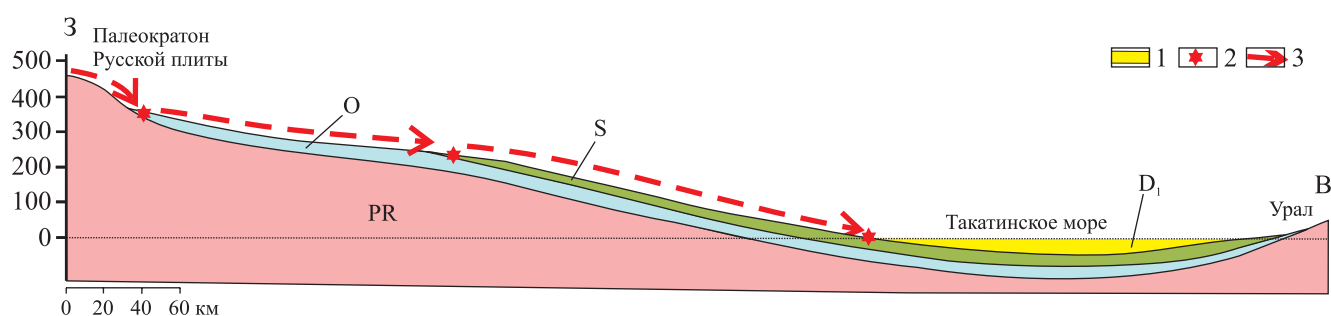


Рис. 5. Модель формирования россыпей алмазов в эмское время раннедевонской эпохи на основе разреза Государственной геологической карты по линии Тиман–Северный Урал по широте 63° (Водолазская и др., 2006).

1 – осадки раннедевонской эпохи такатинского моря, 2 – аккумуляция алмазов, 3 – транспортирование алмазов. Остальные пояснения см. в тексте.

Fig. 5. A model of the formation of diamond placers in the Early Devonian epoch based on the section of the State Geological Map of sheet P-40 along the Timan–Northern Urals line at latitude 63° (Vodolazskaya et al., 2007).

1 – Early Devonian deposits of the Takata Sea, 2 – accumulation of diamonds, 3 – transportation of diamonds. See text for other explanations.

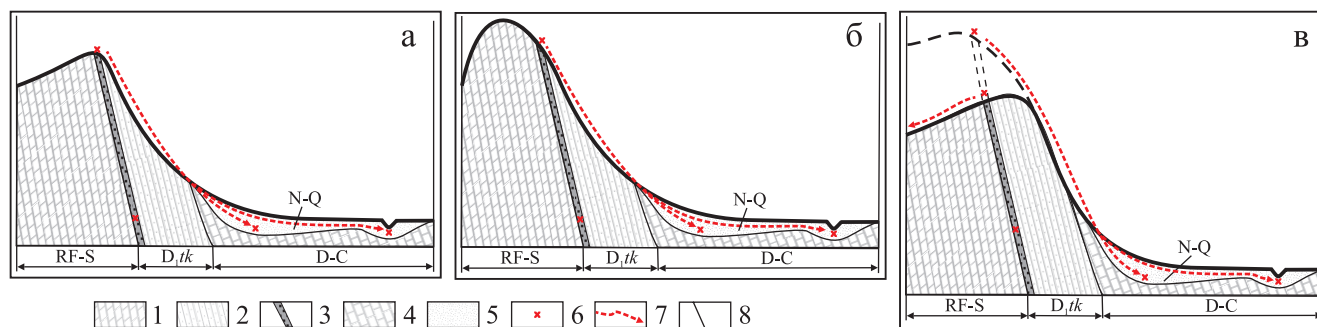


Рис. 6. Положение такатинской свиты в разрезе относительно современного водораздела и алмазоносных россыпей.

а – водораздельное, б – предводораздельное, в – заводораздельное; 1 – доломиты, 2 – песчаники, 3 – алмазоносные конгломераты такатинской свиты, 4 – известняки, 5 – неоген-четвертичные рыхлые отложения, 6 – алмазы, 7 – транспортировка алмазов, 8 – геологические границы.

Fig. 6. The position of the Takata formation in the section relative to the modern watershed and diamond-bearing placers.

а – watershed type, б – before watershed, в – beyond watershed; 1 – dolomites, 2 – sandstones, 3 – diamond-bearing conglomerates of the Takata formation, 4 – limestones, 5 – Neogene-quaternary loose deposits, 6 – diamonds, 7 – diamond transportation, 8 – geological boundaries.

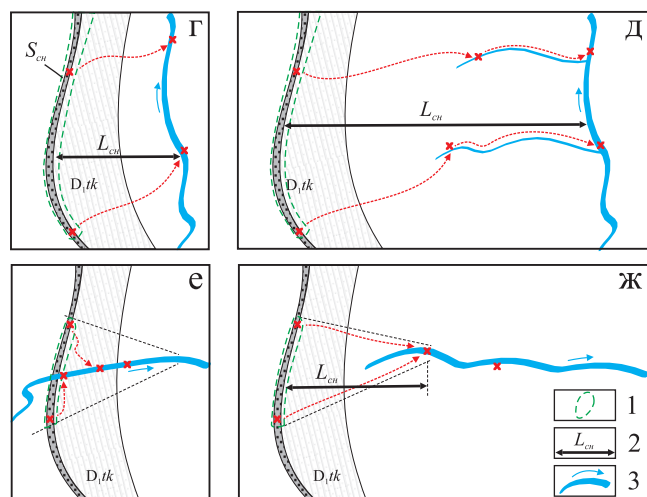


Рис. 7. Положение такатинской свиты относительно алмазоносных россыпей (в плане).

