

Научная статья

УДК 553.068.1

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-3-5

АРГИЛЛИЗИТЫ В КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНОГО УРАЛА

А. В. Кочергин¹, Н. В. Грановская²

1 — Уральское горно-геологическое агентство, Уфа, 450097, ул. Заводская, 20, avtggkav@yandex.ru

2 — Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 344006, ул. Большая Садовая, 105/42, grannv@sfedu.ru

Приведены данные об особенностях линейных кор выветривания западного склона Южного Урала и наличии в них низкотемпературных гидротермально-метасоматических глинистых образований, сходных с аргиллизитами. Установлены минералого-геохимические и структурно-геологические признаки аргиллизитовых тел, их пространственные и генетические связи с рудными объектами.

Ключевые слова: аргиллизит, Южный Урал, глинистые минералы, коры выветривания, корообразование, бокситы

ARGILLIZITES IN THE WEATHERING CRUSTS OF THE WESTERN SLOPE OF THE SOUTHERN URALS

A. V. Kochergin¹, N. V. Granovskaya²

1 — Ural Mining and Geological Agency, avtggkav@yandex.ru

2 — Southern Federal University, grannv@sfedu.ru

The data on the features of the linear weathering crusts of the western slope of the Southern Urals and the presence of low-temperature hydrothermal-metasomatic clay formations similar to argillizites are presented. Mineralogical-geochemical and structural-geological features of argillizite bodies, their spatial and genetic connections with ore objects are established.

Keywords: argillizite, Southern Urals, clay minerals, weathering crusts, weathering crust formation, bauxite

Введение

Термин аргиллизация появился в 1883 г. и впервые был употреблен Ф. Ю. Левинсоном-Лессингом как «превращение лав и других пород в глины», однако его широкое внедрение в геологическую науку произошло только в 40-е гг. XX века, когда Т. С. Лаверинг [Lovering, 1959] ввел определение argillie alteration для низкотемпературного гидротермального формирования глинистых минералов. Длительное время гидротермальная природа «оглиненных», «каоилизированных»

пород не признавалась геологическим сообществом, хотя это предполагали многие исследователи XIX в.: А. Добре, Дж. Х. Коллинз, Дж. Де-Лоне, Е. Вайншенк, Г. Роеслер, Ф. Г. Батлер, и др. Данную гипотезу подтверждали материалы по изучению залежей метасоматического каолина и каоилизированных пород на месторождениях Богемии, Моравии, Корнуолла, Рудных гор, Трансильвании, Западных штатов США [Михайлов, 1986; Разумова, 1977; Стримжа, 2017; Lovering, 1959].

В настоящее время гидротермальное происхождение некоторых метасоматических

Для цитирования: Кочергин А. В., Грановская Н. В. Аргиллизиты в корях выветривания западного склона Южного Урала // Геологический вестник. 2024. № 3. С. 48–57. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-3-5

For citation: Kochergin A. V., Granovskaya N. V. (2024) Argillizites in the weathering crusts of the western slope of the Southern Urals. *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 3. P. 48–57. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-3-5

глинистых продуктов, известных под термином аргиллизиты, не вызывает сомнения [Андреева и др., 1982; Волостных, 1972; Разумова, 1977; Стримжа, 2017; Sillitoe, 2010]. Однако и до сих пор аргиллизированные породы являются наименее изученными из всех гидротермальных метасоматитов. К аргиллизитам относятся глинистые образования, формирующиеся в близповерхностных условиях под воздействием кислых низкотемпературных гидротерм различного происхождения. Наиболее известны аргиллизиты, связанные с поствулканическими, эпитеермальными золото-серебряными и телетермальными ртутными месторождениями Камчатки, Закарпатья, Донбасса и ряда других регионов. Близповерхностные аргиллизитовые шляпы (до 300 м) часто фиксируют слабо эродированный уровень крупных порфирово-эпитеермальных минералообразующих систем [Sillitoe, 2010]. Гидротермально-метасоматические глинистые образования могут быть сопряжены с зонами разломов, трещин, по которым циркулируют нагретые низкотемпературные гидротермы, в том числе и нагретые вадозные воды [Разумова, 1977].

Помимо классических обстановок корообразования в последние годы выявлено широкое участие горячих растворов в генерации глинистых кор выветривания и сопряженных с ними полезных ископаемых — силикатного никеля, золота [Михайлов, 2004; Риндзюнская и др., 1992]. Весьма вероятно, что к образованиям типа аргиллизитов могут быть приурочены скопления железоокисных пигментов, огнеупорных глин, бурых железняков, бокситов. Это подтверждается многолетними исследованиями, проведенными нами на западном склоне Южного Урала. Одной из главных геологических особенностей данного региона, во многом определяющей его минерагению, является широкое развитие кор выветривания [Савельева, 1997]. Однако продукты кор выветривания являются очень сложными образованиями и не всегда имеют четкие гипергенные признаки. В данной работе приводятся дискуссионные данные о возможном присутствии в линейных корах выветривания гидротермально-метасоматических продуктов, сходных с аргиллизитами.

Материалы и методы

Объектами исследований являлись коры выветривания, развитые в пределах Башкирского поднятия и его обрамления, в том числе рудоносные

и сопровождающие различные минерагенические объекты.

