

его непосредственным определением в пробах вызывают сомнение и требуют проверки на других золото-содержащих объектах.

Результаты ИСМ тоже сопоставимы с результатами по другим методам, кроме результатов по золоту, а также серебру и висмуту, качество аналитических определений которых оказалось неудовлетворительным. Главный недостаток ИСМ — это отсутствие возможности определения золота, которое, как показывают результаты выполненных нами ОМГХР, практически не переходит из твердофазной навески пробы в раствор азотной кислоты. Можно сделать вывод, что азотнокислая экстракция элементов из проб рыхлых отложений является нецелесообразной при поисках золото-медно-порфириновых и, тем более, собственно золоторудных месторождений.

Заключение

В результате выполненных ОМГХР впервые как в отечественной, так и в мировой практике получены параллельные оценки поисковой геохимической эффективности сразу четырех разных геохимических методов, предназначенных для повышения эффективности опознания территорий по наложенным сорбционно-солевым вторичным ореолам рассеяния: ММИ, ИСМ, МДИ и МЕФФА. В качестве метода сравнения по всему участку работ, а не по отдельным пробам или профилям, был применен метод литохимических поисков по вторичным ореолам с использованием, как и в вышеперечисленных методах современных прецизионных методов анализа проб. Получена сравнительная оценка поисковой эффективности использованных методов, которая однако относится к сравнительно простым ландшафтными условиям данного участка с преимущественным развитием местных элювиально-делювиальных отложений и, таким образом, с преобладанием относительно благоприятных условий проведения геохимических поисков по вторичным ореолам.

В целях дальнейшей разработки наиболее эффективного комплекса методов поисковых ГХР на разные типы оруденения представляется целесообразным выполнить следующий этап аналогичных по своей направленности и содержанию ОМГХР на участке или участках с более сложными ландшафтными условиями ведения поисковых работ и другими типами оруденения. Это должна быть преимущественно закрытая территория с развитием островной или сплошной многолетней мерзлоты и залеганием в верхней части разреза дальнепринесенных рыхлых отложений, перекрывающих зоны рудной минерализации и промышленные рудные тела, положение и характеристики которых установлены по результатам горно-буровых работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев, И.В. Метод поиска геохимических аномалий золота и других благородных металлов на основе анализа тонкой фракции почвы с использованием LA (лазерной абляции) и ICP-MS (масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой) / И.В. Васильев // Золото и технологии. — 2017. — № 4(38). — С. 20–23.
2. Временные методические указания по проведению геохимических поисков на закрытых и полузакрытых территориях / С.В. Соколов, А.Г. Марченко, С.С. Шевченко и др. — СПб: ВСЕГЕИ, 2005. — 98 с.

3. Духанин, А.С. Опыт использования метода диффузионного извлечения для поисков глубокозалегающих месторождений / А.С. Духанин / Использование геоэлектрохимических методов при поисках и разведке рудных месторождений. — Л.: НПО «Рудгеофизика», 1989. — С. 99–109.
4. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. — М.: Недра, 1983. — 191 с.
5. Миляев, С.А. Ионно-сорбционный метод литохимических поисков скрытых полиметаллических месторождений: общие принципы, опыт применения / С.А. Миляев, С.Г. Кряжев, Ю.В. Виленкина // Руды и металлы. — 2017. — № 2. — С. 60–68.
6. Соколов, С.В. Оптимизация сети и плотности опробования при проведении площадных геохимических работ как фактор повышения надежности прогноза / С.В. Соколов, А.Г. Марченко // Разведка и охрана недр. — 2019. — № 8. — С. 19–28.
7. Соловов, А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых / А.П. Соловов. — М.: Недра, 1985. — 294 с.
8. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, Ф.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
9. *Geological Survey of Canada Open File 6850 (revised). Till Sampling and Analytical Protocols for GEM Projects: from field to archive.* — Geological Survey of Canada, 2017. — 75 p.
10. Mann, A.W. Vertical ionic migration: mechanisms, soil anomalies, and sampling depth for mineral exploration / A.W. Mann, R.D. Birrell, M.A.F. Fedikow, H.A.F. Souza // *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis.* — 2005. — Vol. 7. — P. 201–210.
11. Mann, A.W. Strong versus weak digestions: ligand-based soil extraction geochemistry / A.W. Mann // *Geochemistry: Exploration, Environment Analysis.* — 2010. — Vol. 10. — P. 17–26.

© Коллектив авторов, 2021

Марченко Алексей Григорьевич // a-marchenko@yandex.ru
Ильченко Вадим Олегович // ilchenkovo@nornik.ru
Никулина Анастасия Александровна // nikulinaaaa@nornik.ru
Легких Ольга Александровна // legkikhhoa@vostgeo.ru

УДК 553.878:552.23 (470.5)

Ляшенко Е.А. (Роснедра)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯШМОВЫХ ТЕЛ В ПРОСТРАНСТВЕ И АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕКСТУРНЫХ ТИПОВ ЯШМ ЮЖНОГО УРАЛА

*Смотрю на горную породу,
На яшму — плод перерождения,
И вижу, словно глядя в воду,
В ней бурной жизни отраженья.*

Рассмотрен вопрос распределения яшмовых тел в пространстве, показаны основные закономерности. Представлена авторская систематика единиц иерархического ряда районирования яшмовых объектов. Выполнена группировка яшмовых тел на уровне их текстурной составляющей. Показано взаимоотношение яшм с сопутствующими, генетически родственными полезными ископаемыми. Проанализирован материал по химическому составу яшм и яшмовидных пород. Определен средний химический состав классических яшм Урала. Ключевые слова: яшма, пояс, поле, месторождение, текстура, химический состав, кремнезем, разлом, туффыты.