г – параллельное, д – удаленное параллельное, е – пересеканное, ж – истоковое. 1 – область питания россыпей, 2 – расстояние сноса ($L_{сн}$), 3 – река и направление течения. Прочие условные обозначения см. на рис. 8.

Fig. 7. The position of the Takata formation relative to diamond-bearing placers (in plan).

г – parallel position, в – remote parallel position, е – crossed position, ж – position at the sources of the placer; 1 – placer feeding zone, 2 – demolition distance ($L_{сн}$), 3 – river and flow direction. Other symbols are shown in Fig. 8.

нозирование новых месторождений в такатинской свите сводится к обнаружению этих базальных конгломератов. Терригенные породы такатинской

свиты подстилаются и перекрываются карбонатными породами (силура и девона соответственно). Крепкие, литифицированные терригенные породы такатинской свиты менее подвержены эрозии, чем карбонатные породы, часто формируют современные водоразделы.

В положении такатинской свиты относительно водораздела и россыпей можно выделить три типа: а – водораздельное, б – предводораздельное, в – заводораздельное (рис. 6). Причем водораздельное и предводораздельное положения свиты переходят в заводораздельное в процессе эрозии земной поверхности. В плане относительно россыпей в положении такатинской свиты можно выделить четыре типа: г – параллельное, д – удаленно-параллельное, е – пересекаемое, ж – истоковое (рис. 7).

Положение такатинской свиты относительно рельефа и питающих россыпей составляет 10 типов (см. рис. 6, 7): водораздельно-параллельное (аг), водораздельно-удаленно-параллельное (ад), водораздельно-истоковое (аж), предводораздельно-параллельное (бг), предводораздельно-удаленно-параллельное (бд), предводораздельно-истоковое (бж), заводораздельно-параллельное (вг), заводораздельно-удаленно-параллельное (вд), заводораздельно-истоковое (вж), пересекаемое (е).

Условием наличия алмазоносных конгломератов в такатинской свите является *предельное* значение расстояния сноса ($L_{сн}$) от алмазоносных конгломератов до кайнозойской россыпей. Предельное значение сноса в 500 м установлено картографическим моделированием в программе ГИС ArcMapESRY с использованием модуля Model-Builder. Моделирование проведено по методике

пространственного сочетания прогнозных критериев (Попов, 2009).

Первым шагом моделирования является установление минимального расстояния связи между известными алмазоносными конгломератами и кайнозойскими россыпями. Минимальное расстояние связи составило 500 м по объектам: а) Ишковский участок алмазоносных конгломератов девона – кайнозойская россыпь алмазов Вогульская депрессия, б) алмазоносные конгломераты Сухой Волюнки – кайнозойская россыпь Волюнка. Расстояние связи есть расстояние сноса, а его минимальное значение – предельное расстояние сноса. Вторым шагом – установление местонахождения алмазоносных конгломератов такатинской свиты по про-

странственному сочетанию трех прогнозных критериев: 1) выходы такатинской свиты с неустановленными алмазоносными конгломератами; 2) кайнозойские россыпи алмазов; 3) предельное расстояние сноса, установленное в 500 м.

Необходимо отметить, что значение сноса более 500 м влечет за собой как увеличение области питания, так и разубоживание и неопределенность в пространственном положении алмазоносных конгломератов.

По моделированию в Вишерском алмазоносном районе в окрестностях Помяненного Камня прогнозируются пять алмазоносных объектов, связанных с базальными конгломератами такатинской свиты (рис. 8, табл. 2).

