

В. А. ДУШИН, С. Г. СУСТАВОВ, Д. И. ПРОКОПЧУК,
А. К. ТРУТНЕВ, В. С. КОЗЬМИН (УГГУ)

Первая находка алмаза из нижнепермских отложений в районе истоков р. Сылва (Свердловская область)

В статье рассматривается первая находка алмаза в коренных отложениях нижней перми, установленная в истоках р. Сылва в пределах восточного крыла Юрюзано-Сылвенской депрессии. Работа основана на результатах собственных исследований, обобщения материалов, как по алмазности Предуральского прогиба и Западно-Уральской структурно-формационной мегазоны, так и геологии и петрографии вмещающих породных комплексов, их структурно-тектонической позиции в зоне влияния Главного Западно-Уральского надвига. В статье использованы результаты исследований на сканирующем электронном микроскопе VEGA LMS фирмы TESCAN с энергодисперсионной приставкой Xplore 30 фирмы Oxford Instruments и рентгеновской установке УРС-55 в камере РКД в лаборатории УГГУ. Минералого-петрографическое изучение грубообломочных пород, вмещающих алмаз, идентифицированных как туфобрекчии, показало их флюидно-магматический генезис, на что указывают структурно-текстурные и минералогические особенности пород, включая каплевидные эллипсообразные выделения вулканического стекла, пульпообразный, тонкодисперсный характер основной массы (связующий материал), несортированные, слабоокатанные до остроугольных обломки магматических и осадочных пород, присутствие таких аксессуаров, как кианит, рутил, монацит, циркон, апатит, титанит, золото, хромшпинелиды, муассонит, магнитные и стеклянные микросферулы. Полученные данные свидетельствуют о вероятном проявлении фреатического вулканизма, приведшего к транспортировке алмаза и его спутников в ослабленную активизированную зону перед фронтом Главного Западно-Уральского надвига.

Ключевые слова: алмаз, туфобрекчии, туффизиты, микросферулы, Юрюзано-Сылвенская депрессия, Главный Западно-Уральский надвиг

V. A. DUSHIN, S. G. SUSTAVOV, D. I. PROKOPCHUK,
A. K. TRUTNEV, V. S. KOZMIN (URSMU)

First discovery of a diamond from Lower Permian deposits in the area of the Sylva River headwaters (Sverdlovsk Region)

The article deals with the first discovery of a diamond in Lower Permian bedrock in the Sylva River headwaters within the eastern wing of the Yuryuzan-Sylva depression. The work is based on results of authors' studies, generalization of materials, both on the diamond potential of the Cis-Ural Trough and the West Ural structural megazone, and on geology and petrography of the host rock assemblages, their structural and tectonic position in the zone of influence of the Main West Ural Thrust. The paper uses results of studies on a TESCAN VEGA LMS scanning electron microscope with an Xplore 30 energy-dispersive attachment from Oxford Instruments and a URS-55 X-ray unit in an RCD chamber in the URSMU laboratory. The mineralogical and petrographic study of coarse clastic rocks hosting the diamond, identified as tuff breccias, showed their fluid-magmatic genesis, as evidenced by the textural, structural and mineralogical features of the rocks, including drop-shaped elliptical volcanic-glass segregations, pulp-like finely dispersed nature of the groundmass (binding material), ungraded, weakly rounded to acute-angled fragments of igneous and sedimentary rocks, occurrence of such accessories as kyanite, rutile, monazite, zircon, apatite, titanite, gold, chrome spinel, moissonite, magnetic and glass microspherules. The data obtained indicate the probable phreatic volcanism, which led to the transportation of the diamond and its satellites to a weakened activated zone in the forefront of the Main West Ural Thrust.

Keywords: diamond, tuff breccia, tuffizite, microspherule, Yuryuzan-Sylva depression, Main Western Ural Thrust

Для цитирования: Душин В. А. Первая находка алмаза из нижнепермских отложений в районе истоков р. Сылва (Свердловская область) / В. А. Душин, С. Г. Сустанов, Д. И. Прокопчук, А. К. Трутнев, В. С. Козьмин // Региональная геология и металлогения. – 2022. – № 91. – С. 68–78. DOI: 10.52349/0869-7892_2022_91_68-78

Введение. Проблема поисков коренных источников уральских алмазов насчитывает не одно столетие. Начиная от первой находки, состоявшейся в 1829 году (по данным Г. Е. Щуровского), это важное направление в геологии продолжает интересовать исследователей. По мнению большинства геологов, основу минерально-сырьевой базы Урала составляют месторождения современных и погребенных россыпей, первоисточниками которых выступают промежуточные коллекторы [6], кимберлиты или лампроиты восточного обрамления Русской платформы [1; 8], а также, вероятно, щелочно-базит-ультрабазитовый магматизм, включая лампроиты и перидотиты (косвинский тип) Западно-Уральской структурно-формационной мегазоны [14; 15; 21]. Не менее популярны концепции метаморфогенного (кумдыкольский тип) либо ударно-метаморфогенного (попигайский тип) происхождения [14].

Большой интерес и значительное усиление геологических и тематических работ на алмазы вызвало появление в 1995–1996 гг. «туффизитовой» концепции, предложенной В. Р. Остроумовым и А. Я. Рыбальченко [11; 15] для объектов Красновишерского района. В этой связи переосмыслением материалов предшествующих работ активно занялись геологи АО Уралалмаза, ПГГСП «Геокарта», ВСЕГЕИ, ИГЕМ, ТОО «Прогноз Д», УКГСЭ, ИГиМ (Миасс), ЦНИГРИ, ИГ (Сыктывкар), СНИГЭ (УГГУ), ПГУ (г. Пермь) [5; 9; 14; 18; 20; 21].

Детальное изучение материалов из уральских россыпей показало их морфологическую обособленность (округлые формы), высокий средний вес, изотопный состав, отличающий последние от других алмазоносных провинций. Все это, наряду с определением областей питания и тенденций переноса материала, указывало на местный источник формирования известных месторождений Красновишерского района [2; 4; 9]. Подобный вывод подтверждается последними данными о наличии как специфического магматизма, так и особенностями глубинного строения Западно-Уральской надвиговой мегазоны. Последняя представляет собой окраину сложнопостроенной палеорифтовой структуры, сформированной на гетерогенном архейско-раннепротерозойском основании [7; 19; 23].

Одна из наиболее хорошо изученных в отношении алмазоносности территорий — район Западного склона Среднего и отчасти Северного Урала, где выявлены россыпные месторождения в Вишерском, Чикманском и других районах Пермского края. Здесь активно проводились поиски коренных источников и были обнаружены единичные алмазы и минералы — спутники в туфобрекчиях пикритов благодатского и кусьинского комплексов [10; 14], а также установлены проблематичные вторичные коллекторы в базальных частях колчимской (S_1) и такатинской (D_1) свит. Тем не менее, многие исследова-

тели продолжали высказывать сомнения в достоверности подобных источников из вторичных коллекторов. Дальнейшие работы в районе привели к выявлению жил, стратиформных и экстрезивных тел так называемых туффизитов, контролируемых зонами разломов и пологих надвигов. Они были установлены [9; 15] среди осадочных пород верхнего рифея, венда, нижнего силура, нижнего и верхнего девона и нижнего карбона. Все эти своеобразные породы сопряжены с россыпными неоген-четвертичными месторождениями алмазов. Судя по литературным источникам [9; 22; 23], включая и исследования авторов данной статьи по Полярному и Приполярному Уралу [5], вопросы происхождения первоисточников алмазов остаются до настоящего времени дискуссионными, и обнаруженный нами алмаз в своеобразных кластогенных породах нижней перми усложнит понимание проблемы, переведя ее на новый уровень.