REGULARITIES OF DISTRIBUTION OF JASPER BODIES IN SPACE AND ANALYSIS OF CHEMICAL FEATURES OF TEXTURE TYPES OF JASPER SOUTH URALS

*The problem of distribution of Jasper bodies in space is considered, and the main regularities are shown. The author's systematics of units of a hierarchical series of zoning of Jasper objects is presented. Grouping of Jasper bodies at the level of their texture component is performed. The relationship of Jasper with related, genetically related minerals is shown. The material on the chemical composition of Jasper and Jasper-like rocks is analyzed. The average chemical composition of classic Ural Jaspers was determined. **Keywords:** jasper, belt, field, Deposit, texture, chemical composition, silica, fault, tuffites.*

Описанию яшм посвящено большое количество разнообразного материала, содержащего, как может показаться на первый взгляд, обстоятельные исследования в области геологии, минералогии и генезиса. Вместе с тем, углубленное знакомство с этим камнем подтверждает актуальность слов А.Е. Ферсмана, сказанных в 1919 г.: «*Что касается до научного исследования как самих яшм, так и их месторождений, то в этом направлении сделано еще очень мало, а химическая и минералогическая природа русских яшм почти не изучена*». К сожалению, за прошедшее столетие мало что изменилось. Целенаправленные поисковые работы на яшму в пределах крупнейшего в стране Южноуральского яшмового пояса в современный период времени были начаты с подачи академика А.Е. Ферсмана в 1930-х годах. Но, по известным причинам, быстро свернуты, затем продолжены во второй половине и завершены в 2008 г. В целом проводились они эпизодически, носили в основном локальный характер и с конца 1980-х годов выполнялись без научного сопровождения. В результате этого накопленный за многие десятилетия огромный фактический материал по геологии яшм остался необобщенным и до сих пор никем не систематизирован.

Целью данной работы являлось выявление основных закономерностей размещения декоративных яшм и яшмовидных пород Южного Урала в пространстве с учетом их внутреннего строения и химического состава. Работа базируется в основном на результатах анализа информации по яшмам Башкирского Зауралья и частично Оренбургской области. Используются материалы, опубликованные в научной и периодической печати, а также собственные наблюдения.

В соответствии с поставленной целью был проанализирован материал по 657 собственно яшмовым объектам Республики Башкортостан, из списка которого исключено 27 тел (4,1 % от общего количества) по причине их удаленности от мест сосредоточения основной группы тел в том или ином узле (поле), тем более, что они представлены сырьем с низкой декоративной привлекательностью. Вместе с тем, в рассмотрение дополнительно включено 41 тело декоративных яшмовидных пород, пространственно сопутствующих

истинным яшмам и представляющих собой цветные туффиты, гидротермальные метасоматиты (кварц-гематитовые и марганцевые), риолит и кремнистые сланцы. Кроме того, собран и обработан материал по химическому составу яшм в количестве 53 химических анализов по 29 яшмовым объектам и 4 анализа по декоративным кремнистым туффитам.

Распределение яшмовых тел в пространстве

Исключив из длинного виртуально составленного списка яшмовых объектов условно причисляемые к ней роговики, вулканы, микрокварциты, брекчии и другие горные породы, имеющие собственные петрографические названия, станет очевидным, что преобладающая часть отечественных проявлений «истинной» яшмы сосредоточена в пределах крупнейшей в мире Уральской яшмовой провинции. Этот гигант планетарного масштаба протянулся с севера на юг на 2400 км — от Пай-Хоя до Мугуджар в Казахстане. На первый взгляд может показаться, что внутри данной провинции многочисленные яшмовые тела развиты хаотично и неравномерно. Но если присмотреться внимательнее к схеме размещения яшмопроявлений (рис. 1), то нетрудно убедиться в обратном. Подавляющая часть яшмовых тел локализуется на линейно вытянутых компактных площадях удлинённой формы, в то время как вокруг, в радиусе многих километров, невозможно встретить ни одного интересного проявления. Создается впечатление, что тела каким-то образом сгруппированы, причем с учетом определенной иерархической зависимости. Чтобы разобраться в этом, давайте обратимся к работам ведущих исследователей, работавших в области металлогенического районирования, и попробуем использовать их разработки применительно к яшме.

Вопросы классификации рудоносных площадей и металлогенического районирования рассматривались Х.М. Абдуллаевым, В.И. Смирновым [6], Г.А. Твалчрелидзе, Е.Т. Шаталовым и др. Определение понятий рудных зон, районов, узлов, полей и месторождений сформулированы в работах А.Г. Бетехтина, Д.И. Щербакова, В.М. Крейтера, Ф.И. Вольсона и др. В настоящее время большинство исследователей выделяют такие общие региональные единицы, как провинции, металлогенические пояса, структурно-металлогенические зоны и более локальные — рудные районы, зоны, узлы, поля. Термины, употребляемые при металлогенических территориальных обобщениях, уже более или менее установились. Анализируя схемы и планы размещения яшмовых тел, стала очевидной возможность использования общепринятой терминологии металлогенического районирования объектов применительно и к уральским яшмам. В зависимости от масштабов площадей распространения яшм предлагается выделять следующие единицы иерархического ряда: провинции, пояса, районы, узлы, поля и свиты (табл. 1).

Провинция (мегапояс) — крупный структурный элемент земной коры (синеклиза, антиклиза, рифовая система, *складчатый пояс* и т.п.) с локальным развитием

отложений яшмовой формации вулканогенно-осадочного типа.

Пояс — региональная отчетливо линейная геологическая структура, образованная на определенном этапе формирования складчатых поясов и платформ, с преобладающим развитием характерной яшмовой формации, связанной в своем возникновении с особенностями осадконакопления, тектонического режима и магматизма.

Район — отчетливо выраженная в пределах пояса непрерывная линейная площадь с узлами месторожде-

ний и проявлений яшмовой формации, представленной красными «сургучными», реже пестроцветными яшмами и яшмовидными кремнистыми туфами. Районы обычно приурочены к складчатым структурам с благоприятным составом пород.

Узел — относительно изометричная площадь, включающая генетически связанные между собой яшмовые поля, а также отдельные месторождения и разобщенные тела.

Поле — сравнительно небольшая площадь, в пределах которой располагаются одновозрастные, пространственно сближенные, генетически родственные образования (яшмы и яшмовидные породы), залегающие на участках с благоприятными для их образования вмещающими породами и приуроченные к определенным локальным тектоническим элементам (синклинали и антиклинали и др.). Поле может состоять из одной или нескольких свит, а также из группы разобщенных тел.

