

УДК 553.068.5

ЭВОЛЮЦИЯ ВАГРАНСКОГО ЗОЛОТОНОСНОГО РОССЫПНОГО УЗЛА (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ) И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ КОРЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

© 2020 г. А. В. Лаломов^{a, b, *}, В. А. Наумов^{b, **}, А. В. Григорьева^a, Л. О. Магазина^a

^aИнститут геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Старомонетный пер., 35, Москва, 119017 Россия

^bПермский государственный национальный исследовательский университет,
ул. Букирева, 15, Пермь, 614990 Россия

*e-mail: lalomov@mail.ru

**e-mail: naumov@psu.ru

Поступила в редакцию 31.10.2019 г.

После доработки 16.03.2020 г.

Принята к публикации 20.04.2020 г.

В пределах Вагранского россыпного узла (Северный Урал) добыто более 10 тонн золота, при этом выявленные коренные источники ограничиваются единичными непромышленными рудопроявлениями. Проведенными исследованиями установлена неоднородность шлихового золота, которая отражает многоэтапную историю развития узла и разнообразие коренной минерализации, за счет которой были образованы россыпные месторождения. В строении россыпей выделены три возрастных этапа, отражающих послепалеозойскую историю развития Уральского складчатого пояса: (1) мезозойская-раннекайнозойская пенепленизация, образование площадных кор выветривания, дезинтеграция коренных источников золота и образование линейных эрозионно-структурных депрессий, аккумуляровавших материал смещенных кор выветривания; (2) горообразовательный плиоцен-четвертичный этап активизации тектонических движений, эрозии коренных источников и промежуточных коллекторов золота; (3) формирование современного рельефа, гидросети и аллювиальных россыпей. По морфологии, химическому составу и внутреннему строению зерен выделены пять типов самородного россыпного золота, три из которых отражают структуру основного коренного источника, который в настоящее время практически полностью эродирован; четвертый несет следы гипергенных изменений, произошедших на этапе пенепленизации и в зонах развития эрозионно-структурных депрессий. Пятый тип, имеющий типоморфные признаки золота ближнего сноса, характеризует минерализацию, вскрытую на завершающем этапе развития морфоструктуры Уральского пояса тектоно-магматической активизации. Реконструкция этапов развития Вагранского рудно-россыпного узла позволяет оценить имеющийся россыпной потенциал и перспективы выявления промышленной коренной минерализации.

Ключевые слова: золото, россыпи, типоморфизм, коренные источники, Вагранский узел

DOI: 10.31857/S0016777020050044

ВВЕДЕНИЕ

Урал является старейшим золотодобывающим регионом России. Объем добытого золота оценивается в 500 т, причем значительная часть получена из россыпей, но в настоящее время основные перспективы поддержания золотодобычи связываются с коренными объектами, при этом имеющиеся россыпи могут служить поисковым критерием первичной золотоносности.

Исследование пространственно-генетической связи коренных источников с продуктами их экзогенной переработки и изучение рудно-россыпной системы: коренной источник – золотоносный мезозойский элювий – мезозой-

ские россыпи ближнего сноса – неоген-четвертичные россыпи, возникающие за счет перемыыва и трансформации более ранних золотосодержащих продуктов, необходимо не только для оценки геологической позиции россыпных объектов, но и (что более важно на современном этапе) оценки потенциала длительно развивающихся рудно-россыпных узлов на эндогенное оруденение, в том числе – новых нетрадиционных типов (Баранников, 2009).

За почти столетний период отработки в пределах Вагранского россыпного узла Северного Урала добыто более 10 т золота, но проблемы источников золотых россыпей и возможности выявле-

ния промышленных месторождений коренного золота на данной территории остаются до сих пор нерешенными. Предполагается, что россыпное золото было высвобождено из коренных пород еще на стадии мезозойской пенеппенизации Уральско-кладчатого пояса и переотложено в образования четвертичного аллювиального комплекса через системы кор выветривания и эрозионно-структурных депрессий (ЭСД).

Проведенное в пределах узла шлиховое опробование и комплексное исследование россыпей и геоморфологии участка позволили установить основные этапы эволюции россыпного узла в условиях развития экзогенных процессов, выявить главные типы источников россыпей, а также охарактеризовать и локализовать возможные зоны коренной минерализации.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ВАГРАНСКОГО УЗЛА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Вагранский россыпной узел расположен на Северном Урале в пределах Ашкинской и Сурьинско-Промысловской минерагенических зон, граница между которыми проходит по региональному меридионально ориентированному разлому. В обеих рудных зонах развиты породы черносланцевой формации – в Ашкинской – верхнерифейского (R_3), а в Сурьинско-Промысловской – преимущественно ордовикского (О) возрастов. В тектоническом плане область относится к Вишерско-Кутимскому антиклинорию (Петров и др., 2015).

Углеродистые осадочные породы верхнерифейского возраста претерпели метаморфизм в условиях зеленосланцевой фации. В пределах Ашкинской зоны выделяются две свиты: *ослянская* (кварцито-песчаники, хлорит-серицит-кварцевые сланцы, иногда кварцитовые конгломераты) и *висимская* (подразделена на две подсвиты – нижнюю, представленную глинистыми, хлорит-кварцевыми сланцами и кварцевыми песчаниками, и верхнюю, сложенную кварц-хлорит-серицитовыми сланцами и филлитами) (Сазонов, Великанов, 2010). Сурьинско-Промысловский комплекс представлен ниже- и среднеордовикскими серыми и черными углито-кварцевыми и углито-филлитовыми сланцами с подчиненными прослоями зеленых метаморфических сланцев и карбонатосодержащих разностей. Верхний ордовик состоит из эффузивов основного состава и их туфов с согласно залегающими прослоями кварцевых порфиритов. Комплекс интродуцирован серией даек долеритов и габбро-долеритов. Встречаются единичные дайки метаморфизованных гранитоидов, более распространены тела метадолеритов (фиг. 1). По геофизическим данным, в пределах узла располагается крупный погребенный гранитоидный массив (Петров и др., 2015).

Золоторудная минерализация Урала представлена широким спектром месторождений различных минерально-генетических типов. Выделяются месторождения золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, полиметаллической, колчеданной, скарновой, низкотемпературной гидротермальной и экзогенной формаций (Бортников и др., 2016; Викентьев и др., 2017; Плотинская и др., 2009; Поленов и др., 2015; Сазонов и др., 2001; Филиппов и др., 2013). Большинство месторождений имеют сложное строение, длительную многоэтапную историю формирования и относятся к полигенно-полихронным.