Методика исследований. Данное сообщение посвящено геологическому строению истоков р. Сылва и характеристике обнаруженного в коренных породах нижней перми алмаза. Исследования проводились в рамках геологического доизучения листа О-40-XXIX (Шалинская площадь) масштаба 1 : 200 000 (ГДП-200/2) и программы «Приоритет 2030 УГГУ на 2021–2030 гг.» в пределах восточного крыла Юрюзано-Сылвенской депрессии. В результате маршрутных исследований при документации и опробовании коренных пород белокатайской свиты (P_1bk) в районе выс. 404,5 по аз. 80 ручным способом была отобрана бороздовая проба весом 40 кг. Проба дробилась в щековой, а затем на валковых дробилках до размерности –0,5 мм с последующим отмучиванием и обогащением в бромформе, затем проводился полуколичественный минералогический анализ в лаборатории кафедры ГПР МПИ УГГУ (аналитик С. В. Акулова). Исследование ставило широкий круг задач от изучения геологического строения, литологии и петрографии породных образований до выяснения их геохимического, минералогического составов, а также тектонических и геоморфологических особенностей территории.

Изучение морфологии, внутреннего строения, химического состава как алмаза, так и вмещающих породных комплексов проведено в лабораториях УГГУ. Морфологическое изучение кристалла было проведено с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA LMS фирмы TESCAN с энергодисперсионной приставкой Xplore 30 фирмы Oxford Instruments, при определении состава использовался BSE детектор $U = 20 \text{ kV}$, $I = 3 \text{ nA}$ (аналитик И. А. Влазов, УГГУ). Рентгенографическое исследование выполнено методом монокристалла на установке УРС-55 в камере РКД, излучение $Fe_{\alpha+\beta}$, $U = 40 \text{ kV}$, $I = 10 \text{ mA}$ (аналитик С. Г. Сустанов, УГГУ).

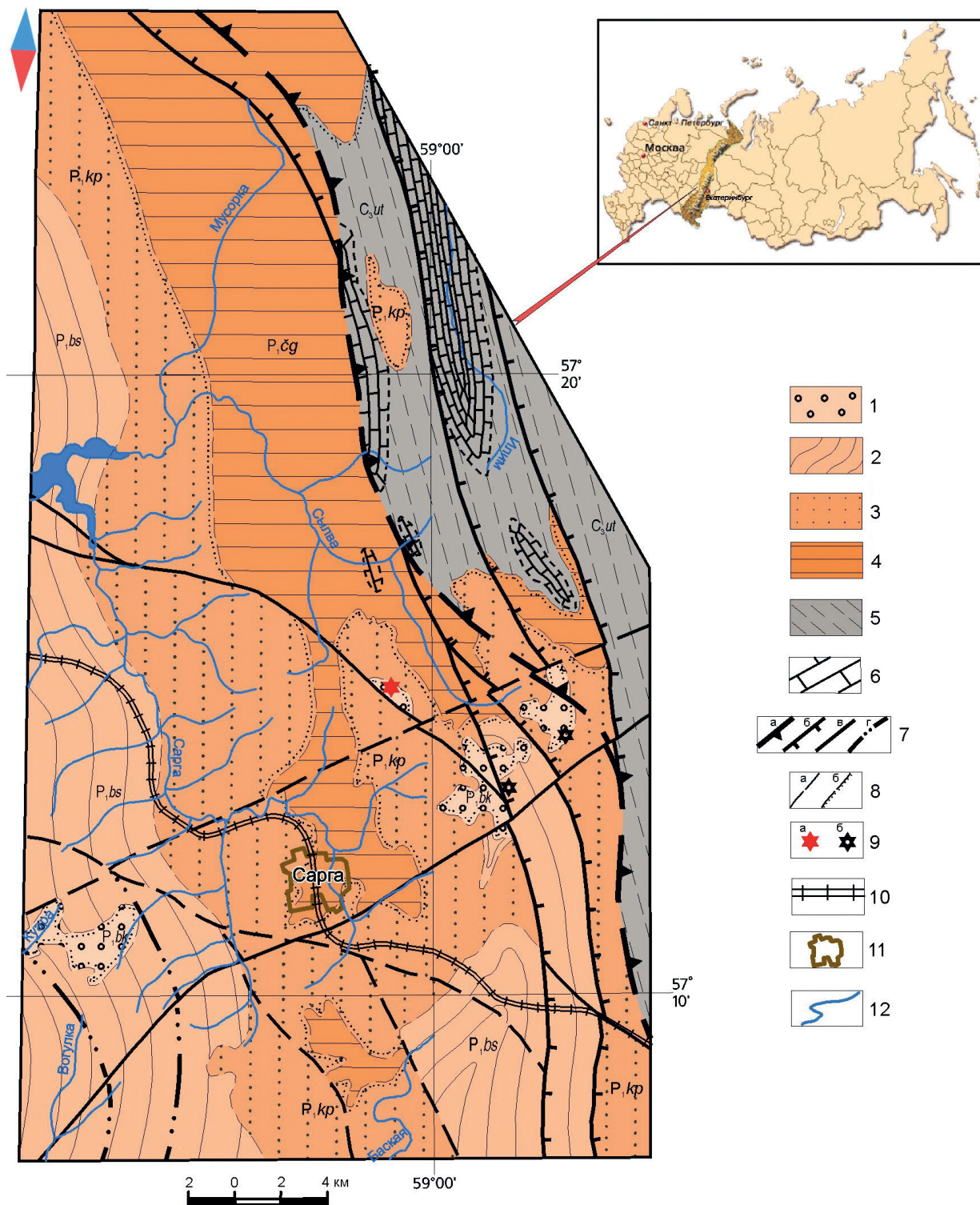


Рис. 1. Геологическая карта истоков р. Сылва (В. А. Душин по материалам СНИГЭ УГГУ и Н. А. Мамина)

1 – белокатайская свита (P₁bk): алевролиты, песчаники, разногальчатые конгломераты, в том числе вулканомиктовые; 2 – бисертская свита (P₁bs): алевролиты, аргиллиты, прослой песчаников; 3 – капысовская свита (P₁kp): алевролиты, прослой песчаников, редкие горизонты конгломератов; 4 – чигишанская свита (P₁cg): полимиктовые песчаники, аргиллиты, глинистые известняки; 5 – уткинская свита (C₃ut): глинистые известняки, алевролиты, аргиллиты, прослой песчаников; 6 – известняки; 7 – тектонические нарушения: а – основной шов Главного Западно-Уральского надвига (ГЗУН), б – второстепенные швы ГЗУН, в – тектонические нарушения различной морфологии, г – элементы Куарской кольцевой структуры; 8 – границы вещественных комплексов: а – согласные, б – несогласные; 9 – места находок алмазов в коренных (а) и аллювиальных (б) отложениях; 10 – железная дорога; 11 – населенные пункты; 12 – реки

Петрографические работы осуществлены на микроскопах DM2700P, S9i, M205C фирмы Leica.