Свита (серия) или куст — часть поля, участок земной коры, соответствующий какому-либо элементу локальной геологической структуры (гребню, крылу, замыканию складки и т.д.) с одним или несколькими телами, связанными общностью происхождения. Различаются между собой по конфигурации площади. Свита — сближенное линейно вытянутое скопление яшмовых тел. Куст — изометричное по форме скопление яшмовых тел.

Помимо вышеперечисленных геологических градаций районирования яшмоносных площадей существуют другие термины (месторождение, проявление), использование которых несет в контексте несколько иное смысловое понимание. Для этого необходимо сделать дополнительные объяснения.

Месторождение — природное скопление полезного ископаемого, которое по количеству и качеству и горнотехническим условиям разработки пригодно для разработки с положительным экономическим эффектом. Это — экономическое понятие. Под этим может подразумеваться отдельное яшмовое тело, свита или поле, если они соответствуют требованиям одновременного освоения.

Проявлением считается естественное скопление полезного ископаемого, по качеству отвечающее или почти отвечающее требованиям промышленности, но из-за небольших запасов или недостаточной изученности не может быть отнесено к месторождениям.

С учетом известных яшмопроявлений и наличия благоприятных для их образования геологических предпосылок, в пределах Уральской яшмовой провинции условно по географическому признаку выделяются следующие пояса: Пай-Хойский, Полярно-Уральский, Северо-Уральский, Средне-Уральский и Южно-Уральский. На всех поясах, за исключением последнего, специализированные работы на цветно-каменное сырье проводились на локальных площадях, в ограниченном объеме и положительных результатов не дали. Исключение составляет оцененное месторождение Улятемя с яшмой рядового качества и труд-

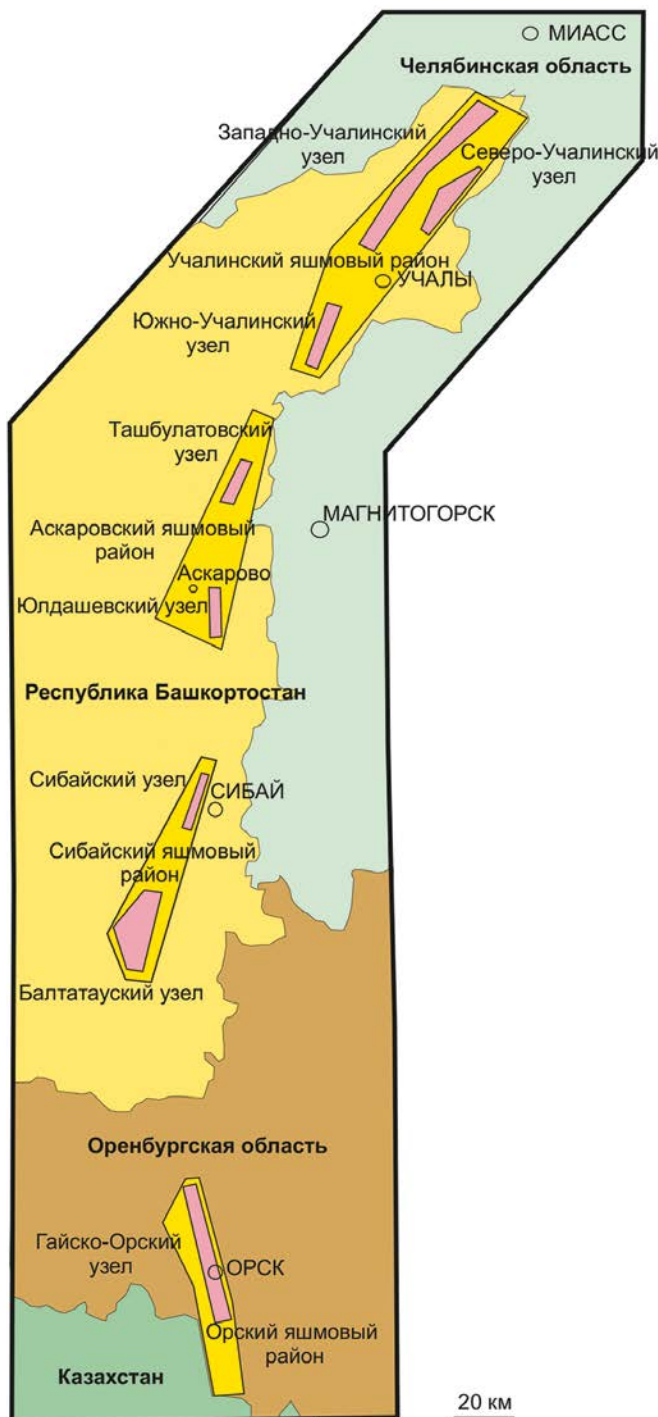


Рис. 1. Схема яшмового пояса

Таблица 1
Районирование и соподчиненность яшмоносных площадей Урала

Провинция		Южно-Уральский, 480									
	Уральская, 2400	Средне-Уральский, 350		Учалинский, 80			Аскарковский, 65		Сибайский, 75		Орский, 75
Пояс, 250-480	Пай-Хой, Полярный Урал, Северный Урал, по 250-300	Нижний Тагил, Карабаш	Западно-Учалинский, 55 × 2-6	Северо-Учалинский, 28 × 4,5	Южно-Учалинский, 24 × 0,6-5,0	Ташбулатовский, 11,5 × 2-4	Юлдашевский, 14,5 × 0,2-4,0	Сибайский, 19 × 4,5	Балтатауский, 27,5 × 13	Гайско-Орский, 45 × 16	
Район, 65-100	100		Беркутинское Иремельское Шерамбайское Мулдакаевское Аушкульское Шарип-Кожавес Озерное Татлибетовское	Кураминское Кажавское Поляковское Тунгатаровское Старомуйнаковское Маломуйнаковское Сафаровское	Уразовское Ишкиновское Истамгуловское Наурузовское Байрамгуловское Абыкай Микагир Гадельшинское	Балапановское Уляндинское Ташбулатовское Кусимовское Аюсазовское 0,27-1,2 × 0,01-0,22	Чебаркульское Кушеевское Юлдашевское Гусевское Таксыровское Белогагинское Ярлыкаповское	Абзаковское Бугулыгырское Давлетовское Карамалыташское Карагайлинское Карьюкмасское Олатауское Уртаташское Эттуган 1 и 2 Тауакское Тадраташское Кускарлаганское Юмаштауское Старосибайское Янзигитовское	Балтатауское Исянгильдин Мурзинское Турчанодол Маканское Мамбетовское 0,2-1,0 × 0,1-0,2	Сев-Калиновское Калиновское Казах-Чиканское Гора Полковник Анастасьевское до 3,0 × 0,35-0,6	
Узел, 10-55	10-25	н/д									
Поле, 0,2-5,0	н/д	н/д	Бурангуловское Калканское до 4,0 × 0,3	2,1-5,0 × 0,2-1,2	0,45-3,5 × 0,1-1,0						
Свита, куст											
Высотная отметка тел по узлам, м		325-375	470-500	500-560	480-505	500-530	440-480	586-705	490-620	350	