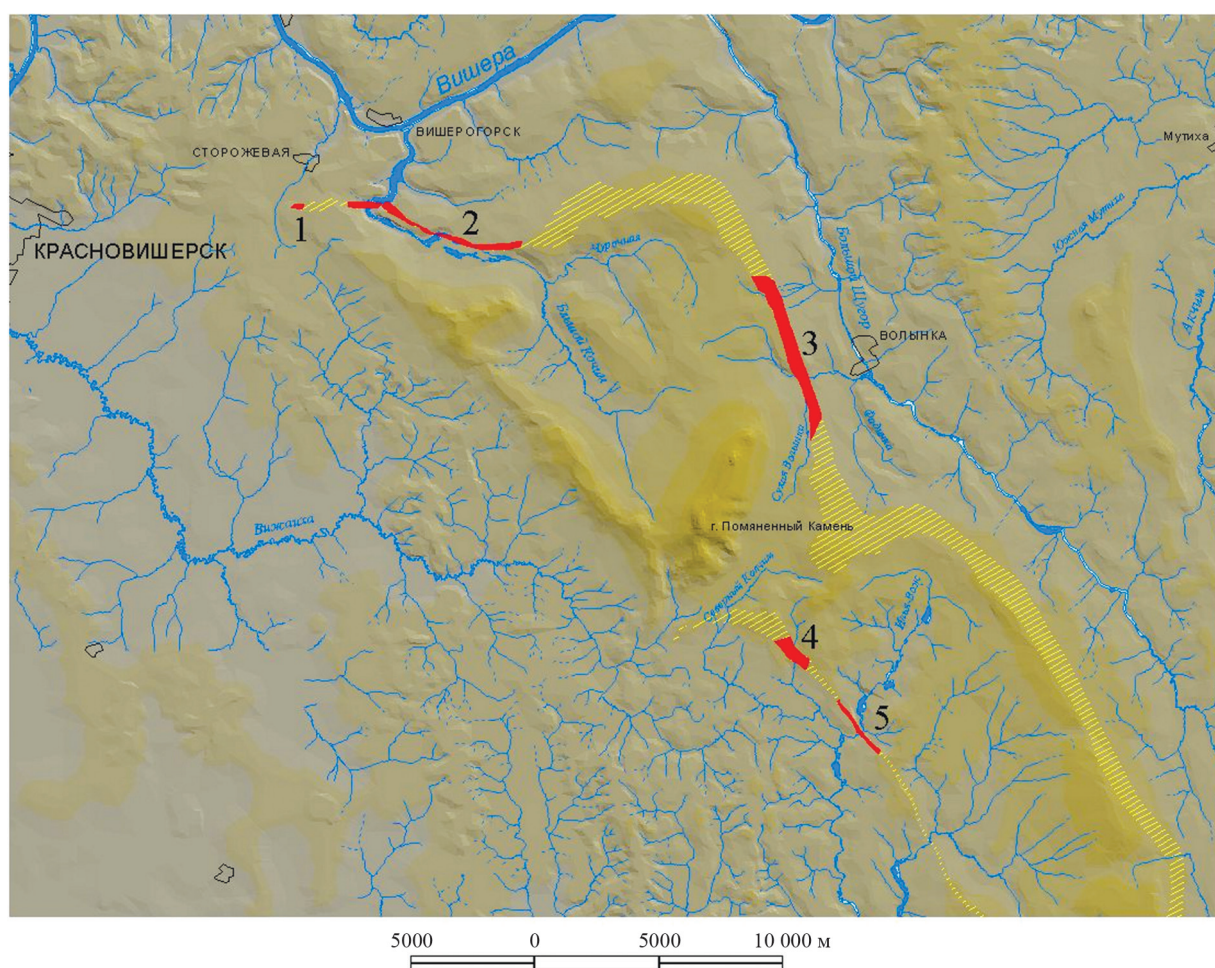


Рис. 8. Прогнозируемые участки алмазоносных конгломератов такатинской свиты Вишерского алмазоносного района в окрестностях Помяненного Камня Пермского края.

1 – Storozhevsky, 2 – Bolshekolchinsky, 3 – Rassolnisko-Volynsky, 4 – Svetlinsky, 5 – Ilya-Vozhsky. Прочие условные обозначения см. на рис. 2.

Fig. 8. Projected areas of diamond-bearing conglomerates of the Takata formation of the Vishersky diamond-bearing district in the vicinity of Pomyanenyi Kamen mountain of the Perm Krai.

1 – Storozhevsky, 2 – Bolshekolchinsky, 3 – Rassolnisko-Volynsky, 4 – Svetlinsky, 5 – Ilya-Vozhsky. Other symbols are shown in Fig. 2.

Таблица 2. Прогнозируемые участки алмазоносных конгломератов такатинской свиты Вишерского алмазоносного района в окрестностях Помяненного Камня Пермского края

Table 2. Projected areas of diamond-bearing conglomerates of the Takata formation of the Vishera diamond-bearing district in the vicinity of Pomyanenyi Kamen mountain of the Perm Krai

Прогнозируемый участок	Тип положения такатинской свиты относительно россыпи
Сторожевской	Предвороздельное (б)
Большеколчимский	Пересекаемое, водораздельно-параллельное (с, аг)
Рассольниско-Волынский	Пересекаемое (с)
Светлинский	
Илья-Вожский	

ВЫВОДЫ

К северу и к югу от алмазоносных районов Пермского края (л. О-40 и Р-40, см. рис. 1) преобладают морские неалмазоносные фации такатинской свиты, а в пределах Пермского края – алмазоносные континентальные, аллювиальные и прибрежно-морские фации, что обуславливает алмазоносность районов Урала.

Алмазоносность такатинской свиты определена палеогеодинамическими условиями, отвечающими границе “континент–океан” эмского времени раннедевонской эпохи. Алмазоносными являются базальные аллювиальные конгломераты такатинской свиты мощностью 1.0–2.5 м с увеличением их мощности на участках тектонического сгущивания. Выходы алмазоносных конгломератов такатинской свиты прогнозируются по предельному значению расстояния сноса алмазов до кайнозойских россыпей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анфилов В.Н., Крайнев Ю.Д., Кораблев Г.Г. (2007) Геологическое строение и природа алмазоносности Колчимского поднятия (Северный Урал). *Литосфера*, (5), 151-163.
- Афанасьев В.П. (2015) Обоснование докембрийской алмазоносности Сибирской платформы. *Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология*. Мат-лы XV Междунар. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. (Редкол.: Н.П. Лавров и др.). Пермь, Издательский центр ПГНИУ, 8-9.
- Афанасьев В.П. (2022) Особенности россыпной алмазоносности юга Сибирской платформы. *Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов*. XI Междунар. науч.-практ. конф. М.: ЦНИГРИ, 15-17.
- Беккер Ю.Р., Бекасова Н.Б., Ишков А.Д. (1970) Алмазоносные россыпи в девонских отложениях Северного Урала. *Литология и полез. ископаемые*, (4), 65-77.
- Богданова С.В., Писаревский С.А., Ли Ч.Х. (2009) Образование и распад Родинии (по результатам МПГК 440). *Стратиграфия. Геол. корреляция*, 17(3), 29-45.
- Ветчанинов В.А. (1987) Такатинская свита среднего девона – источник алмазов уральских россыпей. *Геология и геофизика*, (4), 137-141.
- Водолазская В.П., Иванов В.Н., Петров Г.А., Зархидзе Д.В., Кириллин С.И., Кузнецов Н.А., Курзанов И.Ю., Стороженко Е.В., Берлянд Н.Г., Жданов А.В., Мельгунов А.Н., Полянская Т.Л., Полякова Н.Ф. и др. (2006) Государственная геологическая карта Российской Федерации [Электронное издание сетевого распространения]. Л. Р-40. СПб.: ВСЕГЕИ. URL: <https://vsegei.ru>
- Галимов Э.М., Соболев Н.В., Ефимова Э.С., Шеманина Е.И., Мальцев К.А. (1989) Изотопный состав углерода алмазов, содержащих минеральные включения, из россыпей Северного Урала. *Геохимия*, (9), 1363-1370.
- Дурникин В.И. (1997) Палеотектонические особенности времени стратиграфических несогласий раннего палеозоя. *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. Мат-лы регион. науч.-практ. конф. (Отв. ред. Р.Г. Ибраимов). Пермь: ПГУ, 19-20.
- Захарченко О.Д., Хачатрян Г.К., Гречишников Д.Н. Алмазы Тимано-Уральского региона. (2006) М.: ЦНИГРИ, 209 с.
- Зильберман А.М., Чернышова Е.М. (1974) Магматические формации западного склона Среднего и Северного Урала и проблемы первоисточников уральских алмазов. *Геология и прогнозирование алмазных месторождений*. (Отв. ред. П.Ф. Иванкин, Б.И. Прокочук). М.: ЦНИГРИ, 49-50.
- Зильберман А.М., Качанов А.Н., Цыганков В.А. (1993) Структурно-тектонические условия размещения алмазных месторождений Урала. *Алмазоносность Европейского севера России*. (Отв. ред. В.И. Степаненко). Сыктывкар, Коми НЦ УрО РАН, 53-57.
- Зинчук Н.Н. (2018) О палеотектоническом развитии и возможном проявлении кимберлитового магматизма на сопредельных с Уралом территориях. *Геология и полез. ископаемые Западного Урала*, 1(38), 43-51.
- Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. (2003) Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра-Бизнесцентр, 603 с.
- Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырев Л.Т. (2005) Историческая минерагения. Т. 1. Введение в историческую минерагению. Воронеж: Воронежский государственный университет, 590 с.
- Илалтдинов И.Я., Пактовский Ю.Г. (2023) Морфология галек такатинской свиты и вопрос о первоисточни-