Объект исследования. В геологическом строении рассматриваемой территории, расположенной в районе верхнего течения и истоков р. Сылва, принимают участие структурно-вещественные комплексы восточной приконтактной части Юрюзано-Сылвенской депрессии Предуральского прогиба и западные фрагменты сложнопостроенной системы Западно-Уральской структурно-формационной мегазоны, реализованной в Язьвенско-Чусовской складчато-надвиговой зоне. Данные комплексы расчленены на ряд стратиграфических подразделений, почти повсеместно перекрытых маломощным чехлом четвертичных осадков (рис. 1). Наиболее древние отложения, слагающие Западно-Уральский сегмент – песчано-алевролит-карбонатные отложения уткинской свиты верхнего карбона, принадлежащие к глинисто-известково-доломитовой формации. Данные осадки обладают характерной ритмичностью и локализованы в субпараллельных тектонических пластинах шириной 2–5 км. При этом карбонатные отложения рифогенной природы скорее всего являются олистоплаками наряду с терригенными останцами нижнепермских отложений чигишанской и капысовской свит. Отложения Предуральской мегазоны в Юрюзано-Сылвенской депрессии представлены терригенными комплексами, чигишанской

(P₁çg), капысовской (P₁kp), бисертской (P₁bs) и белокатайской (P₁bk) свит гжельского, ассельского, сакмарского и артинского ярусов, содержащих широкий спектр фораминифер, миоспор, фузулинид, кораллов, мшанок и брахиопод.

Основные перерывы в осадконакоплении установлены в основании капысовской и белокатайской свит. При этом последняя наряду с широким развитием псаммито-псефитовых осадков молассоидного типа, как правило, имеет тектонизированные соотношения с нижележащими комплексами. Само же проявление алмазонасных пород представляет собой плосковершинный останец размером 120 × 27 м и высотой до 5 м, напоминающий по форме выхода небольшую пологозалегающую экструзию. Отдельные замёры на вершине элементов залегания составляют аз. пад – 300–310 ∠7–10°. Породы лимонитизированы. Рыхлые отложения, перекрывающие верхнепалеозойские осадки и покрывающие почти всю территорию в виде маломощного чехла, вскрыты вблизи дер. Пермьяки серией шурфов. Это неоплейстоценовые отложения валдайского надгоризонта, в составе которого выделены склоновые образования табулдинского горизонта. Они представлены серыми, коричневыми, желтовато-коричневыми, умеренно плотными суглинками или глинами с обломками как местных коренных пород, так и галечным материалом среднепалеозойских отложений Западно-Уральской структурно-формационной мегазоны.

Таблица 1

Содержание петрогенных оксидов (в масс. %) в туфизитах Вишерского района (1–3) и в туфобрекчиях верховья р. Сылва (4–6)

Оксиды	Участки*			Верховья р. Сылва**		
	Волынка № 3	Южная Рассольная	Чурочная	18–50	18–205	20–707
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	63,15	65,8	61,5	65,95	61,34	64,05
TiO ₂	0,82	0,70	0,73	0,552	0,693	0,615
Al ₂ O ₃	16,25	16,30	18,90	13,12	16,94	15,04
Fe ₂ O ₃ *	4,21	4,80	5,10	4,28	6,12	5,67
FeO	0,1	2,0	0,56	–	–	–
MnO	0,0044	0,016	0,033	0,08	0,125	0,124
MgO	1,65	2,2	1,5	1,65	1,81	1,74
CaO	1,54	0,38	0,58	3,25	1,19	1,16
Na ₂ O	0,04	1,1	1,2	3,36	3,94	3,66
K ₂ O	4,15	2,1	3,3	3,12	2,97	3,27
P ₂ O ₅	0,05	0,072	0,28	0,238	0,498	0,379
ППП	6,35	4,0	6,4	4,2	4,4	4,3
Сумма	100,3	99,5	100,1	100,9	100,06	100,05

*Анализ рентгеноспектральный выполнен в лабораториях ВСЕГЕИ [9] (1–3) и ЦКП «Геоаналитик» УрО РАН (4–6).

**Fe₂O₃ общее.

Коренные обломочные отложения, содержащие алмаз, представлены породами светло-серого, светло-серо-желтого оттенка от крупно-средне-мелкогалечной до гравийной и галечно-щебневой структуры и массивной, неяснослоистой, брекчевидной текстуры. В шлифах наблюдается неравномернoзернистая и среднeзернистая микроструктура и от конгломератовой до брекчиевой текстура. В породах отсутствует сортировка по размеру, и ксенолиты обладают различной степенью окатанности. Содержание обломков составляет от 80–85 до 90 %. Они имеют остроугольную, изометричную либо призматическую форму. Наиболее крупные обломки (от 2–4 до 10 см) представлены кварцитами (30–35 %), кремнями различных оттенков (25–30 %), базальтами (25–30 %), известняками (5–10 %), риолитами (до 3 %), долеритами (до 3 %), трахитами (до 3 %) и алевролитами (до 3 %).

Псаммитовая фракция (0,052 см) сложена небольшими обломками и зернами базальта, кварцита, алевролита, песчаника, молочно-белого кварца, халцедона, опала, кавернозного известняка. Связующее вещество (матрица) составляет 7–10 % от объема породы и представлена призматическими лейстами плагиоклазов (25–30 %) от альбита до андезина, изометричными зернами кварца (20 %), призматическими чешуйками гастингсита (10 %), игольчатыми чешуйками паргасита (5–7 %), призматическими чешуйками Mg-Fe слюды флогопита, тонкоchешуйчатыми

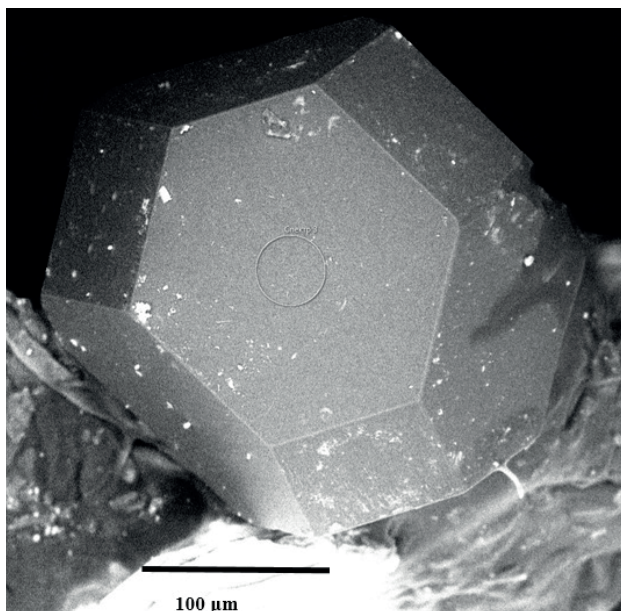


Рис. 2. Снимок алмаза, выполненный с помощью электронного микроскопа

зернами мусковита (5–7 %), а также изотропным, каплевидной и эллипсоидальной формы вулканическим стеклом (10–20 %). В шлифах встречены округлые (оплавленные по краям?) сферические стеклофазы кварца и алюмосиликатов, размером от 0,1–0,2 до 0,4 мм. Также фиксируются лейсты новообразованных зерен альбита и олигоклаза,