недоступное для освоения. Из-за отсутствия полноценных материалов, достаточных для использования в данном исследовании, отрывочная информация по этим поясам в работе не учитывается.

Все продуктивные яшмовые объекты и перспективные площади Урала расположены в пределах Южно-Уральского яшмового пояса длиной 480 км, пересекающего с севера на юг узкой плавной извивающейся лентой шириной 4–18 км Республику Башкортостан и Оренбургскую область отрезками 370 и 110 км соответственно. По словам Е.П. Мельникова (2007 г.): «В мире нет других таких регионов, где встречалось бы такое, непревзойденное до сих пор, количество самых разнообразных яшм».

По характеру распределения яшмовых тел на территории Республики Башкортостан в составе пояса выделено 3 яшмовых района, объединяющих 7 яшмовых узлов (табл. 1). Кроме того, в южной части пояса, в Оренбургской области располагается еще 1 узел и отдельно, на самом юге — Анастасьевское проявление.

Башкирские поля отстоят друг от друга на расстоянии от 20 до 47 км, длина их изменяется от 11,5 до 55 км. В каждом из них располагается от 4 до 26 пространственно-обособленных площадей (полей) сосредоточения перспективных проявлений яшмы. Количество отдельных тел в поле варьирует от первых единиц до 58. В свою очередь, в пределах полей яшмовые тела также развиты неравномерно и сгруппированы в компактные группы — свиты (от 2 до 5 штук в каждом). Чаще всего яшмовые тела образуют в них серии вытянутых скоплений тел, иногда в виде цепочек, протягивающихся порой на несколько километров (Истамгуловское — 3, Юлдашевское — 3,9, Сафаровское — 4, Старомуйнаковское — 5). Образованные цепочки плавно изгибаются в соответствии с геологическим строением того или иного поля. При этом ширина выхода яшм на дневную поверхность в свите составляет обычно первые десятки метров.



Рис. 2. Кураминское, 6.7х4.4 см

Иногда встречаются и одиночно расположенные весьма интересные в декоративном плане тела (Кураминское (рис. 2), Сабитовское, Татлимбетовское и др.), удаленные на многие сотни метров от других тел.

Пространственная группировка яшмовых тел по текстурам

Предварительный обзор материалов показал, что для удобства работы с таким большим количеством яшмовых тел [4, 5] при их визуальном кажущейся многогокости, сначала их необходимо было каким-то образом дифференцировать. Для этой цели наиболее подходящим и универсальным признаком оказалось внутреннее строение яшмовых тел, характеризующееся набором соответствующих текстур [2]. Слово «текстура» трактуется как «рисунок», поэтому визуально определяется всеми легко и однозначно, а значит, может считаться достаточно объективным признаком в масштабах отдельного штуфа, пересечения или тела

Таблица 2

Распределение яшмовых тел и их средняя длина (м) по узлам и основным видам яшмовых текстур

Основные типы и виды яшмовых текстур	Яшмовые узлы							Итого по видам текстур
	Западно-Учалинский	Северо-Учалинский	Южно-Учалинский	Ташбулатовский	Юлдашевский	Сибайский	Балтатауский	
Однородная	$\frac{4}{470}$	$\frac{34}{218}$	$\frac{16}{168}$	—	$\frac{2}{215}$	$\frac{44}{100}$	$\frac{4}{320}$	$\frac{104}{190}$ / 16.5 %
Полосчатая	$\frac{2}{230}$	$\frac{61}{192}$ / 51,3 %	$\frac{17}{228}$	$\frac{2}{300}$	$\frac{38}{194}$	$\frac{68}{128}$	$\frac{12}{137}$ / 75 %	$\frac{200}{172}$ / 31,7 %
Однородно-желваково-полосчатая	$\frac{10}{50}$ / 41,7 %	$\frac{24}{75}$	$\frac{27}{29}$ / 45,0 %	$\frac{82}{113}$ / 97,6 %	$\frac{62}{110}$ / 57,9 %	$\frac{8}{125}$	—	$\frac{213}{94,7}$ / 33,8 %
Пятнисто-полосчатая	—	—	—	—	$\frac{5}{120}$	$\frac{100}{21}$ / 45,4 %	—	$\frac{105}{25,7}$ / 16,7 %
Неупорядоченная	$\frac{8}{104}$	—	—	—	—	—	—	$\frac{8}{104}$ / 1,3 %
Итого по узлам:	24 / 3,8 %	119 / 18,9 %	60 / 9,5 %	84 / 13,3 %	107 / 17,0 %	220 / 34,9 %	16 / 2,5 %	630

в целом. В итоге, все видовое разнообразие яшм уложилось в шесть основных типов текстур, широко распространенных на территории Южного Урала и всегда безошибочно узнаваемых (табл. 2). Естественно, что при общей схожести, каждая из выделенных текстур, встречаемая в различных яшмоносных единицах (поле, свита, тело) всегда имеет какие-либо свои отличительные особенности — оригинальный рисунок, характерный набор красок или оттенков. Объясняется это тем, что, несмотря на общность истории геологического развития региона, на каждом конкретном участке все преобразующие процессы происходили неравномерно, от чего и возникли в яшмах видовые нюансы.