- ках алмазов Урала. *Геология и полез. ископаемые Западного Урала*, **6**(43), 48-56.
- Ишков А.Д. (1966) Источники алмазов Уральских россыпей на примере Красновишерского района. *Советские по геологии алмазных месторождений*. Пермь: Звезда, 32-35.
- Келлер Б.М. (1947) Такатинская свита Башкирии. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, **2**, 137.
- Конев П.Н., Чалов Б.Я. (1969) Условия образования и продуктивность такатинской свиты Колво-Вишерского края. *Геология и полезные ископаемые Урала*. Мат-лы к II Уральской конф. молодых геологов. Т. 1. (Гл. ред. А.В. Пуркин). Свердловск: б. и., 63-65.
- Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Шацилло А.В., Орлов С.Ю., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Серегина Е.С., Иванова Н.С., Меерт Дж. (2014) Первые U/Pb-данные о возрастах детритных цирконов из песчаников верхнеэмской такатинской свиты Западного Урала (в связи с проблемой коренных источников уральских алмазоносных россыпей). *Докл. АН*, **455**(4), 427-432.
- Кухаренко А.А. (1961) Минералогия россыпей. М.: Госгеолтехиздат, 320 с.
- Лукьянова Л.И., Остроумов В.Р., Рыбальченко В.Я., Морозов Г.Г., Петров О.В., Тетерин И.П., Чайковский И.И., Жуков В.В., Кириллов В.А., Ланда Э.А., Петрова А.А., Шестакова В.Ф. (2011) Алмазоносные флюидно-эксплозивные образования Пермского Приуралья. М., Геокарт; СПб., ВСЕГЕИ, 240 с.
- Марковский Б.П. (1956) Такатинские слои, свита. *Стратиграфический словарь СССР*. (Гл. ред. Б.К. Лихарев). М.: Гос. науч.-техн. изд-во литературы по геологии и охране недр, 904.
- Мизенс Г.А., Свяжина И.А. (2007) О палеогеографии Урала в девоне. *Литосфера*, (2), 29-44.
- Олли А.И. (1948) Древние отложения западного склона Урала. Саратов: СГУ, 413 с.
- Осовецкий Б.М. (2004) Минералогия мезокайнозоя Прикамья. Пермь: ПГУ; ПСИ; ПССГК, 292 с.
- Осовецкий Б.М., Попов А.Г., Пактовский Ю.Г., Чуйко В.А. (2023) Источники питания и история формирования уральских россыпей алмазов. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Науч. чтения пам. П.Н. Чирвинского. Вып. 26. (Отв. ред. И.И. Чайковский). Пермь: ПГНИУ, 196-206.
- Пактовский Ю.Г., Осовецкий Б.М., Попов А.Г., Чуйко В.А. (2021) Проблемы россыпной алмазоносности Урала. *Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов*. X Междунар. науч.-практ. конф. М.: ЦНИГРИ, 163-165.
- Попов А.Г. (2005) Алмазоносность уральского типа и ее история. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Науч. чтения пам. П.Н. Чирвинского. Вып. 8. Пермь: ПГНИУ, 158-162.
- Попов А.Г. (2009) Минерагенические исследования на основе геолого-картографического моделирования (на примере Пермского края). Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Пермь: ПГУ, 114 с.
- Попов А.Г. (2014a) Источники алмазов месторождений Урала и его геодинамика. *Современные проблемы науки и образования*, **6**, 1676-1686.
- Попов А.Г. (2014б) Россыпи алмазов Урала. *Современные проблемы науки и образования*, **6**, 1686-1691.
- Попов А.Г. (2020) Алмазоносность и тектоника Урала, краткое обобщение государственного геологического картирования масштаба 1 : 1000 000. *Геология и полез. ископаемые Западного Урала*, **3**(40), 18-26.
- Попов А.Г. (2023) Возраст уральских алмазов и кимберлиты Урала. *Геология и полез. ископаемые Западного Урала*, **6**(43), 65-74.
- Попов А.Г., Пактовский Ю.Г., Осовецкий Б.С. (2018) Перспективы алмазоносности Пермского края. *Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути ее повышения*. V Всерос. науч.-практ. конф. Мирный, 144-148.
- Пучков В.Н. (2010) Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 280 с.
- Пыжова Е.С., Попова Н.С. (2015) Результаты изотопного (U/Pb) датирования обломочных (детритовых) цирконов из песчаников алмазоносной эмской (нижний девон) такатинской свиты Западного Урала. *Вестн. РУДН*, **1**, 45-51.
- Силаев В.И., Чайковский И.И., Харитонов Т.В., Филиппов В.Н., Хазов А.Ф. (2009) К проблеме атипичных и нетрадиционных минералов-спутников алмаза (на примере Урала). Сыктывкар: Геопринт, 65 с.
- Смирнов Ю.Д. (1965) Источники алмазов Уральских россыпей. *Геология россыпей*. (Отв. ред. акад. В.И. Смирнов). М.: Наука, 279-282.
- Смирнов Ю.Д., Боровко Н.Г., Вербицкая Н.П., Румянцев Н.А., Бекасова Н.Б., Горский В.П., Евдокимов Ю.Б., Лукьянова Л.И. (1977) Геология и палеогеография западного склона Урала. Л.: Недра, 199 с.
- Тимонин Н.И. (1998) Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург: УрО РАН, 240 с.
- Томилина Е.М., Пактовский Ю.Г., Исаева Г.А. (2023) Сравнительная характеристика пелитовой фракции проб базальных пород девонского алмазоносного коллектора (Пермский край). *Геология и полез. ископаемые Западного Урала*, **6**(43) 75-81.
- Трофимов В.С. (1980) Геология месторождений природных алмазов. М.: Недра, 304 с.
- Унифицированные схемы Урала (докембрий, палеозой). Субрегиональная стратиграфическая схема девонских отложений западного Урала. (1993) Екатеринбург: УГСЭ, 152 л.
- Харитонов Т.В. (2007) Критерии алмазоносности вторичных коллекторов, палеогеография такатинской свиты и поиски первоисточников уральских алмазов. *Минеральное сырье Урала*, **2**, 26-34.
- Харитонов Т.В. (2021) О такатинской свите Пермского края. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Науч. чтения пам. П.Н. Чирвинского. Вып. 24. Пермь: ПГНИУ, 266-273.
- Хераскова Т.Н., Волож Ю.А., Антипов М.П., Быкадоров В.А., Патина И.С., Сапожников Р.Б. (2023) Строение зоны сочленения микроконтинентов Сарматия, Волгоуралия и Фенноскандия в составе фундамента Восточно-Европейской платформы. *Литосфера*, **23**(3), 309-324. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-3-309-324>
- Цыганко В.С. (2011) Девон западного склона севера