Таблица 2

Химический состав хромшпинелидов

Спектр	83	85	87	90	91	92
MgO	6,1	7,3	4,5	4,3	5,7	5,8
FeO	25,8	24,2	27,4	27,4	25	25,1
MnO	–	–	–	–	0,6	0,5
Fe ₂ O ₃	4,5	3,7	1	1	1,9	1,8
Al ₂ O ₃	19,7	22,2	12,4	12,4	13,7	15
Cr ₂ O ₃	43,2	42	54,7	54,9	52,9	51,5
V ₂ O ₃	0,3	0,3	–	–	0,2	0,3
TiO ₂	0,4	0,3	–	–	–	–
Сумма	100	100	100	100	100	100
Герценит FeAl ₂ O ₄	37,7	41,6	24,9	24,9	27,1	29,4
Магнетит FeFe ₂ O ₄	5,5	4,4	1,3	1,3	2,4	2,3
Хромит FeCr ₂ O ₄	25,9	18,2	50,9	52,0	41,7	39,1
Магнезиохромит MgCr ₂ O ₄	29,5	34,7	22,9	21,8	28,5	28,9
Ульвошпинель Fe ₂ TiO ₄	1,0	0,7	0,0	–	–	–
Кульсонит FeV ₂ O ₄	0,4	0,4	0,0	–	0,3	0,3

Примечание: – не обнаружено.

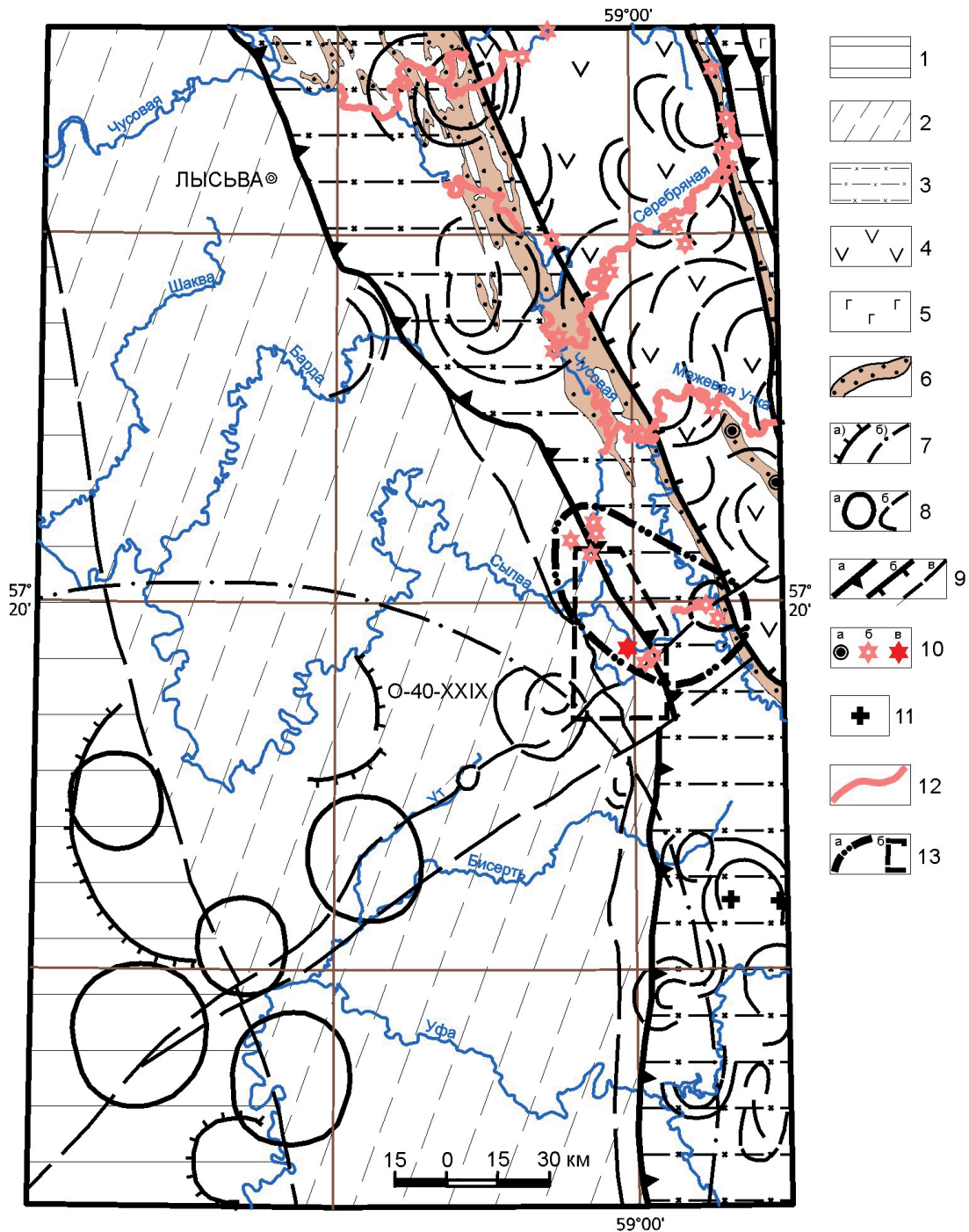


Рис. 3. Геолого-структурная схема алмазности (по материалам [3; 17])

Породные ассоциации: 1 – Восточно-Европейской платформы (P_2); 2 – Предуральского краевого прогиба (P_{1-2}); 3 – Западно-Уральской структурно-формационной мегазоны ($O-C_2$); 4 – Центрально-Уральской мегазоны ($RF-C_1$); 5 – Тагильской мегазоны (PZ_1); 6 – терригенные комплексы (такатинской (D_1), федоровской (RF_3) свит; 7 – купольные морфоструктуры: а – положительные, б – крупные кольцевые структуры, выявленные в рельефе поверхности гнейсово-гранулитового комплекса [3]; 8 – кольцевые структуры, контролируемые кимберлит-лампроитовый магматизм, выявленные по данным АГП: а – перспективные, б – менее перспективные [3]; 9 – тектонические нарушения: а – надвиги главные, б – надвиги второстепенные, в – диагональные тектонические элементы глубинного заложения; 10 – места находок алмазов: а – в аллювиальных отложениях, б – в терригенных породах (промежуточные коллектора), в – в туфобрекчиях нижней перми; 11 – выходы магматических пород щелочно-базит-ультрабазитового состава; 12 – россыпи алмазов аллювиальные, аллювиально-делювиальные; 13 – контуры: а – Сылвенского алмазорудно-россыпного узла потенциального, б – геологической карты истоков р. Сылва (см. рис. 1).