Необходимо отметить, что такие виды яшмовых текстур, как полосчатая и однородная, широко распространены и самостоятельно встречаются во всех яшмоносных районах, слагая многочисленные тела практически в полном объеме, и оставаясь при этом везде похожими по цветовой гамме. В то же время многие другие яшмовые тела, в первую очередь наиболее ценные, обычно сложены комплексом текстурных разностей, тесно сопряженных в виде пятен, провести резкую границу между которыми, как и выбрать среди них доминирующую, нередко бывает затруднительно.

Повсеместно встречаемые сургучно-красные яшмы с однородной текстурой (104 тела) всегда в той или иной степени обладают неясной полосчатостью и нечетливой пятнистостью, которые могут видоизменяться, приобретая относительно ясно-полосчатый или желваково-септариевый рисунок. В последнем случае преобразования происходят постепенно через возникновение разрозненных мелких желвакообразных пятен бежевого цвета. Ленты, слагающие полосчатые зоны в однотонных яшмах, имеют, как правило, невыразительную окраску и расплывчатые границы по ширине и длине.

Полосчатые (ленточные) яшмы составляют достаточно многочисленную группу камней (200 тел — 31,7 % от всех), особенно широко распространенных в Северо-Учалинском и Сибайском яшмовых районах.



Рис. 3. Аюсазовское, 7,6×5,5 см

Очень высоко ценились в XVIII и XIX вв. полосчатые яшмы Наурузовского (Кушкульдинское), Сафаровского, Старомуйнаковского, Маломуйнаковского и Тунгатаровского месторождений.

Основными текстурами, формирующими облик яшм с неупорядоченной текстурой (8 тел), являются брекчиевая и расплывчатая пятнисто-полосчатая. Судя по внешнему виду, а также по химическому составу, о чем будет сказано далее, их правильнее называть яшмовидными туффитами.

Учитывая факт существования большого количества яшмовых тел с различными сочетаниями развитых в них текстур, для удобства работы с информацией возникла необходимость дополнительного выделения двух условных групп яшмовых текстур — «пятнисто-полосчатой» и «однородно-желваково-полосчатой». Первая из них представляет собой в различной степени преобразованную в постседиментационные этапы формирования яшм первично полосчатую текстуру, от которой местами в породе сохранились лишь реликтовые фрагменты. По декоративно-художественным качествам формирующие их рисунчатые, сферические, концентрические и петельчатые виды яшмовых текстур являются самыми привлекательными и востребованными.

Под однородно-желваково-полосчатой текстурой понимается количественно большая объединенная группа из 213 тел, характеризующихся одновременно однородным и полосчатым сложением в различных количественных сочетаниях. Яшмы с такой смешанной текстурой развиты преимущественно в Аскарском яшмовом районе. Образованные в них бесформенные пятна размером 15–30 см в поперечнике с желваково-септариевым рисунком (рис. 3) иногда группируются в вытянутые зоны длиной десятки метров и могут составлять значительный объем яшмовых тел. Это интересный поделочный камень. Коричневые яшмы с однородной и гибридной однородно-желваково-полосчатой текстурами получили в пределах пояса самое широкое развитие — около 50 % от общего количества яшмовых тел.

Доля однородных и полосчатых яшм в Учалинском и Сибайском районах сопоставима: 27,7 и 20,3 %; 41 и 33,9 % соответственно. Пятнисто-полосчатые и собственно пятнистые яшмы весьма характерны для Сибайского (105 тел) и Орского яшмовых узлов. Помимо того, в виде отдельных гнезд они встречаются на Маломуйнаковском, Тунгатаровском и Ярлыкаповском полях. Желваково-септариевый вид текстуры получил широкое распространение в сургучно-красных яшмах Ташбулатовского узла и ограниченное в Сибайском. Яшмы темного голубовато-зеленовато-серого цвета с неупорядоченной текстурой встречаются исключительно в Западно-Учалинском яшмовом узле (Мулдакаевское, Татлимбетовское, Бурангуловское).

Параметры яшмовых тел

Наибольшей длиной обладают тела с однородной и полосчатой текстурами. Средняя длина их тел (здесь и далее средневзвешенная на количество тел определен-

Таблица 3

Химический анализ проб яшмы по типам и видам текстур и яшмовидных туффов, %

Типы и виды текстур	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	ппп	Количество анализов / объектов
Однородная	89,62	0,08	1,78	2,90	1,18	0,17	0,79	0,69	0,02	0,08	0,14	0,05	1,22	10 / 6
Полосчатая	89,23	0,12	3,60	1,66	1,38	0,10	0,82	0,86	0,28	0,48	0,06	н/о	н/о	9 / 7
Пятнисто-полосчатая	91,62	0,11	2,64	1,81	0,61	0,14	1,51	0,97	0,13	0,11	н/о	н/о	н/о	20 / 5
Брекчиевидная	88,36	0,03	2,05	5,09	1,02	0,17	1,98	0,59	0,08	0,09	0,04	0,07	0,97	14 / 9
Среднее взвешенное по поясу «Классическая яшма»	90,06	0,08	2,48	2,72	1,03	0,10	1,43	0,63	0,16	0,14	0,08	0,06	1,07	53 / 21
Неупорядоченная (мулдакаевский тип)	79,80	0,28	5,96	1,48	2,94	0,19	1,81	1,59	3,75	0,12	0,06	0,05	1,82	2 / 2
Тонко-полосчатая (юлдашевский тип)	74,98	0,26	9,65	2,37	2,31	0,21	4,25	1,61	1,93	0,34	0,14	0,08	1,75	5 / 2
Туффыты серовато- и темно-зеленые	78,21	0,21	8,61	2,95	2,39	0,07	2,14	1,40	1,70	0,88	0,05	0,32	1,68	4 / 4
Выборка по лучшим объектам: Эттуткан+Карагайлинское Гора Полковник	92,02 90,84	0,01 0,07	2,73 2,39	1,58 1,73	0,64 0,66	0,05 0,21	1,55 1,27	0,50 2,20	0,14 0,09	0,08 0,19	н/о н/о	н/о н/о	н/о н/о	13 / 3 5

ной текстуры) составляет 190 и 172 м соответственно (табл. 3). Этой группе текстур характерен и максимальный размах колебаний длины — от 12 до 1000 м. Количество длинных тел преобладают в Учалинском и Сибайском яшмоносных районах. Минимальная длина тел характерна для самых привлекательных и востребованных яшм с пятнисто-полосчатой текстурой, встречающихся преимущественно в Сибайском и Орском узлах. Их средняя длина составляет всего 25,7 м (с колебаниями от 2 до 230). Яшмы других текстурных типов занимают по этому показателю промежуточное положение. Как показывает практика геологоразведочных работ, с применением бурения длина тел по простиранию зачастую многократно превышает их длину по падению (ширину).