- Урала и Пай-Хоя: стратиграфия, принципы расчленения, корреляция. Екатеринбург: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 354 с.
- Чочиа Н.Г. (1955) Геологическое строение Колво-Вишерского края. Л.: Гостоптехиздат, 406 с.
- Чувашов Б.И., Шуйский В.П. (2003) Раннедевонская биота карбонатных платформ востока Русской платформы, Уральского подвижного пояса и Западной Сибири (стратиграфическое, биогеографическое и палеотектоническое значение). *Литосфера*, (2), 3-27.
- Чуйко В.А., Синкин В.А. (2005) Путеводитель геологической экскурсии "Россыпные месторождения алмазов Красновишерского района". Красновишерск; Пермь: ПГУ; Уралалмаз, 28 с.
- Шеманина Е.И. (1993) Первоисточники россыпных алмазов Урала. *Алмазоносность европейского Севера России*. Тр. XI геол. конф. Коми АССР. (Отв. ред. В.И. Степаненко). Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 113-118.
- Шмаков И.И., Божко Е.Н. (2008) Происхождение морских россыпей алмазов Намибии. *Вестн. ВГУ. Геология*, 1, 116-126.
- Щербаков О.А., Дурников В.И., Соколов О.В., Галкин В.И., Кириллов В.А. (1994) Такатинская свита Вишерско-Чусовского Урала и ее алмазоносность. Пермь: ПГТУ, 106 с.
- Щербаков О.А., Щербакова М.В., Кириллов В.А., Дурников В.И., Фофанова Т.В., Китаев П.М., Соколов О.В. (1997) Палеоструктурные особенности Вишерского Урала в связи с его алмазоносностью. Пермь: ПГТУ, 102 с.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. (2000) Основы литохимии. СПб.: Наука, 479 с.
- Юрьева З.П. (2015) История изучения отложений нижне-го девона Тимано-Североуральского региона в естественных выходах. *Вестн. Северного (Арктического) федер. ун-та. Сер.: Естественные науки*, (3), 22-32. <https://doi.org/10.17238/issn2227-6572.2015.3.22>
- Ясаманов Н.Н. (1985) Древние климаты Земли. Л.: Гидрометеиздат, 296 с.
- Clifford T.N. (1966) Tectono-metallogenic units and metallogenic provinces of Africa. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1, 421-434.
- Laiginhas F., Pearson D.G., Phillips D., Burgess R., Harris J.W. (2009) Re-Os and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotope measurements of inclusions in alluvial diamonds from the Ural Mountains: Constraints on diamond genesis and eruption ages. *Lithos*, 112, 714-723.
- Laiginhas F.A.T.P. (2008) Diamonds from Ural Maintains: their characteristics and the mineralogy and geochemistry of their inclusions. Thesis presented for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.). Glasgow: University of Glasgow, 241 p.
- Puchkov V.N. (2016) General features relating to the occurrence of mineral deposits in the Urals: What, where, when and why. *Ore Geol. Rev.*, 85, 4-29. <http://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.01.005>
- Shirey S.B., Cartigny P., Frost D.J., Nestola F., Pearson D.G., Sobolev N.V., Walter M.J. (2013) Diamonds and the Geology of Mantle Carbon. *Rev. Mineral. Geochem.*, 75, 355-421.
- Smith E.M., Krebs M.Y., Brenker F.E. (2022) Raman Identification of Inclusions in Diamond. *Rev. Mineral. Geochem.*, 88, 451-474.
- Smith E.M., Shirey S.B., Nestola F., Bullock E.S. (2016) Large gem diamonds from metallic liquid in Earth's deep mantle. *Science*, 354, 1403-1405.