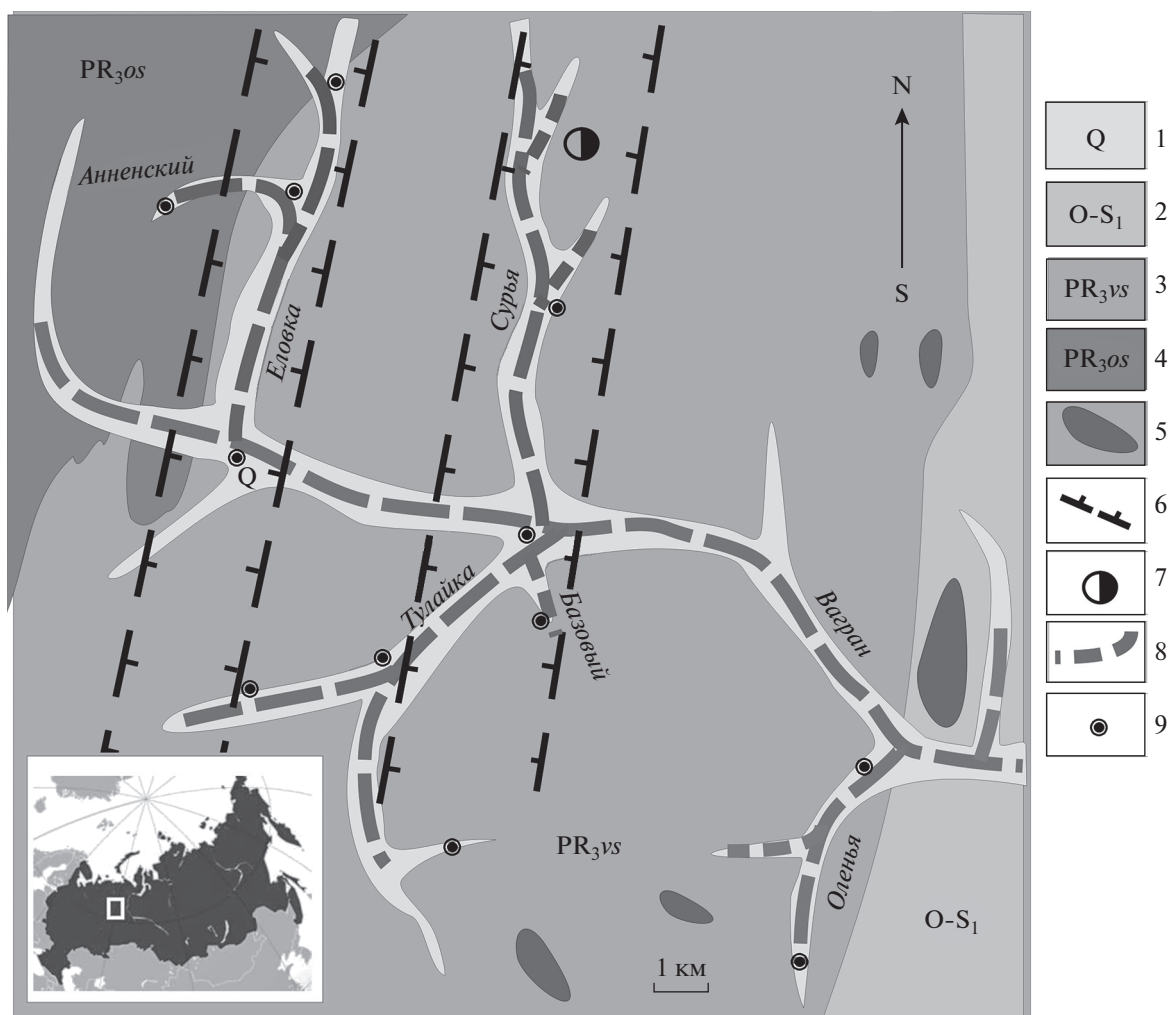
Крупных золоторудных источников в пределах Вагранского узла в настоящее время не выявлено. Одиночные кварцевые жилы с содержаниями сульфидов до 0.5–2%, представленных пиритом, реже халькопиритом и теннантитом, показывают слабую, но повсеместную золотоносность с содержаниями золота до 0.2 г/т, редко до 2–5 г/т. Кроме этого, слабая золотоносность (до 0.5–1 г/т) сопровождается линейными зонами рассланцевания и пиритизации, участки смятия, дробления в метаморфических сланцах и листовитоподобные зоны гидротермально измененных пород (Новицкий и др., 1967ф¹).

Сурьинское проявление золото-сульфидно-кварцевого типа расположено в верховьях р. Сурья и представлено зоной прожилково-вкрапленной минерализации пирита, халькопирита, сфалерита, блеклых руд и других сульфидов, сульфидарсенидов, теллуридов с содержаниями золота до 8 г/т и платины до 3.7 г/т. (Петров и др., 2015). Предполагается, что кварцево-жильные тела с минерализацией золото-сульфидно-кварцевого типа, послужившие источниками россыпей юрского, раннемиоценового и четвертичного возраста, на аналогичных рудопроявлениях на уровне современного эрозионного среза большей частью оказались эродированными (Баранников, Азовскова, 2017).

Помимо золото-полисульфидно-кварцевой орогенной минерализации в пределах выделенных зон установлены новые нетрадиционные для Урала геолого-промышленные типы: золоточерносланцевый сухоложский, золото-аргиллизитовый и рудоносных химических кор выветривания (Лежепеков, 2006; Петров и др., 2015).

Выделяемая в последнее время минерализация гипогенно-гипергенного типа связывается с перспективами выявления новых золоторудных месторождений на Урале. Минерализация приурочена к шовным зонам, разрывным нарушениям и зонам

¹ Новицкий В.Я., Ушаков С.А., Суханов Л.П. (1967). Отчет о геологоразведочных работах на Вагранском месторождении россыпного золота с подсчетом запасов по состоянию на 01.07.1967 г. Североуральская комплексная экспедиция, Сосьвинская ГРП. г. Североуральск, пос. Покровск-Уральский. № ТГФ 30652.



Фиг. 1. Геологическая карта Вагранского россыпного узла по материалам “Отчета о геологоразведочных работах на Вагранском месторождении россыпного золота” (Новицкий и др., 1967ф) с элементами россыпной металлоносности (Lalomov et al., 2017, с изменениями и дополнениями). 1 – четвертичный аллювий; 2 – вулканогенно-осадочные отложения ордовика и нижнего силура; 3, 4 – метаморфизованные отложения верхнерифейского возраста: 3 – карбонатно-черносланцевая толща с эффузивами основного состава (висимская свита), 4 – кварциты и песчаники (ослянская свита); 5 – малые интрузии габбро-долеритов; 6 – зоны наложенных эрозионно-структурных депрессий; 7 – рудопроявления золота; 8 – россыпи золота; 9 – точки опробования.

разуплотнения пород. Гипогенная составляющая обусловлена развитием низкотемпературных гидротермальных метасоматитов, гипергенная – наличием кор химического выветривания. Активизация малоглубинных низкотемпературных процессов золота рудогенеза протекала в несколько стадий: раннемезозойскую ($T-J_1$), позднемезозойскую (J_2-K) и кайнозойскую (Pg_3-Q), которые в общих чертах совпадали с фазами постколлизийной тектоно-магматической активизации региона (Шуб и др., 1993). Отличительной особенностью минерализации этого типа является доминирование мелкого и тонкого золота, а также широкий диапазон колебаний пробности и отсутствие гипергенных изменений (Грязнов и др., 2007; Баранников, Азовскова, 2017).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

На полевом этапе были исследованы геоморфология и литология россыпемещающих отложений в долинах рек Вагран, Сурья, Тулайка, Еловка и их притоков. На площади приблизительно 400 км² было произведено шиховое опробование аллювиальных, ложковых, склоновых и элювиальных отложений как в пределах современных и отработанных карьеров, так и в русловом материале природных водотоков. Пробы весом 20 кг промывались лотком до черного шлиха, из которого золото извлекалось разделением в тяжелой жидкости в лаборатории ИГЕМ РАН. Всего в пределах Вагранского узла промыто 20 проб в 12 точках наблюдения и получено 372 золотины.