Количественное соотношение между телами с той или иной яшмовыми текстурами в пределах районов, узлов и полей различно. Зависит это напрямую от частоты извержений ближайшего действующего вулкана и удаленности от него. При относительно редких извержениях формировались пласты однородных вулканогенно-осадочных пород однотонной окраски: зеленой — в случае преобладания в составе отложений туфогенного материала, что говорит о близости к действующему вулкану (Учалинский район и Сибайский узел) или сургучно-красный — на некотором удалении от вулкана, где в осадке пирокластовый материал почти отсутствует (Ташбулатовский узел). Возможно, во втором случае это каким-то образом связано с тем, что данный узел расположен в точке изменения простирания Южно-Уральской провинции с северо-восточного на меридиональный. Полосчатые яшмы образовались



Рис. 4. Эттуткан-1, 12x10 см



Рис. 5. Эттуткан-1 (стыковка спилов), 22x6.5 см

при циклически частых извержениях, причем ширина полос находится в прямой зависимости от длительности периодов затишья вулканической деятельности и колеблется в пределах от миллиметра до нескольких сантиметров. Истинная мощность тел декоративных яшм с однородной (коричневой и кофейной окраски), оолитоидной и сферической (рис. 4, 5) текстурами редко превышает 1 м (чаще около 0,5), в то время как мощность полосчатых яшм может достигать 16,4 м (Балтатауское).

Яшмы и тектоника

Выполненный по 64 яшмовым полям расчет вертикальной амплитуды выхода яшмовых тел на дневную поверхность (в проекциях тел на вертикальную плоскость) показал, что в среднем она составляет 25,6 м при колебаниях от 10 до 80. Сделав допущение о половинной эрозии тел по вертикали, данный показатель будет находиться в пределах 150 м. Это говорит о непродолжительном отрезке времени с относительно стабильными условиями осадконакопления, оказавшемся достаточным для образования в многокилометровой толще горных пород Южного Урала такого маломощного яшмоносного горизонта, протянувшегося на 480 км. И что поразительно — данный горизонт прослеживается с перерывами еще далеко на север, хотя и с меньшей продуктивностью.

Если предположить относительно одновременное образование на всем Южном Урале исходной смеси органогенных кремнистых илов и пеплового материала, а также то, что изначально яшмовые тела располагались в пространстве субгоризонтально и на одном высотном уровне, то в процессе последующих геологических преобразований эта картина стала иной. Во-первых, за счет складчатости заметно изменились элементы залегания тел. А во-вторых, высотная отметка тел теперь имеет размах 350 м, укладываемый в интервал отметок 340–705 м над уровнем моря. При этом карабашские и орские яшмы располагаются в среднем на высоте 350 м, в то время как все башкирские сосредоточены в интервале высот 440–705 м, т.е. оказались приподнятыми над соседними. Все это говорит об активной тектонической жизни региона в последевонский период, в результате чего яшмовый пояс был разделен поперечными и диагональными разломами на несколько блоков, смещенных по вертикали относительно друг друга.

В итоге, получили пространственную обособленность в нынешнем виде яшмоносные районы, узлы и поля, развивавшиеся далее хотя и по общему сценарию, но с некоторыми особенностями (РТ условия, близость к разломам, наличие зон гидротермально-фумарольного метасоматоза), в разной степени благоприятствовавшими превращению исходного материала в истинную яшму. Справедливости ради, следует отметить, что разница в высотных отметках блоков в 350 м практически не отразилась на окончательном облике яшм; видимо, эта величина оказалась несущественной в сравнении с глубиной погружения всей толщи пород восточной части Южного Урала, необ-

ходимой и достаточной для возникновения условий низкотемпературного регионального метаморфизма зеленосланцевой фации.

Другое дело приразломный метасоматоз, локально воздействовавший на исходный для образования голубовато-серых яшм материал в Западно-Учалинском яшмовом узле. А в Сибайском узле (Карагайлинское, Уртаташское, Эттуткан 1 и 2, Юмаштаусское и др.) неизмерима очевидная роль разломов и двигавшихся по ним глубинных эксгаляций фумарольного типа в формировании небольших по размеру яшмовых тел ксенолитовой формы с пятнистой и пятнисто-полосчатой текстурами под экранирующей поверхностью, функцию которой выполнял пласт сургучно-красных яшмовидных туффитов в гребневой части брахиантиклинальной складки. Яшмы этого типа тяготеют к двум сближенным разломам (поперечному и диагональному). И что интересно, в точке сопряжения их с глубинным меридиональным разломом более высокого порядка, всего в 6 км к востоку от яшмовых полей, возникло Сибайское медно-колчеданное месторождение — одно из крупнейших в стране. Все это по-



Рис. 6. Гора Полковник, 6х5 см



Рис. 7. Гора Полковник (стыковка спилов), 25х17,5 см

зволюет предполагать непосредственное влияние этих разломов на морфологию и размеры яшмовых тел, а также, косвенно (прямых доказательств пока нет) — на преобразование их состава и внутреннего строения. Аналогичная пространственная приуроченность лучших яшмовых объектов Орского (Калиновское и Гора Полковник (рис. 6, 7) и Учалинского (Сафаровское, Истамгуловское и Наурузовское поля) яшмовых районов наблюдается соответственно к Гайскому и Учалинскому медно-колчеданным месторождениям. Несомненно, в этом что-то есть, просто нужен иной исследовательский подход.