чешуйки мусковита, флогопита, расположенные по периферии и пронизывающие различные обломки и зерна, а сами минералы — без трещин и цемента внутри. Основная масса — цемент (10–15 %) от контурного, смешанного до закрытого порового типа кварц-полевошпат-глинистого состава. Часто наблюдаются распад и дробление обломков и зерен с проникновением в них цемента. Химический состав цемента приведен в табл. 1.

При этом рентгеновская диагностика (фазовый анализ) тонкой фракции свидетельствует о присутствии в пробе кварца, кислого плагиоклаза с примесью калиевого полевого шпата либо лейцита, анальцима, а также значительное количество монтмориллонита. Подобная характеристика позволяет более-менее достоверно идентифицировать породу (с учетом брекчиевой текстуры) как туфобрекчию, аналогичную во многим породам участка «Чурочная» Вишерского района [9]. Изучение проб-протолок показало наличие следующих акцессорных минералов: магнетит, апатит, титанит, лейкоксен, циркон, эпидот, пирит, рутил, гематит. В единичных пробах встречаются золото, молибденит, ильменит, монацит, алмаз, корунд, вулканическое стекло, серпентин, муассанит, магнитные и стеклянные сферулы, хромшпинелиды.

Диагностика акцессорных минералов из протолок была произведена оптическими методами, а монокристалла алмаза — дополнительно с привлечением рентгеноструктурного анализа. Для последнего был рассчитан дифракционный спектр, в котором присутствуют следующие $K\alpha$ линии: 2,05 (10)—1,263 (7)—1,077 (10), что однозначно идентифицирует его как алмаз. Это плоскогранный кристалл (рис. 2) размером ~0,4 мм в поперечнике. Ограничение его составляют две простые формы: октаэдр $o\{111\}$ и куб $a\{100\}$. Ребра простых форм на кристалле равны, а площадь граней октаэдра в ограничении кристалла в 4 раза больше площади граней куба, поэтому грани октаэдра доминируют в ограничении кристалла.

Кристалл развит неравномерно и несколько удлинен по одной из осей четвертого порядка, что приводит к искажению граней куба, так как некоторые из них приобретают форму прямоугольника; также искажается симметрия граней октаэдра. Последние имеют зеркальную поверхность, в то время как строение граней куба мелкошероховатое. Одна из граней октаэдра сколота полностью, на другой сколотой частично видна совершенная спайность. На ней также присутствует мелкое треугольное углубление с индукционной поверхностью от минерала, росшего одновременно с внешней зоной кристалла. Отдельные ребра притупляются узкие мелкие грани гексаоктаэдра $s\{321\}$. Остальные ребра на кристалле острые, что указывает на незначительное перемещение кристалла с места образования.

Подобной формы плоскогранные октаэдры были описаны только из россыпей Среднего Урала, где их количество в россыпи составляет 3 %, находки кубических кристаллов единичны, а находок этих двух форм в комбинации друг с другом (тем более, в цветных кристаллах) не отмечены вообще [3; 12].

Необычна и окраска кристалла, который имеет зеленовато-желтый цвет. Кристалл прозрачен. Внутри видны следы хрупких деформаций вокруг белого веретенообразного включения и двух мелких изометричных включений, требующих дальнейшего исследования. При изучении химического состава как алмаза, так и его приповерхностного слоя, кроме углерода, никаких других элементов на кристалле не обнаружено.

В результате минералого-петрографического изучения грубообломочных пород, вмещающих алмаз, их структурно-текстурных особенностей, характера кварц-полевошпат-слюдистой основной массы (цемента), а также минерального своеобразия отложений — наличие в них оплавленных силикатных микросферул, каплевидного и эллипсоидального вулканического стекла (до 20 %), флогопита, флоренсита, серпентина, корунда, хромшпинелида, рутила и др. — можно с определенной долей условности диагностировать данные породы как вулканомиктовые туфобрекчии или туффизиты, по терминологии А. Я. Рыбальченко и др. [15], близкие по многим параметрам к алмазоносным породам Красновишерского района. Кроме того, изучение составов отдельных акцессорных минералов-спутников алмаза, таких как хромшпинелиды (табл. 2) и ильменит, показало их близость к аналогичным минералам из «туффизитов» Чикманского рудного узла и пикритам пос. Теплая Гора, р. Кусья и включениям из анкаромитов горы Благодать [10], отвечая составу объектов платформенного типа. Проанализированное зерно ильменита содержит (%): FeO — 45,5; TiO₂ — 51,9; MnO — 2,6 (среднее по трем анализам), а в качестве незначительных примесей отмечаются кальций и кремнезем, что также сопоставимо с составами из «туффизитов».

Район проявлений туфобрекчий (туффизитов) характеризуется весьма сложным геологическим строением и напряженной тектонической обстановкой. Последнее определяется расположением в области сочленения окраинно-континентальной рифтогенной системы Восточно-Европейской платформы и Западно-Уральской структурно-формационной мегазоны. Эта территория проявлена системой субмеридиональных и северо-западных пластин, ограниченных тектоническими швами-сателлитами Главного Западно-Уральского надвига и сложенных верхнекарбонными отложениями уткинской свиты. Здесь же проявлены наиболее молодые северо-восточные нарушения сбросовой морфологии и кольцевые структуры (Куарская и др.) размером в поперечнике до 20 км. Последняя расположена в пределах

более крупной кольцевой морфоструктуры фундамента диаметром около 200 км, телескопированной в палеозойский разрез (рис. 3).

Следует заметить, что в пределах влияния швов Главного Западно-Уральского надвига, осложненного северо-восточными нарушениями, как в истоках р. Сылва, так и правых притоках р. Чусовая, предыдущие исследователи установили проявления алмазов в рыхлых четвертичных отложениях (рис. 3). Южнее в этой же зоне в полосе влияния Главного надвига нами выявлена в рыхлых отложениях бассейнов рек Пут и Баская специфическая акцессорная минералогия: флюорит, киноварь, самородные свинец и медь, барит, силикатные и металлические шарики. Последние представлены титановым аналогом санборнита ($BaTi_2O_5$) и железистым хромом [16] и рассматриваются в настоящее время как индикаторы своеобразных флюидонасыщенных магматических глубинных систем [18–20], которые, вероятно, могут контролировать алмазоносные структуры.

Обсуждение результатов. При решении проблемы поисков коренных источников следует иметь в виду, что в известных алмазоносных провинциях мира (главным образом в Африке и Бразилии) выявлены коренные месторождения, связанные с алмазоносными дайками и жилами, а настоящие диатремы весьма редки [1; 9]. Во всяком случае, подобная морфология продуктивных тел как нашего района, так и известных месторождений Красновишерско-Пашийской группы, хорошо укладывается в данную схему, и основной поисковый интерес будут, по-видимому, представлять межслоевые либо дискордантные пирокластические тела. При этом их возраст скорее всего следует считать мезозойским (послепермским), сопряженным с общеуральским корообразованием в постэммерсивную рифтогенную стадию развития территории.