Таблица 1. Условия проведения микрозондового анализа

	Ag	Au	Hg	Cu	Fe
Ускоряющее напряжение (kV)	20	20	20	20	20
Ток зонда (nA)	20	20	20	20	20
Диаметр пучка (µm)	1	1	1	1	1
Аналитическая линия (X-ray)	Lα	Lα	Mβ	Kα	Kα
Кристалл-анализатор	PETH	LIF	PETH	LIF	LIF
Время измерения на пике (с)	20	20	20	20	20
Время измерения на фоне (с)	10	10	10	10	10
Используемый стандарт	AgSbS ₂	Au_s	HgS_s	Cu_s	CuFeS ₂

Полученное золото было описано под биноклярным и классифицировано по морфологии. Выборочно (94 зерна) были сфотографированы на сканирующем электронном микроскопе GSM 5610LV. 112 зерен были исследованы в полированных шашках с использованием микрозондового анализатора JEOL JXA-8200 (Япония) в Центре коллективного пользования (ЦКП) “ИГЕМ-Аналитика” (аналитик Е. Ковальчук) и проанализированы в центральной и краевой части (табл. 1). Семь зерен с включениями и контрастными обогащенными каймами были исследованы детально на сканирующем электронном микроскопе с дисперсионным спектрометром INCA-Energy 450 (аналитик Л.О. Магазина, ИГЕМ РАН).

Серебро выше предела обнаружения 0.037% установлено во всех золотинах. В центральных частях 53 исследованных частиц (47% от общего числа изученных) обнаружена медь с содержаниями выше порога обнаружения (0.06%), в 9 зернах (8%) – ртуть (порог обнаружения 0.1%).

ГЕОМОРФОЛОГИЯ УЗЛА И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НА МЕЗОЗОЙ-КАЙНОЗОЙСКОМ ЭТАПЕ

История формирования рельефа тесно связана с основными этапами развития уральской горной системы, определяемой эндогенными структурно-тектоническими и экзогенными факторами. Выделяются два основных этапа:

1. Пенепленизация, корообразование и формирование ЭСД. На протяжении всего мезозоя и в раннем–среднем кайнозое в пределах Уральской складчатой области преобладали континентальные условия с умеренной разломно-блоковой тектоникой и влажным тропическим климатом. Это привело к выравниванию рельефа, развитию по породам складчатого комплекса процессов глубокого химического выветривания и образованию кор выветривания мощностью до 100 м. В пределах Уральской складчатой системы реликты поверхностей пенепленизации и кор выветривания, соответствующие мезозойскому и раннекайнозойскому этапам, прослеживаются на современных водоразделах на отметках 500–800 и 300–350 м. В пределах Вагранского узла доолигоценовых отло-

жений не обнаружено: по-видимому, они были полностью эродированы и снесены в аллювий современных рек.

Начиная с юрского времени умеренные тектонические движения привели к образованию меридионально ориентированных грабенообразных структур. Многие депрессии наследуют шовные зоны, отмечающиеся многократной унаследованной активизацией, и формируются на стыке крупных блоков земной коры и в зонах развития смятия, трещиноватости и эрозионно-неустойчивых пород. С ЭСД связано накопление материала смещенных и переотложенных кор выветривания, развитие палеодолин меридионально ориентированных водотоков и заполнение их грубообломочными аллювиальными отложениями, в составе которых преобладает обломочный материал ближнего сноса. Также с шовными зонами ЭСД связано развитие низкотемпературного гидротермального метасоматоза (Баранников, Азовскова, 2017). Таким образом, ЭСД представляли собой не единые речные долины, а региональные морфоструктуры, имеющие геоморфологическое и рудоконтролирующее значение.

В пределах Вагранского узла выделяются реликты двух ЭСД субмеридионального (С–СВ) простираения. Первая из них проходит вдоль Главного Уральского хребта, в пределах долины р. Еловка и уходит на север в долину р. Мал. Сосьвы. Вторая совпадает с современными долинами рек Сурия и Тулайка.

2. Внутриконтинентальная орогеническая неотектоническая активизация. Первые положительные тектонические движения в регионе отмечаются еще в конце олигоцена, что привело к частичной эрозии кор выветривания, выносу гипертенно устойчивых тяжелых минералов в прибрежную зону олигоценового озерно-морского бассейна Западной Сибири и формированию редкометалльно-титановых (“титано-циркониевых”) прибрежно-морских россыпей (Патык-Кара и др., 2009). В этот же период наблюдается образование долин водотоков, секущих складчатые структуры. С началом основного плиоцен-четвертичного этапа активизации горообразовательных тектонических движений Уральской горноскладчатой системы (Пучков, 2010) произошло воздымание центральной части складчатого поя-

са, образование горной морфоструктуры и перестройка речной сети: меридиональная ориентировка сохранилась только для мелких водотоков не выше 2–3 порядков, более крупные речные системы оказались ориентированны в широтном направлении, при этом коры выветривания и комплексы ЭСД были в значительной мере эродированы, их фрагменты встречаются в пределах пенепленизированной поверхности выравнивания, на склонах и в осевых частях современных долин.

В долинах основных водотоков Вагранского узла наблюдается состояние динамического равновесия: продолжающиеся тектонические процессы компенсируются денудационными и характеризуются периодической активизацией, на что указывают перстративный характер строения аллювия и серия надпойменных террас. В пределах верхних частей водотоков и на водоразделах отмечаются умеренные эрозионные процессы.

РОССЫПНАЯ ЗЛОТОСНОСТЬ УЗЛА

Вагранское месторождение представлено группой россыпей, расположенных в верховьях р. Вагран и ее притоках. Россыпи локализуются, в основном, в пределах четвертичных водотоков I–III порядков.

Выделяются россыпные тела ниже- и средне-четвертичного этапов ложкового, долинного, руслового и террасового типов. Отложения склоновых фаций представлены серой и желтовато-коричневой глиной со щебнем и плохоокатанной галькой песчаников, сланцев и кварца. В русловых фациях преобладают галечники пород осадочно-метаморфического комплекса, кварца и, в отдельных случаях (бассейн р. Еловка), габброидов и амфиболитов. Количество и крупность валунно-галечного материала уменьшается по мере удаления от центральной части Уральской горной системы.

В долинах третьего порядка (р. Вагран) иногда встречаются переуглубленные тальвеги (5–8 м по отношению к уровню основного плотика долины), содержащие россыпную металлоносность предположительно позднеолигоценного возраста. Эти отложения золотоносны, представлены обохренным галечником с песчано-глинистым заполнителем; содержание глины увеличивается в нижней части разреза. Обломочная часть представлена преимущественно устойчивыми к выветриванию кварцитами и кварцем, галька выветрелых сланцев встречается в незначительном количестве.

Продуктивный пласт залегает на трещиноватых коренных породах, представленных метаморфизованными сланцами, алевролитами и песчаниками, или на выветрелых элювиальных отложениях; в ряде случаев пласт лежит на ложном плотике в основании второго (среднечетвертичного) цикла развития аллювиальной системы.

Распределение золота как по мощности и ширине, так и по простиранию россыпей неравномерное. Оно зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются близость подпитывающих источников, геоморфологическое строение долины, литологический и гранулометрический состав рыхлых золотоносных отложений и их возраст, морфология плотика и его физическое состояние.