REFERENCES

- Afanasiev V.P. (2015) Justification of the Precambrian diamond content of the Siberian Platform. *Placers and deposits of weathering crusts: study, development, ecology*. Proceedings of the XV International Conference on the Geology of Placers and Weathering Crust Deposits. (Ed. by N.P. Laverov et al.). Perm, PGNIU, 8-9. (In Russ.)
- Afanasiev V.P. (2022) Peculiarities of placer diamond potential in the south of the Siberian Platform. *Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of deposits of diamonds, precious and non-ferrous metals*. XI International Scientific and Practical Conference. Moscow, TsNIGRI, 15-17. (In Russ.)
- Anfilogov V.N., Kraynev Yu.D., Korablev G.G. (2007) Geological structure and nature of diamond bearing of the Kolchin uplift (Northern Urals). *Lithosphere (Russia)*, (5), 151-163. (In Russ.)
- Bekker Yu.R., Bekasova N.B., Ishkov A.D. (1970) Diamond-bearing placers in the Devonian deposits of the Northern Urals. *Litologiya i polez. iskopaemye*, 4, 65-77. (In Russ.)
- Bogdanova S.V., Pisarevsky S.A., Lee K.H. (2009) Formation and decay of Rodinia (according to the results of MPGC 440). *Stratigrafiya. Geol. Korrel.*, 17(3), 29-45. (In Russ.)
- Chochia N.G. (1955) Geological structure of the Kolvo-Vishera region. Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 406 p. (In Russ.)
- Chuiko V.A., Sinking V.A. (2005) Guide of the geological excursion "Placer diamond deposits of Krasnovishersky district". Krasnovishersk; Perm, PGU; Uralalmaz, 28 p. (In Russ.)
- Chuvashov B.I., Shuisky V.P. (2003) Early Devonian biota of carbonate platforms in the east of the Russian Platform, the Ural mobile belt and Western Siberia (stratigraphic, biogeographic and paleotectonic significance). *Lithosphere (Russia)*, (2), 3-27. (In Russ.)
- Clifford T.N. (1966) Tectono-metallogenic units and metallogenic provinces of Africa. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1, 421-434.
- Durnikin V.I. (1997) Paleotectonic features of the time of stratigraphic unconformities of the early Paleozoic. *Geology and minerals of the Western Urals*. (Ed. by R.G. Iblaminov). Perm, PGU, 19-20. (In Russ.)
- Galimov E.M., Sobolev N.V., Efimova E.S., Shemanina E.I., Maltsev K.A. (1989) Carbon isotopic composition of diamonds containing mineral inclusions from placers of the Northern Urals. *Geokhimiya*, (9), 1363-1370. (In Russ.)
- Ilaltdinov I.Ya., Paktovsky Yu.G. (2023) Morphology of pebbles of the Takatin Formation and the question of the primary sources of Ural diamonds. *Geologiya i Polez. Iskopaemye Zapadnogo Urala*, 6(43), 48-56. (In Russ.)
- Ishkov A.D. (1966) Sources of diamonds of the Ural placers on the example of Krasnovishersky district. *Meeting on the geology of diamond deposits*. Perm, Zvezda Publ., 32-35. (In Russ.)
- Keller B.M. (1947) The Takatinsky retinue of Bashkiria. *Izv. AN SSSR. Ser. Geol.*, 2, 137. (In Russ.)