Мезозойский рифтогенез, по мнению В. М. Нечухина и др. (2009), относится к резонансному типу на основании определенных связей с геодинамическими процессами растяжения в пределах основания Западно-Сибирской плиты. Этот процесс в пределах Урала достаточно надежно фиксируется щелочно-базит-ультрабазитовым (включая лампроиты, анальцитимиты) магматизмом, как на востоке (ахтыльский комплекс), так и на западе (чикманский, киргишанский комплексы) в Западно-Уральской зоне складчатости.

По данным М. С. Рапопорта и Н. И. Рудицы (1998), в Западно-Уральской складчатой зоне перспективными по геофизическим критериям на обнаружение первоисточников алмазов являются две полосы, вытянутые в субмеридиональном направлении от широты г. Красновишерск на севере до верховьев р. Уфа на юге. Они образуют соответственно Западную и Восточную прерывистые полосы источников россыпной алмазоносности, контролируя размещение свит – промежуточных

коллекторов (такатинская, федоровская и др.) и спорадических проявлений базит-щелочно-ультрабазитового магматизма (колчимский, чигишанский, ефимовский, сертыннинский комплексы), линейных кор выветривания и кольцевых зон разуплотнения (рис. 3). Последние представляют собой вихреобразные и кольцевые морфоструктуры гравиметровых полей с преобладанием пониженных гравитационных и низких магнитных аномалий размером от 6×6 до 21×30 км [9].

Восточная полоса расположена в западной зоне влияния Главного Уральского надвига, где интродуцируется несколькими малыми телами сертыннинского алмазодержащего комплекса щелочно-ультраосновных лампроитов [4; 9]. Западная совпадает с областью влияния Западно-Уральского глубинного надвига и, по-видимому, контролирует размещение крупнейших россыпных объектов Красновишерского узла, проявления алмазоносных туффизитов и ксенотуффизитов (полюдово-колчимский и другие комплексы). При этом на юге, на широте истоков р. Бисерть в пределах Киргишанского аллохтона установлено несколько тел общей мощностью до 100 м (дайки) ортоклазовых и анальцитим-ортоклазовых эссексит-тешенитов, вскрытых скважиной 2705 на глубине 500 м [17], которые также свидетельствуют о проявлении и здесь щелочно-базитового магматизма (киргышанский комплекс). Севернее, в границах Чусовского алмазо-россыпного района известны россыпепроявления по рекам Межевая Утка, Чусовая, Серебряная, из которых при поисках суммарно извлечено 122 кристалла, а также установлены единичные находки алмазов в аллювии рек Шайтанка, Боевская, Распахта (рис. 3). Первоисточники и промежуточные коллекторы (Западная зона) слабо проявлены. Так, в районе Кыновской перспективной площади выявлены туфобрекчии, близкие к продуктивным аналогам Красновишерского района, в которых зафиксирована высокая концентрация хромшпинелидов кимберлитовой ассоциации. Южнее, в этой же полосе, по данным Н. А. Мамина (устное сообщение), на реках Каменушка и Гуриха обнаружены несколько перидотитовых и трахибазальтовых трубок.

Таким образом, исходя из имеющихся материалов, в пределах области сочленения активизированных фрагментов Юрюзано-Сылвенской депрессии и Язьвенско-Чусовской складчато-надвиговой зоны в междуречье Чусовая–Сылва можно выделить новый Сылвенский алмазно-рудно-россыпной потенциальный узел, контролируемый Западно-Уральской шовной зоной. Он выделяется на фоне высоких значений гравитационных полей, связанных, вероятно, с подъемом тяжелых масс гранулит-базитового слоя [13] и проявлением флюидно-эксплозивных процессов, реализованных в алмазодержащих туфобрекчиях, месторождениях и проявлениях газа (Бухаровское) и минерализованных вод (Накоряковское,

Лакташское). По-видимому, основные перспективы алмазоносности районов и узлов Красновишерского типа связаны с областью сопряжения Восточно-Европейской платформы и Западно-Уральской зоны складчатости, представляющей собой активизированную шовную зону шириной не менее 10 км. Размеры последней обусловлены областью влияния сопрягающихся структур, контролируемых проявлениями флюидно-эксплозивных процессов, реализованных в виде экструзий и субсогласных залежей продуктивных пирокластитов, сопровождаемых в области контакта цепочкой аллохтонных органогенных построек, терригенных останцев линейных горст-антиклиналей со значительными амплитудами сбросов, уверенно выделяемых геолого-геофизическими методами.

Выводы. Впервые в коренных нижнепермских отложениях среди своеобразных кластогенных пород проблематичного генезиса выявлен алмаз. Последний представляет собой зеленовато-желтый прозрачный с редкими включениями кубооктаэдр размером 0,4 мм в поперечнике, внутри которого видны следы хрупких деформаций. Дискуссионность в определении вмещающих пород обусловлена, с одной стороны, строением их выхода на поверхность, внешне напоминающего небольшую экструзию, а с другой – составом и структурно-текстурными особенностями самих пород, близких к туфобрекчиям. Для них характерны слабоокатанные, неокатанные до остроугольных обломки средней и крупной размерности несортированного, полимиктового материала, представленного широкой гаммой магматических (от базальта до трахита) и осадочных (известняки, кварциты, кремь) пород, сцементированных гетерогенным кварц-полевошпат-слюдистым составом с присутствием лейст-флогопита, серпентина, мусковита.

Связующая масса напоминает слабодезинтегрированную пульпу, содержащую как мелкие обломки магматических пород, включая каплевидные образования вулканического стекла, так и перетертый, тонкий (<0,01 мм), плохо диагностируемый материал кварц-полевошпат-слюдистого состава. Фазовый анализ позволил выявить здесь кварц, кислый плагиоклаз, калишпат либо лейцит, анальцит, монтмориллонит. Порода лимонитизирована. Наряду с алмазом в породах установлены следующие акцессорные минералы и полиминеральные образования: магнетит, апатит, титанит, лейкоксен, циркон, монацит, корунд, золото, молибденит, барит, эпидот, пирит, рутил, гематит, муассонит, хромшпинелиды (самородная медь и свинец, флюорит, киноварь определены в аналогичных осадках истоков р. Пут), вулканическое стекло, магнитные и стеклянные микросферулы (шарики). Последние (совместно с каплевидными и эллипсообразными выделениями вулканического стекла) можно

рассматривать, судя по публикациям [24; 25], в качестве индикаторов флюидно-магматического процесса, по-видимому, обязанного проявлению фреатического вулканизма глубинного заложения в пределах краевой восточной части Юрюзано-Сылвенской депрессии. Обращает на себя внимание с точки зрения проявления тектоно-магматических процессов и своеобразия общего геолого-структурного положения эксплозивных туфобрекчий, приуроченных к области сочленения Уральских и краевых Восточно-Европейских образований. Это область влияния как структур Главного Западно-Уральского надвига, так и субплатформенных структурно-вещественных комплексов Предуральского краевого прогиба, осложненных системой разномасштабных кольцевых структур, в том числе и глубинного заложения.