Типоморфизм россыпного золота

Основные характеристики россыпного золота района приведены в табл. 1. Наиболее крупное золото (среднее 2.14 мм) встречается в верховьях р. Сурия и на севере района. Крупность уменьшается в целом с севера на юг и вниз по долине р. Вагран. Показатель сортированности золотин (коэффициент вариации крупности) имеет минимальное значение (плохая сортированность) в бассейне рек Сурия и Еловка, увеличиваясь в восточной части узла (табл. 2).

Золото в россыпях разноокатанное, иногда наблюдаются зерна с первичной (дендритовидной, идиоморфной и др.) формой, но преобладают зерна с морфологией, сформированной в условиях гипергенных изменений. Поверхность золотин преимущественно бугорчатая, шероховатая, со следами волочения и соударения. Наименее окатанное золото встречается в бассейнах рек Сурия и Оленья. Максимальная пробность золота наблюдается в верховьях рек Сурия, Вагран, Еловка, руч. Анненский и монотонно уменьшается на юго-востоке узла. Самое низкопробное золото (менее 900) встречается в бассейне речки Оленья и в нижнем течении р. Вагран (ниже впадения Оленьей).

При детальном исследовании частиц золота были выделены 5 типов, различающихся морфологией, химическим составом и структурой золотин.

Тип I (фиг. 2а, б, д, е) представлен средне- и хорошоокатанными зернами преимущественно округлой формы с шероховатой, реже сглаженной поверхностью, с частыми царапинами и следами волочения. Внутреннее строение преимущественно однородное, у части зерен (20–30%) наблюдается комковатое, губчатое и слоистое строение, образовавшееся при сворачивании в шарообразные агрегаты частиц золота неправильной формы в процессе транспортировки (фиг. 2б, е).

Пробность золота преимущественно высокая — от 882 до 970, в среднем 933. В примесях преобладает серебро (от 2.03 до 11.62 мас. %, в среднем 6.18 мас. %), в 50% зерен присутствует медь выше порога обнаружения (0.06 мас. %), максимальное 1.08 мас. %. В единичных зернах выше порога обнаружения (0.10 мас. %) присутствует ртуть в содержаниях 0.15 и 0.27 мас. %.

Золото второго типа (II) (фиг. 2в, г, ж, з) представлено средне- и плохоокатанными зернами с шероховатой сглаженной поверхностью, царапины и следы волочения представлены значительно

Таблица 2. Характеристики россыпного золота Вагранского узла

Россыпь	Гранулометрия золота		Окатанность	Пробность
	Крупность (мм)	Стандартное отклонение		
Еловка	1.38	0.74	2.5	961
Сурья	2.14	0.95	2.3	948
Тулайка	1.08	0.64	2.5	926
Вагран (выше устья р. Оленья)	1.10	0.69	2.3	930
Вагран (ниже устья р. Оленья)	0.79	0.58	2.4	881
Оленья	0.54	0.49	2.3	852

Примечание. Крупность, стандартное отклонение и пробность – по данным “Отчета о геологоразведочных работах на Вагранском месторождении россыпного золота” (Новицкий и др., 1967ф); окатанность – по авторским материалам по 5-бальной шкале: 0 – неокатанные, 1 – слабоокатанные, 2 – среднеокатанные, 3 – хорошо окатанные, 4 – очень хорошо окатанные зерна.

Таблица 3. Содержание основных компонентов в шлиховом золоте

Тип золота	% в россыпях/кол-во частиц в выборке	Среднее содержание, вес. %				Средний коэффициент неоднородности C_h^*
		Au	Ag	Cu	Hg	
I	36.7/137	93.29	6.18	0.15	0.01	1.01
II	28.8/107	91.29	7.98	0.16	0.01	1.00
III (в ядре)	13.8/51	93.38	6.38	0.15	0.01	1.06
III (в кайме)	»	98.60	1.31	0.00	0.00	»
IV	9.2/34	94.83	4.76	0.17	0.01	1.01
V	11.5**/43	84.06	15.84	0.00	0.06	0.99

Примечание. * – коэффициент неоднородности (coefficient of heterogeneity) C_h рассчитан как отношение пробностей золота в центральной и краевой частях золотин. ** – по площади узла содержание золотин типа V варьирует от 0 до 76.5% (россыпь р. Оленья).

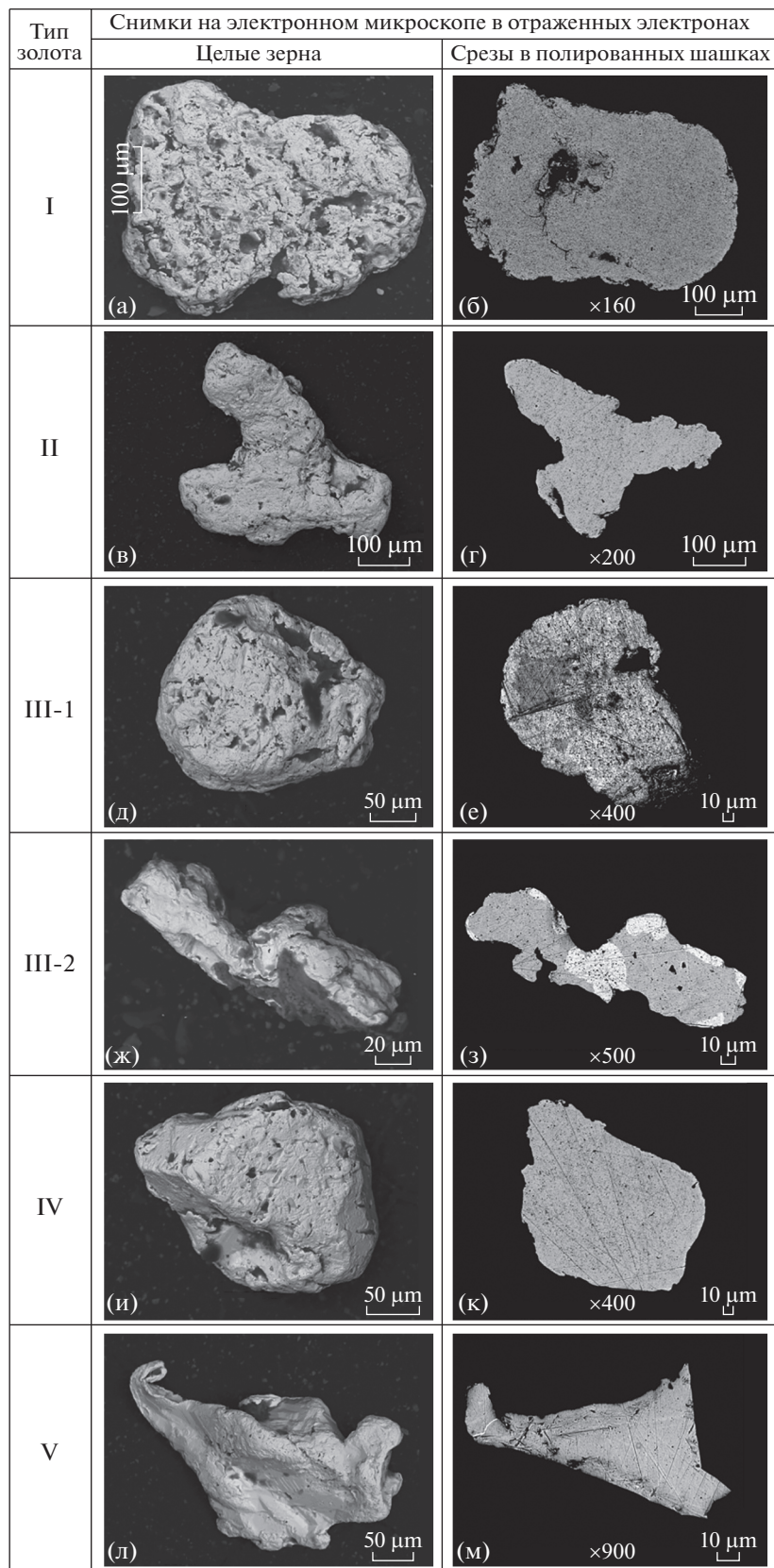
реже, чем у типа I. Форма золотин преимущественно дендритовидная, проволочная, листовидная. Внутренняя структура однородная, в отдельных зернах зафиксированы включения кобальтина (сульфоарсенида кобальта). По химическому составу зерна схожи с типом I, отмечается только несомненно повышенное содержание серебра – среднее около 8% (табл. 3).