- Kharitonov T.V. (2007) Criteria for the diamond content of secondary reservoirs, paleogeography of the Takata Formation and the search for primary sources of Ural diamonds. *Mineral'noe syr'e Urala*, **2**, 26-34. (In Russ.)
- Kharitonov T.V. (2021) About the Takatinsk Formation of the Perm Territory. *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky. Iss. 24. Perm, PGNIU, 266-273. (In Russ.)
- Kheraskova T.N., Volozh Yu.A., Antipov M.P., Bykadorov V.A., Patina I.S., Saposhnikov R.B. (2023) Junction zone structure of the Sarmatia, Volga-Uralia, and Fennoscandia microcontinents as part of the East European Platform basement. *Lithosphere (Russia)*, **23**(3), 309-324. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-3-309-324>
- Konev P.N., Chalov B.Ya. (1969) Conditions of formation and productivity of the Takatinsky formation of the Kolvo-Vishersky district. *Geology and minerals of the Urals*. Proceedings of the II Ural Conference of Young Geologists. V. 1. (Ed. by A.V. Purkin). Sverdlovsk, 63-65. (In Russ.)
- Kukharensky A.A. (1961) Mineralogy of places. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 320 p. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., Shatsillo A.V., Orlov S.Yu., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Seregina E.S., Ivanova N.S., Meyer J. (2014) The first U/Pb data on the age of detrital zircons from the sandstones of the upper Ems-Takatinsky formation of the Western Urals (in connection with the problem of the root sources of the Ural diamond-bearing placers). *Dokl. AN*, **455**(4), 427-432. (In Russ.)
- Laiginhas F.A.T.P. (2008) Diamonds from Ural Maintains: their characteristics and the mineralogy and geochemistry of their inclusions. Thesis presented for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.). Glasgow, University of Glasgow, 241 p.
- Laiginhas F., Pearson D.G., Phillips D., Burgess R., Harris J.W. (2009) Re-Os and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotope measurements of inclusions in alluvial diamonds from the Ural Mountains: Constraints on diamond genesis and eruption ages. *Lithos*, **112**, 714-723.
- Lukyanova L.I., Ostroumov V.R., Rybalchenko V.Ya., Morozov G.G., Petrov O.V., Teterin I.P., Tchaikovsky I.I., Zhukov V.V., Kirillov V.A., Landa E.A., Petrova A.A., Shestakova V.F. (2011) Diamond-bearing fluid-explosive formations Perm Urals. Moscow, Geokart; St.Petersburg, VSEGEI, 240 p. (In Russ.)
- Markovsky B.P. (1956) Takatinsky layers, retinue. *Stratigraphic Dictionary of the USSR*. (Ed. by B.K. Likharev). Moscow, Gos. nauch.-tekhn. izd-vo literatury po geologii i okhrane nedr, 904 p. (In Russ.)
- Mizens G.A., Svyazhina I.A. (2007) About the paleogeography of the Urals in Devon. *Lithosphere (Russia)*, (2), 29-44. (In Russ.)
- Ollie A.I. (1948) Ancient deposits of the western slope of the Urals. Saratov, SGU, 413 p. (In Russ.)
- Osovetsky B.M. (2004) Mineralogy of the Meso-Cenozoic of the Kama region. Perm, PGU; PSI; PSSGK, 292 p. (In Russ.)
- Osovetsky B.M., Popov A.G., Paktovsky Yu.G., Chuiiko V.A. (2023) Power sources and the history of the formation of the Ural diamond placers. *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Iss. 26. (Ed. by I.I. Tchaikovsky). Perm, PGNIU, 196-206. (In Russ.)
- Paktovsky Yu.G., Osovetsky B.M., Popov A.G., Chuiiko V.A. (2021) Problems of alluvial diamond bearing in the Urals. *Scientific and methodological foundations of forecasting, exploration, evaluation of deposits of diamonds, precious and non-ferrous metals*. X International Scientific and Practical Conference. Moscow, TsNIGRI, 163-165. (In Russ.)
- Popov A.G. (2005) Diamond content of the Ural type and its history. *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky. Iss. 8. Perm, PGNIU, 158-162. (In Russ.)
- Popov A.G. (2009) Minerogenic studies based on geological and cartographic modeling (on the example of the Perm Region). Cand. geol. and min. sci. diss. Perm, PGU, 114 p. (In Russ.)
- Popov A.G. (2014a) Sources of diamond deposits in the Urals and its geodynamics. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, **6**, 1676-1686. (In Russ.)
- Popov A.G. (2014b) Placers of diamonds in the Urals. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, **6**, 1686-1691. (In Russ.)
- Popov A.G. (2020) Diamond bearing and tectonics of the Urals, a brief summary of the state geological mapping on a scale of 1 : 1,000,000. *Geologiya i Polez. Iskopayemye Zapadnogo Urala*, **3**(40), 18-26. (In Russ.)
- Popov A.G. (2023) Age of Ural diamonds and kimberlites of the Urals. *Geologiya i Polez. Iskopayemye Zapadnogo Urala*, **6**(43), 65-74. (In Russ.)
- Popov A.G., Paktovsky Yu.G., Osovetsky B.S. (2018) Prospects for diamond content in the Perm region. *Efficiency of exploration work for diamonds: predictive-resource, methodological, innovative and technological ways to improve it*. V All-Russian Scientific and Practical Conference. Mirny, 144-148. (In Russ.)
- Puchkov V.N. (2010) Geology of the Urals and Cis-Urals (topical issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny). Ufa, DizainPoligrafServis, 280 p. (In Russ.)
- Puchkov V.N. (2016) General features relating to the occurrence of mineral deposits in the Urals: What, where, when and why. *Ore Geol. Rev.*, **85**, 4-29. <http://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.01.005>
- Pyzhova E.S., Popova N.S. (2015) Results of isotope (U/Pb) dating of clastic (detrital) zircons from sandstones of the diamond-bearing Ems (Lower Devonian) Takata Formation of the Western Urals. *Vestn. RUDN*, **1**, 45-51. (In Russ.)
- Shcherbakov O.A., Durnikin V.I., Sokolov O.V., Galkin V.I., Kirillov V.A. (1994) The Takatinskaya formation of the Vishersko-Chusovskoy Urals and its diamond bearing. Perm, PGU, 106 p. (In Russ.)
- Shcherbakov O.A., Shcherbakova M.V., Kirillov V.A., Durnikin V.I., Fofanova T.V., Kitaev P.M., Sokolov O.V. (1997) Paleostructural features of the Vishera Urals in connection with its diamond content. Perm, PGU, 102 p. (In Russ.)
- Shemanina E.I. (1993) Primary sources of placer diamonds of the Urals. *Diamond content in the European North of Russia*. Proc. XI Geol. Conf. Komi ASSR. (Ed. By V.I. Stepanenko). Syktyvkar, IG Komi NTs UrO RAN, 113-118. (In Russ.)
- Shirey S.B., Cartigny P., Frost D.J., Nestola F., Pearson D.G., Sobolev N.V., Walter M.J. (2013) Diamonds