Анализ материалов по алмазоносности Западного склона Среднего Урала однозначно свидетельствует о приуроченности известных рудно-россыпных районов и узлов (Красновишерский, Яйвинский, Чикманский, Пашийский и др.) к единой Западно-Уральской алмазо-золото-россыпной минерагенической зоне [4], в пределах которой, в междуречье Чусовая–Сылва, по-видимому, можно выделить новый Сылвенский потенциальный алмазо-рудно-россыпной узел, который объединяет коренные алмазосодержащие туфобрекчии с находками алмазов в четвертичных отложениях левого притока р. Чусовая и междуречья истоков рек Сылва – Баская.

1. Ваганов В. И. Алмазные месторождения России и мира (основы прогнозирования). – М.: Геоинформмарк, 2000. – 371 с.

2. Ветчинов В. А. К вопросу об источниках алмазов уральских россыпей // Геология и геофизика. – 1980. – № 9. – С. 164–168.

3. Гневушев М. А., Шеманина Е. И. Некоторые особенности уральских алмазов и их возможные первоисточники // Минералы изверженных горных пород и руд Урала. – Л.: Наука, 1967. – С. 27–40.

4. Государственная геологическая карта Российской Федерации третьего поколения. Масштаб 1:1 000 000. Серия Уральская. Лист О-40-Пермь. Объяснительная записка / В. П. Водолазская, И. П. Тетерин, В. А. Кириллов, Л. И. Лукьянова и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 497 с. + 6 вкл.

5. Душин В. А. Потенциальная алмазоносность Полярного Урала / В. А. Душин, В. Р. Остроумов, А. А. Малюгин, О. П. Сердюкова и др. Под ред. В. А. Душина. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 200 с.

6. Ишков В. Д. Источники алмазов уральских россыпей на примере Красновишерского района // Тезисы докладов II Всесоюзного совещания по геологии алмазных месторождений. – Пермь: Звезда, 1966. – С. 35–37.

7. Коротеев В. А. Особенности формирования и геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии / В. А. Коротеев, В. М. Нечухин, В. А. Душин, Е. Н. Волчек // Литосфера. – 2020. – № 20 (5). – С. 607–629.

8. Кухаренко А. А. Алмазы Урала. — М.: Госгеолтехиздат, 1955. — 515 с.
9. Лукьянова Л. И., Остроумов В. Р., Рыбальченко А. Я. Алмазные флюидо-эксплозивные образования Пермского Приуралья / Под ред. А. Ф. Морозова. — М.: СПб.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, ВСЕГЕИ, 2011. — 240 с.
10. Малахов И. А. Алмазы Урала и их спутники // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 1993. — № 4 (II/93) — С. 57–60.
11. Остроумов В. Р. Открытие коренных источников уральских алмазов (к 50-летию прииска «Уралалмаз») / В. Р. Остроумов, А. Ф. Морозов, А. С. Киреев, Б. Д. Магадеев // Геологическое изучение и использование недр: Науч.-технич. информ. сб. АОЗТ Геоинформмарк. — Вып. 6. — М.: 1996. — С. 3–13.
12. Ракин В. И. Морфология алмазов уральского типа. — Екатеринбург: Рио УрО РАН, 2013. — 396 с.
13. Рапопорт М. С., Левин В. Я., Рудица Н. Н. Алмазность Урала (достижения и задачи исследований) // Геология и металлогения Урала. Кн. 1. — Екатеринбург: ОАО УГСЭ, 1998. — С. 256–277.
14. Рапопорт М. С., Кузовков Г. Н. Ожидаемые типы коренной алмазности Урала // Известия УГГА. Серия Геология и геофизика. — 2000. — Вып. 10. — С. 93–99.
15. Рыбальченко А. Я., Колобянин В. Я., Рыбальченко Т. М. О новом типе магматизма как возможном источнике уральских алмазов // Мат-лы регион. конфер. «Моделирование геологических систем и процессов». — Пермь, 1996. — С. 111–113.
16. Суставов С. Г. Металлические и стеклянные сферулы в рыхлых отложениях истоков реки Пут (Средний Урал) / С. Г. Суставов, В. А. Душин, И. А. Власов, А. К. Трутнев, Е. А. Жуклин, Д. И. Прокопчук // Литосфера. — 2021. — № 21 (2). — С. 273–282.
17. Тектоническое районирование и минералогия Урала / К. К. Золоев, Д. А. Додин, В. А. Коротеев, А. Ф. Морозов. — М.: Гео-Карт ГЕОС, 2006. — 180 с.
18. Чайковский И. И. Петрология и минералогия интрузивных алмазных пирокластитов Вишерского Урала. — Пермь: Изд-во Пермского университета, 2001. — 324 с.
19. Чурсин А. В., Ставротти В. И., Кудряшов А. М. Валообразные поднятия дорифейского фундамента Западного склона Урала, их отражение в геофизических полях и связь с алмазностью // Мат-лы Международной конференции «Проблемы геодинамики, сейсмичности и минералогии подвижных поясов и платформенных областей литосферы». — Екатеринбург, 1998. — С. 215–217.
20. Шеманина Е. И., Богомольная Л. С. Включения в уральских алмазах и вероятный тип их первоисточника // Комплексное исследование алмазов. — М., 1980. — С. 89–95.
21. Шурубов Ю. В. Инициативная экспертиза сообщений об открытии магматических источников на Урале // Отечественная геология. — 1999. — № 9. — С. 42–45.
22. Fleischer R. A. Rift model for the sedimentary diamond deposits of Brazil // Miner. Deposita. — 1998. — Vol. 33. — No. 3. — Pp. 238–254.
23. Hawthorne J. B. Model of a kimberlite pipe // Physics and Chemistry of the Earth. — 1975. — No. 9. — Pp. 1–15.
24. Meyer H. O. A., Svisero D. P. Mineral inclusions in Brazilian diamonds // International Kimberlite Conference: Extended Abstracts. — 1973. — No. 1. — Pp. 225–228.
25. Nixon P. H. The morphology and nature of primary diamondiferous occurrences // Journal of Geochemical Exploration. — 1995. — No. 53. — Pp. 41–71.
2. Vetchinov V. A. K voprosu ob istochnikahalmazov ural'skih rossypej. *Geologiya i geofizika*, 1980, no. 9, pp. 164–168. (In Russian).
3. Gnevushev M. A., Shemanina E. I. Nekotorye osobennosti ural'skihalmazov i ih vozmozhnye pervoistochniki Mineraly izverzhennyh gornyh porod i rud Urala. Leningrad, 1967, pp. 27–40. (In Russian).
4. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Ural'skaya. List O-40 — Perm'. Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (3rd Generation). Ural'skaya series. Sheet O-40 — Perm'. Explanatory notes]. Eds.: V. P. Vodolazskaya, I. P. Teterin, V. A. Kirillov, L. I. Luk'yanova et al. St. Petersburg, VSEGEI, 2015, 497 p. + 6 insets.
5. Dushin V. A., Ostroumov V. R., Malyugin A. A., Serdyukova O. P. et al. Potencial'naya almazonosnost' Polyarnogo Urala. Ed. V. A. Dushin. Ekaterinburg, Izd-vo UGGU, 2014, 200 p.
6. Ishkov V. D. Istochnikialmazov ural'skih rossypej na primere Krasnovisherskogo rajona. Tezisy dokladov II Vsesoyuznogo soveschaniya po geologiialmaznyh mestorozhdenij. Perm', Zvezda, 1966, pp. 35–37. (In Russian).
7. Koroteev V. A., Necheuhin V. M., Dushin V. A., Volchek E. N. Osobennosti formirovaniya i geodinamicheskaya karta Uralo-Timano-Paleoaziatskogo segmenta Evrazii. *Litosfera*, 2020, no. 20 (5), pp. 607–629. (In Russian).
8. Kuharenko A. A. Almazy Urala. Moscow, Gosgeoltekhizdat, 1955, 515 p.
9. Luk'yanova L. I., Ostroumov V. R., Rybal'chenko A. Ya. Almazonosnye flyuido-eksplozivnye obrazovaniya Permskogo Priural'ya. Ed. A. F. Morozov. Moscow, St. Petersburg, GEOKART, GEOS, VSEGEI, 2011, 240 p.
10. Malahov I. A. Almazy Urala i ih sputniki. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*, 1993, no. 4 (II/93), pp. 57–60. (In Russian).
11. Ostroumov V. R., Morozov A. F., Kireev A. S., Magadeev B. D. Otkrytie korennyh istochnikov ural'skihalmazov (k 50-letiyu priiska «Uralalmaz»). Geologicheskoe izuchenie i ispol'zovanie nedr: Nauch.-tekhnich. inform. sb. AOZT Geoinformmark, vol. 6, Moscow, 1996, pp. 3–13. (In Russian).
12. Rakin V. I. Morphology of Ural type diamonds. Yekaterinburg, Rio UrO RAS, 2013, 396 p.
13. Rapoport M. S., Levin V. Ya., Rudica H. H. et al. Almazonosnost' Urala (dostizheniya i zadachi issledovaniy). *Geologiya i metallogeniya Urala*, vol. 1, Ekaterinburg, ОАО УГСЭ, 1998, pp. 256–277. (In Russian).
14. Rapoport M. S., Kuzovkov G. N. Ozhidaemye tipy korennoj almazonosnosti Urala. *Izvestiya UGGA, seriya Geologiya i geofizika*, 2000, vol. 10, pp. 93–99. (In Russian).
15. Rybal'chenko A. Ya., Kolobyanin V. Ya., Rybal'chenko T. M. O novom tipe magmatizma kak vozmozhnom istochnike ural'skihalmazov. Mat-ly region. konfer. «Modelirovanie geologicheskikh sistem i processov». Perm', 1996, pp. 111–113.
16. Sustavov S. G., Dushin V. A., Vlasov I. A., Trutnev A. K., Zhuklin E. A., Prokopchuk D. I. Metallicheskie i steklyannye sferuly v ryhlyh otlozheniyah istokov reki Put (Srednij Ural). *Litosfera*, 2021, no. 21 (2), pp. 273–282. (In Russian).
17. Tektonicheskoe rajonirovanie i minerageniya Urala. Eds.: Zoloev K. K., Dodin D. A., Koroteev V. A., Morozov A. F. Moscow, GEOS, 2006, 179 p.
18. Chajkovskij I. I. Petrologiya i mineralogiya intruzivnyh almazonosnyh piroklastitov Visherskogo Urala. Perm', Izd-vo Permskogo universiteta, 2001, 324 p.
19. Chursin A. V., Stavrotti V. I., Kudryashov A. M. Valoobraznye podnyatiya dorifejskogo fundamenta Zapadnogo sklona Urala, ih otrazhenie v geofizicheskikh polyah i svyaz' s almazonosnost'yu. Mat-ly Mezhdunarod. konfer. «Problemy geodinamiki, sejsmichnosti i mineragenii podvizhnyh poyasov i platformennyh oblastej litosfery». Ekaterinburg, 1998, pp. 215–217. (In Russian).
20. Shemanina E. I., Bogomol'naya L. S. Vkluyucheniya v ural'skihalmazah i veroyatnyj tip ih pervoistochnika.