Морфологически золото III типа аналогично золоту I и II типов. Отличается оно внутренней структурой – наличием высокопробной каймы шириной от 10 до 40 микрон (фиг. 2д, е, ж, з), что отражает особенности истории этих зерен в зоне гипергенеза. Если в ядре состав золота идентичен зернам I и II типов, то в кайме пробность золота изменяется в пределах 967–997 (в среднем 986). Другие компоненты (кроме серебра) в кайме находятся ниже порога обнаружения. Граница между ядром и каймой, как правило, отчетливая, наблюдается их резкое различие по составу, что свидетельствует о нарастании каймы с появлением нового золота в противоположность процессу выщелачивания примесей (Петровская, 1973; Lalomov, Grigorieva, 2014, Groen et al., 1990). В отдельных случаях на границе ядра и каймы наблюдаются включения алюмосиликатного состава (каолинизированный альбит) пластинчатой формы – предположительно это глинистые примазки, захваченные из вмещающих отложений и законсервиро-

ванные при нарастании каймы (Lalomov et al., 2017). В пределах типа III зерна первого морфологического типа (III-1) составляют 67%, второго типа (III-2) – 33%.

Золото типа IV (фиг. 2и, к) имеет четко выраженные грани с умеренными следами окатанности, что характеризует его кристаллическую или интерстициальную морфологию. Внутренняя структура однородная, по составу не отличаются от зерен I и II типа.

Зерна типа V (фиг. 2л, м) значительно отличаются от всех остальных как по морфологии, так и по составу. Они представлены плохоокатанными и неокатанными угловатыми золотиными с гладкой и раковистой поверхностью. Иногда острые края загнуты. Пробность зерен преимущественно средняя и низкая (571–901, в среднем 828) за счет повышенного содержания серебра, медь отсутствует, содержание ртути достигает 1.15%. Внутренняя структура однородная, но встречаются включения алюмосиликатов (идиоморфных зерен альбита) и нитевидные прожилки, обогащенные ртутью (до 2.3 вес. %). В единичных плохоокатанных зернах наблюдаются очень контрастные ($C_h = 1.68–1.76$) и тонкие (3–5 мк) высокопробные каймы.



Фиг. 2. Типы шлихового золота Вагранского узла. I – хорошо- и среднеокатанное высокопробное без обогащенных кайм; II – средне- и плохоокатанное высокопробное без обогащенных кайм; III-1 и III-2 – типы I и II с высокопробной каймой; IV – идиоморфное и интерстициальное, высокопробное, без обогащенных кайм; V – плохоокатанное, средне- и низкопробное, с повышенным содержанием серебра и ртути.

Локализация и типы первичных источников россыпей

Источники золота в россыпях могут быть связаны как с первичной коренной минерализацией, подверженной процессам выветривания от грубозернистого механического элювия до образования кор глубокого химического выветривания, так и с промежуточными коллекторами, представленными смещенными кораи выветривания и мезозойскими россыпями ЭСД.

Выявленные типоморфные характеристики шлихового золота, закономерности его изменчивости по площади узла и в разрезе рыхлых отложений, а также установленные особенности эволюции рудно-россыпной системы позволили определить характер локализации и генетические типы источников россыпного золота, оценить имеющийся россыпной потенциал и перспективы выявления промышленной коренной минерализации.

Крупность золота, хотя и не является прямым критерием дальности транспортировки, в целом последовательно уменьшается по мере удаления от коренного источника. При этом вследствие дифференциации частиц растет сортированность, выражаемая в величине стандартного отклонения распределения крупности. Эти показатели указывают, что основной источник поступления золота в россыпеобразующую систему находился в северной части узла в пределах водораздела рек Сурья и Еловка.

Окатанность в большинстве случаев (за исключением частиц псевдоокатанного облика в условиях хомогенного нарастания и сглаживания угловатостей) можно рассматривать как непосредственный показатель дальности переноса. Для Вагранского узла минимальное значение окатанности наблюдается по речкам Сурья и Оленья, повышенное — по периферии района, что может свидетельствовать о двух источниках поступления золота с последующим разносом.

О двух типах источников свидетельствует и пробность золота: значения 920–960 характерны для всей площади за исключением бассейна р. Оленья, где пробность золота 820–840, и в россыпи р. Вагран ниже впадения Оленьей — 850.

Выделенные типы шлихового золота развиты неравномерно как по площади (фиг. 3), так и в разрезе рыхлых отложений (фиг. 4).

Типы I и II распространены по всей территории узла. Они имеют признаки переноса и длительного нахождения в зоне гипергенеза. Предполагается, что они связаны с размытыми и переотложенными россыпями мезозойского пенеплена, реликты которого встречаются на водораздельных поверхностях Уральской горной системы, и эрозионно-структурных депрессий, положение которых унаследуют крупные водотоки. Золото этих двух типов связано с эродированными верхними и средними частями рудных тел золото-кварцевого мало-сульфидного типа.

В то же время, в распределении этих типов просматривается ряд закономерностей: дендритовидное среднеокатанное золото второго типа преобладает в центральной части узла — среднем и нижнем течении р. Сурья; на флангах его количество уменьшается (фиг. 3б). Хорошоокатанное золото первого типа, наоборот, преобладает на флангах (фиг. 3а). Такое распределение типов I и II также подтверждает модель локализации первичной минерализации в районе р. Сурья.