Взаимоотношение яшм с сопутствующими полезными ископаемыми и генетически родственными породами

Известно немало случаев тесного сосуществования сургучных яшм с небольшими промышленными объектами железомарганцевого оруденения, связанными с гидротермальными процессами поздних этапов вулканической деятельности. Локальное дробление яшм с последующим метасоматозом и привносом железа привело к возникновению яшм брекчиевой и брекчиевидной текстуры (ситцевая, мясной агат). Вместе с тем, нередко случаи образования значительных по объему самостоятельных обособлений пород кварц-гематитового состава (Сулеймановское, Чебаркульское, Ташбулатовское, Белоагатинское Давлетовское (рис. 8) и др.). Обычно они представлены крутопадающими линзами, примыкающими к яшмам, либо располагающимися вблизи от них, но есть примеры пологого конформного залегания. Также генетически тесно с яшмами связаны марганцевые месторождения эксгалационно-осадочного генезиса, образовавшиеся на заключительных этапах деятельности вулканических аппаратов. Небольшие по масштабам, они активно разрабатывались с XVIII в. до середины второй половины прошлого (Уразовское, Юмагужинское, Файзуллинское (рис. 9), Кусимовское и др.).

В силу пространственной изменчивости состава исходного вулканогенно-осадочного материала иногда бывает очень трудно провести резкую границу между типичными яшмами и цветными яшмовидными туффитами (Старомуйнаковское, Бахтигареевское, Юлдашевское и др.). В то время как границы между яшмами и вмещающими их вулканитами (базальтами и др.) резкие, нередко прямолинейные. В целом для пояса характерно преобладание красноцветных туффитов над зелеными. В ряде мест поблизости от яшм известны проявления туффитов с приобретенной яркой красивой окраской — розовой, желто-розовой, красной, буровато-вишневой, изумрудно-зеленой, белой с фиолетовым и розовым оттенком (Абыкай, Микагир, Гадельшинское). Изменение окраски говорит о появлении в них инородных красящих элементов.

Особенности химического состава яшм

Проанализировав все имеющиеся в печати химические анализы яшмовых проб [1, 3, 4], из составленного списка были исключены анализы, сильно искажающие истинную картину — яшмовидных туффитов, яшм не уральского происхождения и сомнительные.



Рис. 8. Девятковское (стыковка спилов), 12x7 см



Рис. 9. Файзуллинское, 22x12.5 см

После этого, оставшиеся анализы были сгруппированы по основным текстурным разновидностям, в результате чего неожиданно выявилась очень интересная информация для дальнейших рассуждений (табл. 3). Как выяснилось, полученные результаты этой работы наглядно подтвердили правильность выбранного ранее принципа систематики яшм по текстурному признаку [2].

На основании выполненного анализа проб стало очевидным, что однородные, полосчатые, пятнисто-полосчатые и брекчиевидные яшмы Южного Урала очень близки по составу и образуют единую группу пород. Учитывая значительное количество использованных анализов (53), предлагается вычисленный средневзвешенный по типам текстур состав яшм считать средним химическим составом так называемых типичных или «классических яшм». Содержание кремнезема, считающегося одним из главных критериев отнесения яшм к типичным, составляет 90 % с колебаниями от 86 до 94. Другими значимыми компонентами с количеством от 1 до 2,7 % являются алюминий, железо общее и кальций, иногда магний.

У некоторых исследователей могут возникнуть возражения — анализ пробы, отобранной ими из тела



Рис. 10. Карагайлинское, 17х7 см

истинной яшмы, показал содержание, например, кремнезема 98 или 72 %, а в другой пробе было суммарного железа 32 %, да и иные элементы зашкаливают. В связи с этим необходимо сделать следующие разъяснения. Все это может иметь место в том случае, если пробы были взяты для каких-то определенных целей, локально из пятна с определенной текстурой и минеральным составом, но это не имеет никакого отношения к среднему химическому составу яшмового тела. Для этой цели пробы должны отбираться методически правильно. В то же время, представительные пробы с содержанием кремнезема менее 86 % являются собой окремненные яшмовидные туффиты, следовательно, яшмами они в действительности не являются.

Пестроцветные орские яшмы от сибайских отличаются повышенные содержания марганца и магния, что выразилось в появлении характерного для камней черного цвета, обязанного оксидам марганца и тремолиту. По-видимому, яшмовые ксенолиты позаимствовали эти элементы из поглотившей их раскаленной базальтовой лавы в результате контактового метасоматоза. В то же время, пониженные значения алюминия и отчасти кальция, привели к снижению содержаний эпидота и хлорита, что негативно отразилось на цветовой палитре орских яшм — чувствуется нехватка зеленого цвета.

Брекчиевидные яшмы отличаются от однородных сургучно-красных, по которым они обычно развиваются, понижением содержания кремнезема, алюминия и щелочных элементов. Одновременно с этим в них значительно увеличиваются суммарное железо

(появляется в обилии ярко-красный хлопьевидный гематит), марганец и кальций.

Сравнив химические анализы визуально различных горных пород — голубовато-серых яшм мулдакаевского типа, тонкополосчатых яшм юлдашевского типа и сибайских серо-зеленых кремнистых туффитов яшмовидного облика, выявилось сходство их состава. По отношению к классическим яшмам резкое снижение содержания кремнезема на 10–15 % в них компенсировано увеличением содержаний глинозема, общего железа, кальция, магния, марганца, титана и натрия. С одной стороны, это можно объяснить наличием в яшмах примеси туфогенного и терригенного материала, что понизило долю кремнезема и в дальнейшем не позволило преобразоваться в истинную яшму. А с другой стороны, обращает на себя внимание приуроченность вышеуказанных яшмовых тел к долгоживущим тектоническим разломам с двигавшимися по ним минерализованными эманациями, несомненно, химически повлиявшими на преобразование исходного яшмового материала. Вопрос о том, какой из этих факторов оказал на яшмы большее влияние остается открытым. Однозначно только одно — эти яшмы, как и кремнистые туффиты, относятся к генетически родственным яшмовидным породам.