- and the Geology of Mantle Carbon. *Rev. Mineral. Geochem.*, **75**, 355-421.
- Shmakov I.I., Bozhko E.N. (2008) Origin of marine diamond placers in Namibia. *Vestn. VGU. Geologiya*, **1**, 116-126. (In Russ.)
- Silaev V.I., Tchaikovsky I.I., Kharitonov T.V., Filippov V.N., Khazov A.F. (2009) To the problem of atypical and unconventional minerals-satellites of diamonds (on the example of the Urals). Syktyvkar, Geoprint Publ., 65 p. (In Russ.)
- Smirnov Yu.D. (1965) Sources of diamonds from placers of the Urals. *Geology of placers*. (Ed. by V.I. Smirnov). Moscow, Nauka Publ., 279-282. (In Russ.)
- Smirnov Yu.D., Borovko N.G., Verbitskaya N.P., Rumyantseva N.A., Bekasova N.B., Gorsky V.P., Evdokimov Yu.B., Lukyanova L.I. (1977) Geology and paleogeography of the western slope of the Urals. Leningrad, Nedra Publ., 199 p. (In Russ.)
- Smith E.M., Krebs M.Y., Brenker F.E. (2022) Raman Identification of Inclusions in Diamond. *Rev. Mineral. Geochem.*, **88**, 451-474.
- Smith E.M., Shirey S.B., Nestola F., Bullock E.S. (2016) Large gem diamonds from metallic liquid in Earth's deep mantle. *Science*, **354**, 1403-1405.
- Timonin N.I. (1998) Pechora Plate: the history of geological development in the Phanerozoic. Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 240 p. (In Russ.)
- Tomilina E.M., Paktovsky Yu.G., Isaeva G.A. (2023) Comparative characteristics of the pelitic fraction of samples of basal rocks of the Devonian diamond-bearing reservoir (Perm region). *Geologiya i Polez. Iskopaemye Zapadnogo Urala*, **6**(43), 75-81. (In Russ.)
- Trofimov V.S. (1980) Geology of natural diamond deposits. Moscow, Nedra Publ., 304 p. (In Russ.)
- Tsyganko V.S. (2011) Devon of the western slope of the north of the Urals and Pai-Khoy. Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 354 p. (In Russ.)
- Unified schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic). Sub-regional stratigraphic scheme of Devonian deposits of the Western Urals. (1993) Ekaterinburg, UGSE, 152 sheets. (In Russ.)
- Vetchaninov V.A. (1987) The Takatinsky formation of the Middle Devonian is a source of diamonds from the Ural placers. *Geologiya i Geofizika*, (4), 137-141. (In Russ.)
- Vodolazskaya V.P., Ivanov V.N., Petrov G.A., Zarkhidze D.V., Kirillin S.I., Kuzenkov N.A., Kurzanov I.Yu., Storozhenko E.V., Berlyand N.G., Zhdanov A.V., Melgunov A.N., Polyanskaya T.L., Polyakova N.F. et al. (2006) State Geological Map of the Russian Federation [Electronic edition of network distribution]. Sheet P-40. St.Petersburg, VSEGEI. URL: <https://vsegei.ru> (In Russ.)
- Yasamanov N.N. (1985) Ancient climates of the Earth. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 296 p. (In Russ.)
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P. (2000) Fundamentals of lithochemistry. St.Petersburg, Nauka Publ., 479 p. (In Russ.)
- Yurieva Z.P. (2015) The history of the study of Lower Devonian deposits of the Timan-Severoural region in natural outcrops. *Vestn. Severnogo (Arkticheskogo) feder. unta. Ser.: Estestvennye nauki*, (3), 22-32. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn2227-6572.2015.3.22>
- Zakharchenko O.D., Khachatryan G.K., Grechishnikov D.N. (2006) Diamonds of the Timano-Ural region. Moscow, TsNIGRI Publ., 209 p. (In Russ.)
- Zilberman A.M., Chernyshova E.M. (1974) Igneous formations of the western slope of the Middle and Northern Urals and problems of primary sources of Ural diamonds. *Geology and forecasting of diamond deposits*. Tez. report III All-Union Interdepartmental Conference on the Geology of Diamond Deposits. (Ed. by P.F. Ivankin, B.I. Prokopchuk). Moscow, TsNIGRI Publ., 49-50. (In Russ.)
- Zilberman A.M., Kachanov A.N., Tsygankov V.A. (1993) Structural and tectonic conditions for the distribution of diamond deposits in the Urals. *Diamond potential of the European North of Russia*. (Ed. by V.I. Stepanenko). Syktyvkar, Komi NTs UrO RAN, 53-57. (In Russ.)
- Zinchuk N.N. (2018) On the paleotectonic development and the possible manifestation of kimberlite magmatism in the territories adjacent to the Urals. *Geologiya i Polez. Iskopaemye Zapadnogo Urala*, **1**(38), 43-51. (In Russ.)
- Zinchuk N.N., Koptil V.I. (2003) Typomorphism of diamonds of the Siberian platform. Moscow, Nedra-Biznestsentr Publ., 603 p. (In Russ.)
- Zinchuk N.N., Savko A.D., Shevyrev L.T. (2005) Historical minerageny. V. 1. Introduction to historical minerageny. Voronezh, Voronezhskii Gosudarstvennyi Universitet, 590 p. (In Russ.)