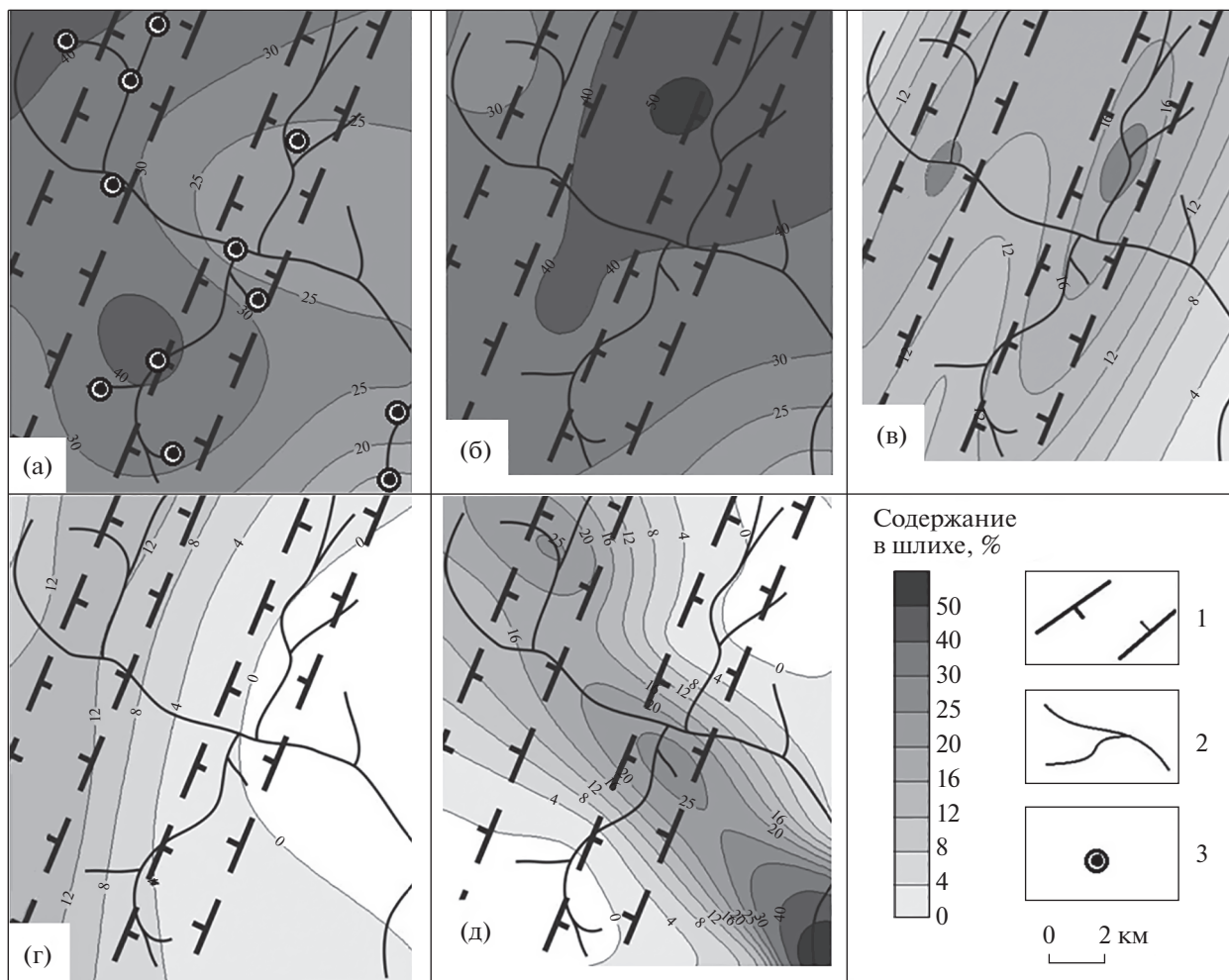
Третий тип золота (с высокопробными каймами) определенно тяготеет к зонам эрозионно-структурных депрессий (фиг. 3в). Очевидно, именно в этих зонах в условиях глубокого химического выветривания и наличия минерально насыщенных поровых вод происходит устойчивое образование высокопробных кайм в результате нарастания золота на существующих зернах и/или выщелачивания примесей из периферических частей зерен.

Идиоморфное золото типа IV пространственно тяготеет к зоне Сосьвинской эрозионно-структурной палеодепрессии (фиг. 3д). Причина этого не ясна. Окатанность кристаллических форм указывает на некоторое смещение этого типа золота по отношению к коренным источникам. Предполагается, что они относятся к среднеглубинным частям рудных проявлений высокотемпературного жильного золото-кварцевого малосульфидного типа.

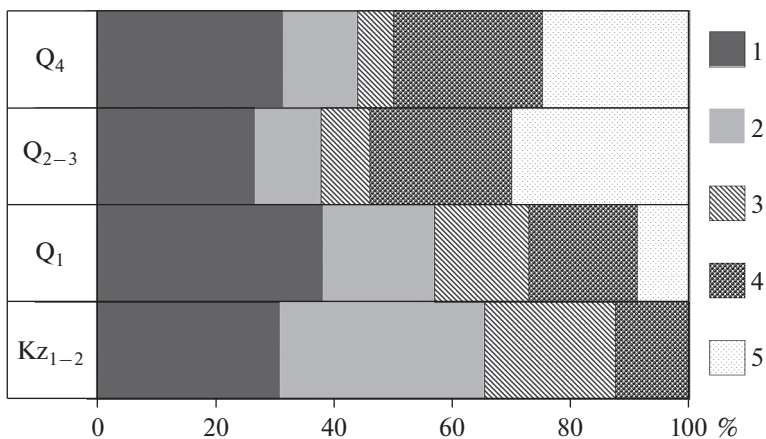
Пятый тип имеет признаки ближнего сноса и относительно короткого времени нахождения в зоне гипергенеза. Он локализуется в линейной зоне, проходящей через верхнюю и среднюю часть долины р. Оленья (76.5 и 45% соответственно от состава шлихового золота), устье р. Тулайки и руч. Базовый (25–30%) и долину р. Еловка — руч. Анненский (15.4–17.6%).

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что выделенные типы золота I–IV связаны с первичным коренным источником предположительно золото-сульфидно-кварцевой формации. Дезинтеграция пород на стадии пенепленизации и развития кор выветривания, а также наличие промежуточных коллекторов ЭСД привела к разносу золота по всей территории узла на четвертичном этапе. Можно отметить, что распределение золота типов I и II может быть проинтерпретировано как поступление слабосмещенного обломочного материала в зону четвертичного рельефа преимущественно в бассейне р. Сурья, с дальнейшим разносом его по всей территории узла. При этом образование высокопробных кайм происходит преимущественно в зонах ЭСД, на что указывает приуроченность золота типа III к эрозионно-структурным депрессиям, по которым заложены долины рек Еловка–Мал. Сосьва и Сурья–Тулайка.

Учитывая возможный вертикальный размах рудной минерализации и эрозионный срез Уральской складчатой системы, можно предположить, что основная часть первичных рудных тел в настоящее время эродирована и переотложена в систему чет-



Фиг. 3. Схемы распространения выделенных типов шлихового золота на территории Вагранского узла. а – тип I; б – тип II; в – тип III; г – тип IV; д – тип V. 1 – зоны наложенных эрозионно-структурных депрессий; 2 – гидросеть; 3 – точки опробования. Карта изолиний построена в программе Surfer-8 с использованием метода “Radial Basic Function”.



Фиг. 4. Распределение выделенных типов шлихового золота в разрезе отложений. Kz₁₋₂ – разновозрастные элювиальные отложения, коры выветривания (5 проб); Q₁ – основной пласт россыпей (лежащий на плотике нижнечетвертичный грубообломочный аллювий, 6 проб); Q₂₋₃ – торфа россыпи (склоновые отложения и разноразмерный аллювий, 5 проб); Q₄ – современные русловые галечники (5 проб). 1–5 – выделенные типы шлихового золота I – V.

вертикальных россыпей. Основное рудное тело было локализовано в Сурьинской зоне, которая совпадает с осевой частью Вишерско-Кутимского антиклинория. Выявленное Сурьинское рудопроявление предположительно является корневой частью этой минерализованной зоны.

Минерализация, послужившая источником россыпного золота пятого типа, локализуется в диагональной (по отношению к складчатым структурам Урала) зоне СЗ-ЮВ простирания и в бассейне р. Оленья составляет значительную часть от состава россыпного золота (фиг. 3д). Выявленная зона не имеет связи с элементами геологического строения, показанными на геологической карте масштаба 1 : 50000 (Новицкий и др., 1967ф), но совпадает с преобладающей ориентировкой мелких водотоков и общераспространенной системой разрывных нарушений, диагональных по отношению к направлению сил сжатия, имеющих (для Урала) субширотный характер. Авторами предполагается, что эта структура контролирует зону наложенных гидротермально-метасоматических процессов постколлизийной (мезозойской) тектоно-магматической активизации, вскрытых на этапе формирования современного рельефа, из которой происходит поступление золота пятого типа.