В процессе работы из группы типичных яшм была сделана выборка химических анализов по трем объектам (Эттуткан 1, Карагайлинское (рис. 10) и Тауакское), расположенным вблизи двух разломов субширотной ориентировки, поперечно секущих в центральной части Сибайский яшмовый узел. Целью этих действий было узнать, не могли ли они оказать какое-либо дополнительное влияние на формирование окончательного облика яшм. Интерес был вызван тем, что между этими разломами и в непосредственной близости от них по обе стороны получили, как нигде в другом месте, большое развитие яшмовые тела с широчайшей цветовой гаммой и комплексом разнообразных текстур, причем некоторые из них более нигде в пределах башкирской части пояса не встречаются (сферическая, концентрическая и, отчасти, рисунчатая). Очевидно повышение в них кремнезема на 2 % от среднего уровня типичных яшм, а также незначительно глинозема и кальция при падении суммарного железа и некоторых других элементов, связано с постили синвулканической fumarольной деятельностью в привязке к этим разломам. Процесс воздействия на прилегающие к ним породы был настолько ощутимым, что даже зеленые туффиты претерпели сильное окремнение и в их осевой части появились зоны развития яшмы метаколлоидной сферической текстуры белого цвета.

Заключение

Размещение яшм в пространстве имеет ярко выраженный дискретный характер. Все выделенные иерархические таксоны имеют свои особенности проявления яшм.

Среди всего видового разнообразия количественно и географически шире других представлены яшмы,

объединенные в группу красно-коричневых яшм с гибридной однородно-желваково-полосчатой текстурой.

Результаты проведенных исследований позволили определить средний химический состав классических яшм Южного Урала.

Анализ химического состава яшм отчетливо показал на параллельное развитие в пределах Южно-Уральского яшмового пояса типичных яшм, образованных из органогенных карбонатно-кремнистых илов с примесью туфогенного материала, и генетически родственных им яшмовидных кремнистых туффигов.

Выделена площадь повышенной концентрации тел с высокодекоративным яшмовым сырьем, приуроченная к месту сочленения меридионального и субширотных разломов, на стыке которых возникло Сибайское медноколчеданное месторождение. Эмпирически увязав все с длительным тепловым и эманионным воздействием разломов, сделано предположение о возникновении в данном месте благоприятных условий для формирования таких яшм.

Установлено, что некоторые другие яшмовые узлы также тяготеют к крупным медноколчеданным месторождениям (отстоят от них на 5–25 км), связанным

генетически с зоной глубинных субмеридиональных разломов: Северо-Учалинский узел — к Учалинскому месторождению; Южно-Учалинский — к Подольскому; Гайско-Орский — к Гайскому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дружинина, Н.М. К вопросу о генезисе южноуральских яшм / Н.М. Дружинина. — Известия УГУ. — 2000. — Вып. 10.
2. Ляшенко, Е.А. О текстурно-генетической классификации яшм Южного Урала / Е.А. Ляшенко. — Разведка и охрана недр. — 2018. — № 9.
3. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней. Яшмы и роговики. Вып.23. — М.: Мингео СССР, 1978.
4. Отчет по объекту: «Поиски месторождений яшмы с целью создания минерально-сырьевой базы декоративных камней на территории Республики Башкортостан» / З.У. Магдеева и др. — Уфа, 2009. — Геологические фонды РБ.
5. Салихов, Д.Н. Полезные ископаемые Республики Башкортостан (декоративно-поделочные камни) / Д.Н. Салихов и др. — Уфа: Институт Уфимского научного центра РАН, 2012.
6. Смирнов, В.И. Геология полезных ископаемых / В.И. Смирнов. — М.: Недра, 1976.

© Ляшенко Е.А., 2021

Ляшенко Евгений Александрович // lyashenko.52@bk.ru

ГЕОФИЗИКА

УДК 551.7+553.04 (571.6)

Шашорин Б.Н., Макаров А.И., Руднев В.В.,
Матвеева Е.В., Выдрич Д.Е. (ФГБУ «ВИМС»)

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НЕДР СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СИХОТЭ-АЛИНЯ КАК ОСНОВА ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ ЗОЛОТО-МЕД- НО-ПОРФИРОВЫХ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ МАЛ- МЫЖСКОГО ТИПА

По результатам компьютерной обработки цифровых основ полей Δg и ΔT по программе «Koskad 3D» составлены разномасштабные геолого-геофизические прогно-стические модели объемов недр северных территорий Сихотэ-Алиня, вмещающих известные и потенциальные Au-Cu-порфировые рудные объекты: Малмыжско-Болоньский, Пони-Мулийский, Анаджаканский рудные узлы; полигон (рудное поле) Малмыжского Au-Cu-порфирового месторождения. Предполагается, что с помощью данных моделей осуществимо более надежное выделение в пределах северных территорий Сихотэ-Алиня и Дальнего Востока России поисковых площадей, близких по своим модельным геолого-геофизическим характеристикам (признакам) к объемам недр вышеуказанных рудных объектов. **Ключевые слова:** грави- и магнитометрические разрезы земной коры, ареа-

лы разуплотненных масс, локальные глубинные центры относительно плотных масс, диоритовые штоки, аномально высокомагнитные надинтрузивные зоны.

Shashorin B.N., Makarov A.I., Rudnev V.V., Matveeva E.V.,
Wydrich D.E. (VIMS)

GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL MODELS OF THE SUBSURFACE OF THE NORTHERN TERRITORIES OF SIKHOTE-ALIN AS A BASIS FOR FORECASTING AND SEARCHING FOR GOLD-COPPER-PORPHYRY DEPOSITS MALMYZHSKY TYPE ORE OBJECTS

Based on the results of computer Processing of the digital bases of the Dg and DT fields under the «Koskad 3D» program, various-scale geological and geophysical predictive models of the subsurface volumes of the Northern territories of Sikhote-Alin, containing known and potential Au-Cu-porphry ore objects: Malmyzhsko-Bolonsky, Ponimulyysky, Anajakan ore nodes; polygon (ore field) Malmyzhsky Au-Cu-porphry Deposit. It is anticipated that using these models feasible and more reliable isolation within the Northern territories of the Sikhote-Alin and the Far East of Russia search space of similar model geological-geophysical characteristics (a sign) to the volume of subsoil above the ore objects. **Keywords:** gravity and magnetometric sections of the earth's crust, areas of decompressed masses, local deep centers of relatively dense masses, diorite rods, anomalously high-magnetic superintrusive zones.