Kompleksnoe issledovaniealmazov. Moscow, 1980, pp. 89–95. (In Russian).

21. Shurubor Yu. V. Initsiativnaya ekspertiza soobschenij ob otkrytii magmatischeskih istochnikov na Urale. *Otechestvennaya geologiya*, 1999, no. 9, pp. 42–45. (In Russian).

22. Fleischer R. A Rift model for the sedimentary diamond deposits of Brazil. *Miner. Deposita*, 1998, vol. 33, no. 3, pp. 238–254.

23. Hawthorne J. B. Model of a kimberlite pipe. *Physics and Chemistry of the Earth*, 1975, no. 9, pp. 1–15.

24. Meyer H. O. A., Svisero D. P. Mineral inclusions in Brazilian diamonds. *International Kimberlite Conference: Extended Abstracts*, 1973, no. 1, pp. 225–228.

25. Nixon P. H. The morphology and nature of primary diamondiferous occurrences. *Journal of Geochemical Exploration*, 1995, no. 53, pp. 41–71.

Душин Владимир Александрович – доктор геол.-минерал. наук, профессор, зав. кафедрой геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, УГГУ¹. <Vladimir.Dushin@m.ursmu.ru>

Суставов Сергей Геннадьевич – канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры минералогии, петрографии и геохимии, УГГУ¹. <Sustavov.s@ursmu.ru>

Прокопчук Денис Игоревич – инженер кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, УГГУ¹. <uva9090@mail.ru>

Трутнев Артем Константинович – инженер-исследователь кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, УГГУ¹. <tema.trutnev@yandex.ru>

Козьмин Вениамин Сергеевич – канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, УГГУ¹. <Veniamin.Kozmin@m.ursmu.ru>

Dushin Vladimir Aleksandrovich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of the Department of Geology, Prospecting and Exploration of Mineral Deposits, URSMU¹. <Vladimir.Dushin@m.ursmu.ru>

Sustavov Sergey Gennadievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Mineralogy, Petrography and Geochemistry, URSMU¹. <Sustavov.s@ursmu.ru>

Prokopchuk Denis Igorevich – Engineer of the Department of Geology, Prospecting and Exploration of Mineral Deposits, URSMU¹. <uva9090@mail.ru>

Trutnev Artem Konstantinovich – Research Engineer of the Department of Geology, Prospecting and Exploration of Mineral Deposits, URSMU¹. <tema.trutnev@yandex.ru>

Kozmin Veniamin Sergeevich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Geology, Prospecting and Exploration of Mineral Deposits, URSMU¹. <Veniamin.Kozmin@m.ursmu.ru>

¹ Уральский государственный горный университет. Ул. Куйбышева, д. 30, г. Екатеринбург, Россия, 620144.

Ural State Mining University. 30 Ul. Kuibyshev, Yekaterinburg, Russia, 620144.