Что касается вертикального распределения выделенных типов, первые четыре (золото со следами переноса) встречаются в пределах всей толщи рыхлых отложений (фиг. 4). Можно отметить относительно повышенное содержание типов II и III в нижней части разреза. Примечательно, что пятый тип (слабо смещенное среднепробное золото) присутствует преимущественно в торфах россыпи и современной аллювии, умеренно – в пределах пласта (за исключением россыпи Оленья) и не встречен в элювии и корях выветривания.

ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УЗЛА

Эволюционная система Вагранского рудно-россыпного узла на различных уровнях эрозионного среза Уральской складчатой системы выглядит следующим образом (фиг. 5):

Первый этап (фиг. 5а) формирования россыпной системы связан с пенепленизацией региона и выходом коренных источников, предположительно золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой формации палеозоя, в зону гипергенеза. При этом происходила дезинтеграция вмещающих пород, высвобождение самородного золота, образование золотоносных кор выветривания, изменение и перераспределение золота с образованием высокопробных кайм за счет нарастания золота на самородных частицах. В это же время началось формирование ЭСД, их заполнение материалом перемещенных кор выветривания и его перемывом с образованием аллювиальных россыпей ЭСД, которые являются важной частью минерально-сырьевой базы золота Урала. В случае размыва эти россыпи слу-

жили промежуточными коллекторами для более поздних россыпей.

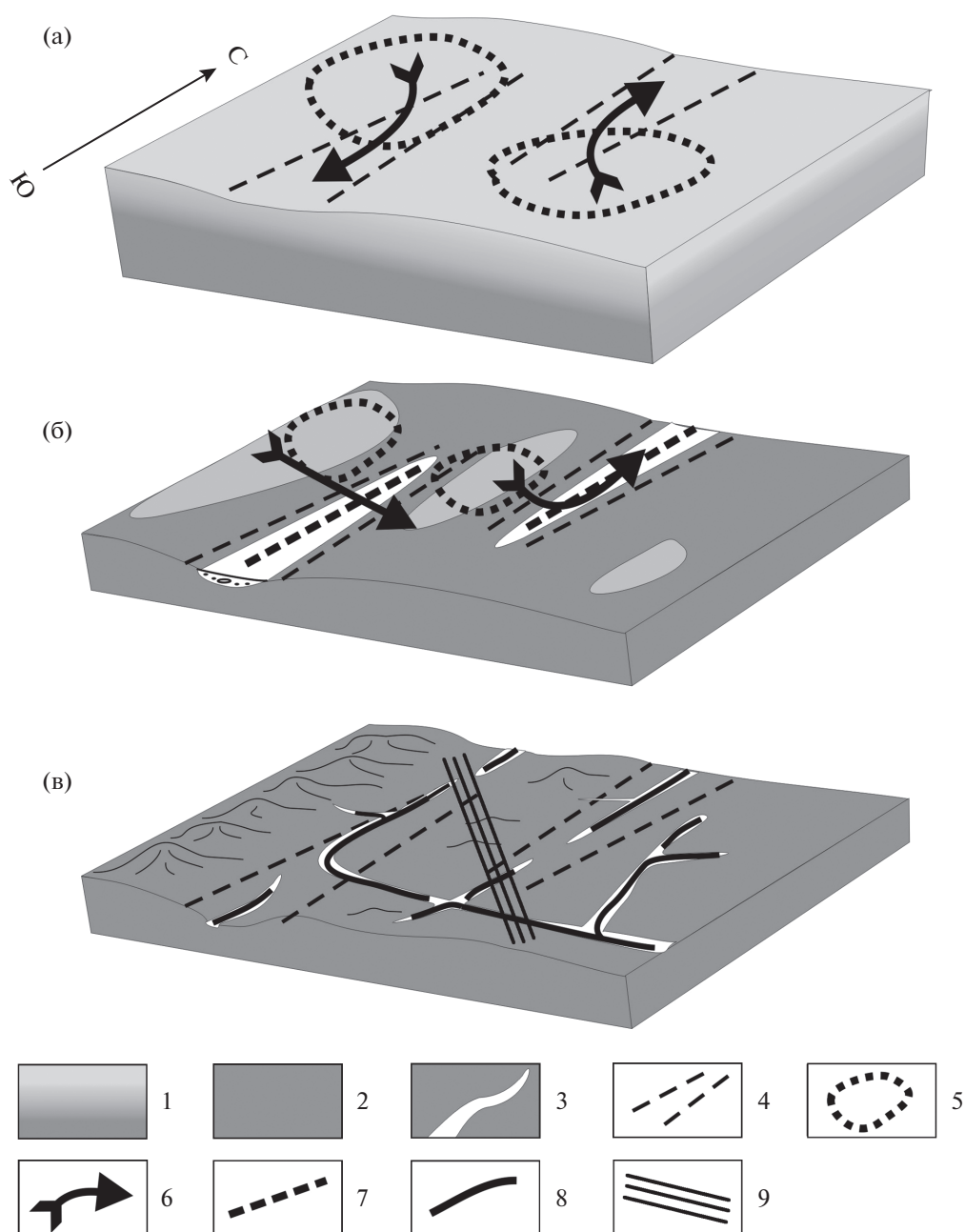
Начавшийся в олигоцене и активно проявленный в плиоцене-плейстоцене этап тектонической активизации (фиг. 5б) привел к воздыманию пенепленизированной поверхности, расчленению, активной эрозии и заложению россыпемещающей системы водотоков, перпендикулярных к складчатым структурам Урала. В составе аллювия большую роль играет материал смещенных и перемытых кор выветривания. Реликты этой речной системы, несущей промышленную золотую минерализацию, встречаются в виде врезов в субширотных долинах водотоков.

На этапе формирования современного рельефа в котором сочетаются черты как унаследованных субмеридиональных, так и более молодых субширотных структур (фиг. 5в) происходило перетолжение золота из промежуточных коллекторов в четвертичные отложения долин современных водотоков, которые выполнены, в основном, нижне-среднечетвертичным аллювием. Отложения кор выветривания и фрагменты ЭСД, по которым заложены современные водотоки I–II порядков, выявлены в тектонически опущенных блоках. Величина эрозионного вреза оценивается разными авторами от 500 до 1200 м (Шуб и др., 1993; Пучков, 2010), поэтому коренные источники современной россыпной золотоносности могли быть по большей части эродированы.

На этапе неотектонической активизации, начиная с нижнего плейстоцена, в процессе россыпеобразования начинает участвовать новый источник, поставляющий в россыпи среднепробное ртутистое золото. Аналогичное ртутистое золото (Hg – 0.36 мас. %) встречено в близлежащей от Вагранского узла Ашкинской рудной зоне (Сазонов, Великанов, 2010), где, по мнению авторов, оно имеет, скорее всего, техногенную природу. Большой объем среднепробного ртутистого золота в россыпи речки Оленья и взятие проб из ненарушенных отложений пласта в стенке современного карьера исключает техногенный характер этого золота. Неокатанная и плохоокатанная форма золотин этого типа и слабое развитие высокопробных кайм указывают на короткий срок пребывания этих частиц в зоне гипергенеза и незначительное перемещение золота от первичного источника. Вскрытие источника золота V типа произошло, предположительно, не ранее конца плиоцена–начала плейстоцена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общая структура, эволюция и перспективы Вагранского россыпного узла тесно связаны с историей развития и металлогенией Уральской складчато-горной области. Выделенные типы шлюхового золота указывают на наличие двух основных источников. Основная россыпная металлоносность определена наличием палеозойской золо-



Фиг. 5. Эволюционная трансформация рудно-россыпной системы Вагранского узла. Этапы: а – позднемезозойский–раннекайнозойский этап пенеplanation; б – начало тектонической активизации (олигоцен–плиоцен); в – формирование современного рельефа (плейстоцен–голоцен). 1 – коры выветривания; 2 – метаморфизованные отложения складчатого комплекса; 3 – аллювиальные отложения; 4 – эрозионно-структурные депрессии (ЭСД); 5 – предполагаемые выходы россыпеобразующих коренных источников; 6 – направления переноса обломочного материала; 7 – водотоки в пределах ЭСД; 8 – современные водотоки; 9 – предполагаемая зона серебряно-золотой минерализации типа V на современном эрозионном уровне.

то-сульфидно-кварцевой минерализации и последующими этапами эволюции россыпеобразующей системы:

– мезозойско-раннекайнозойская пенеplanation, площадное корообразование, дезинтеграция коренных источников и заложение линейных эрозионно-структурных депрессий;

– плиоцен–четвертичная тектоническая активизация, эрозия коренных источников и промежуточных коллекторов золота;

– четвертичный этап формирования современного рельефа, гидросети и аллювиальных россыпей.

С палеозойским источником золоторудной минерализации связаны выделенные типы шлихово-

го золота I–IV, особенности которого определяются зональностью коренного источника и историей его гипергенного преобразования.

С этапом постколлизийной тектоно-магматической активизации связан второй формационный тип источников низкотемпературной гипергенно-гипогенной минерализации. Предполагается, что он является источником золота пятого типа, контролируемого линейными зонами разломов и/или разуплотнения пород. Вскрытие этой минерализации произошло на втором этапе эволюции россыпеобразующей системы.

Сеть современных долин достаточно детально опосредована, выявление в их пределах новых россыпных объектов маловероятно. Территория узла значительно эродирована, доолигоценые отложения в пределах узла не обнаружены: по-видимому, они были денудированы и переотложены в аллювий современных рек. Не исключено открытие новых объектов на водоразделах, сохранивших элементы пенеплена, и в зонах развития ЭСД, но их промышленная значимость проблематична.

С точки зрения выявления коренной золотой минерализации наиболее перспективной представляется линейная зона, проходящая через верховье р. Оленья – устье р. Тулайка – руч. Анненский, контролирующая распределение в россыпях среднеперобного ртутистого шлихового золота низкотемпературного гипогенно-гипергенного типа. Позднее вскрытие этого источника позволяет предположить небольшой уровень его эрозионного среза и, соответственно, повышенный рудный потенциал.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Полевые работы проведены при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-05-00113. Аналитические работы выполнены в ЦКП “ИГЕМ-Аналитика” в рамках программы НИР ИГЕМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баранников А.Г. Мезозойские золотоносные россыпи Урала // Отечественная геология. 2009. № 2. С. 22–33.

Баранников А.Г., Азовскова О.Б. Золотоносные объекты гипогенно-гипергенного типа на Урале. Конвергентность признаков, их отличия от рудоносных кор выветривания // Изв. Уральского государственного горного университета. 2017. Вып. 2. С. 13–22. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2017-2-13-22>

Бортников Н.С., Волков А.В., Галямов А.Л., Викентьев И.В., Аристов В.В., Лаломов А.В., Мурашов К.Ю. Минеральные ресурсы высокотехнологичных металлов в России // Геология руд. месторождений. 2016. Т. 58. № 2. С. 97–119.

Викентьев И.В., Мансуров Р.Х., Иванова Ю.Н., Тюкова Е.Э., Соболев И.Д., Абрамова В.Д., Выхристенко Р.И., Хубанов В.Б., Трофимов А.П., Грознова Е.О., Двуреченская С.С., Крайчев С.Г. Золото-порфиоровое Петропавловское месторождение (Полярный Урал): геологическая позиция, минералогия и условия образова-

ния // Геология руд. месторождений. 2017. Т. 59. № 6. С. 501–541.

Грязнов О.Н., Баранников А.Г., Савельева К.П. Нетрадиционные типы золото-аргиллизитового оруденения в мезозойских структурах Урала // Изв. Уральского государственного горного университета. 2007. Вып. 22. С. 41–53.

Лежнеков М.А. Золотоносные рудно-россыпные узлы южной части Сурьинско-Промысловской минералогической зоны. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2006. 25 с.

Патык-Кара Н.Г., Лаломов А.В., Бочнева А.А., Федоров О.П., Чевранов Р.М. Предпосылки формирования титан-циркониевых месторождений Зауральского россыпного района: региональная геолого-эволюционная модель // Литология и полез. ископаемые. 2009. № 6. С. 598–613.

Петров Г.А., Александров В.В., Зубков А.И., Маслов А.В., Ронкин Ю.Л. К проблеме рудоносности черных сланцев Вишерско-Кутимского антиклинория (Северный Урал) // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4. С. 32–42.

Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 347 с.

Плотинская О.Ю., Грознова Е.О., Коваленкер В.А., Новоселов К.А., Зелтманн Р. Минералогия и условия образования руд Березняковского рудного поля (Южный Урал, Россия) // Геология руд. месторождений. 2009. Т. 51. № 5. С. 414–443.

Поленов Ю.А., Огородников В.Н., Бабенко В.В. Березовское месторождение золота – уникальный объект полихронного и полигенного рудообразования. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. 150 с.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

Сазонов В.Н., Великанов А.Я. Ашкинская благороднометаллическая зона (Средний и Северный Урал): геологическая позиция, особенности строения, состав рудных тел и сопряженных метасоматитов, практическая значимость // Литосфера. 2010. № 4. С. 116–127.

Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2001. 622 с.

Филиппов В.А., Рябинин В.Ф., Сысоева З.З. Гагарское золоторудное месторождение на Среднем Урале, Россия // Геология руд. месторождений. 2013. Т. 55. № 1. С. 33–47.

Шуб В.С., Баранников А.Г., Шуб И.З., Якушев В.М., Шуб И.З. Золото Урала. Россыпные месторождения (к 250-летию золотой промышленности Урала). Екатеринбург: УИФ “Наука”, 1993. 135 с.

Groen J.C., Craig J.R., Rimstidt J.D. Gold-rich rim formation on electrum grains in placers // Can. Mineral. 1990. V. 28. P. 207–228.

Lalomov A.V., Grogorieva A.V. Transformation of native gold in hypogene conditions and sources of placer gold in Sukhoi Log gold-bearing field // Proceedings of International Mineralogical Association General Meeting (IMA 2014), Johannesburg, 1–5 September 2014. CD-version.

Lalomov A.V., Chefranov R.M., Naumov V.A., Naumova O.B., LeBarge W., Dilly R.A. Typomorphic features of placer gold of Vagran cluster (the Northern Urals) and search indicators for primary bedrock gold deposits // Ore Geol. Rev. 2017. V. 85. P. 321–335.