Фактический материал собирался авторами при проведении прогнозно-поисковых, оценочных и разведочных работ на различные виды рудных и нерудных полезных ископаемых в пределах горной части Башкирии, а также при геологическом изучении территории (ГДП-200), составлении прогнозных и геоморфологических карт Туканской площади. Помимо собственной геологической документации, проведено обобщение фондовых и опубликованных материалов по проблеме генезиса глинистых продуктов в гипергенных породах Урала.

В работе использованы результаты химических, полуколичественных спектральных, гранулометрических, термических, рентгеноструктурных, анализов, выполненных в разные годы в различных организациях.

Изучение бокситов Козьминского проявления выполнено в 80-е гг. при проведении поисковых работ на объекте. Минеральный состав бокситов проявления установлен по результатам серии термических и единичного рентгеноструктурного анализа, выполненных в Институте геологии БФАН СССР в 1979–1980 гг.

Минеральный состав красных охр Тирлянского месторождения, «беляков» коры выветривания Зигазино-Комаровского месторождения определен рентгеноструктурными анализами, выполненными на кафедре инженерной геологии МГУ в 1996 г. (аналитик Косоруков И. А.).

Рентгеноструктурный анализ проб, отобранных из глинистых образований Суранского месторождения флюорита и бурых железняков Зигазино-Комаровского района выполнен в 2004 г. в лаборатории ООО «Институт пигментных материалов» (г. Челябинск, аналитик Краснобай Н.Г.).

Результаты и их обсуждение

На западном склоне Южного Урала коры выветривания занимают около 25% его площади и приурочены к широким выровненным пространствам — педиментам и педиplanationам, заключенным между остаточными денудационными хребтами [Грановская, 2005]. В целом для формации коры выветривания данной территории присущ простой каолинит-гидрослюдистый состав глинистой фракции. Вертикальная зональность выражена только в увеличении с глубиной объема дресвяно-щебнистого материала. Минералогическая

зональность не выражена. Интерпретация геологических материалов приводит нас к выводу, что данные образования в целом являются площадными олигоцен-миоценовыми корами выветривания низинного типа. Особенности данного типа кор хорошо описаны в работе Б. М. Михайлова [1986].

Однако среди этих широко распространенных площадных кор выветривания встречаются продукты, обладающие большой глубиной распространения, сложной минералогией, зональностью и, как правило, рудной нагрузкой, не вписывающиеся в указанную общую простую картину. Одними из ярких представителей таких образований являются бокситы Козьминского проявления, красные охры Тирлянского месторождения, галлуазиты, встреченные на Суранском флюоритовом месторождении и в Зигазино-Комаровском бурожелезняковом районе и др.

Козьминское проявление белых бокситов выявлено Г. Б. Яковлевым и изучено В. А. Мамаевым в 1979 году при проведении поисковых работ на бокситы в пределах Зилаирского синклиория. Оно расположено в северо-западной части Зилаирского синклиория, в западном борту Бельской депрессии.

Тела белых бокситов приурочены к зонам тектонического дробления надвигового типа, развитых в зоне контакта аргиллитов узянской свиты нижнего силура с перекрывающими доломитами серменевской свиты верхнего силура. Проявление изучено сетью скважин колонкового бурения. Бокситы локализованы в линзообразных крутопадающих (45–70 °) телах, ориентированных субмеридионально и субсогласно с простиранием отложений силура. При пересечении зоны дробления крутопадающими тектоническими дислокациями наблюдаются раздувы рудных тел. Наиболее значительная из изученных залежей имеет протяженность 180 м, при средней мощности около 3 м.

Макроскопически козьминские бокситы представляют собой однородные породы снежно-белого и кремового цвета, массивной текстуры с характерным раковистым изломом. Термическими и единичным рентгеноструктурным анализами установлено, что бокситы состоят из галлуазита и гиббсита с примесью кварца, иногда аллофана.

В плане бокситовые тела обрамляются опоконидными гидрослюдисто-галлузитовыми кварцосдерживающими глинами, внешне трудноотличимыми от бокситов. Контакт между ними постепенный. На глубинах более 150 м бокситы также сменяются

галлуазит-гидрослюдистыми глинами. Как бокситы, так и обрамляющие их глины сохраняют текстурно-структурные признаки (слоистость) исходных пород — доломитов и доломитистых аргиллитов. Зерна доломита замещены гиббситом и галлуазитом. Первичный доломитовый состав отчетливо диагностируется по чешуйкам гидрослюды, очерчивающих и маркирующих реликтовые границы ромбовидных кристаллов доломита. В периферических частях рудных тел устанавливается широкое развитие вторичного кварца, корродирующего и замещающего зерна карбонатов. Изучение газово-жидких включений в кварце, осуществленное В. А. Мамаевым показало, что их гомогенизация происходит в интервале температур 100–170 °С. К сожалению, высокая дисперсность глинистых минералов не позволяет воспользоваться методами онтогенетической минералогии для установления относительного возраста и последовательности формирования кварца, галлуазита и гиббсита. Но общая геологическая ситуация показывает, что скорее всего формирование кварцевых прожилков происходило близко одновременно с формированием бокситов и даже несколько позже.

В бокситах отмечается накопление урана, повышенные содержания цинка, молибдена и бария, пониженные содержания титана. Уран преимущественно сорбирован гиббситом, но наблюдаются и незначительные самостоятельные шлировые и прожилковидные выделения урановых слюдок. Распределение урана крайне неравномерно. Основная масса бокситов характеризуется радиактивностью менее 30 мкР/час. Промышленного значения урановая минерализация не имеет.

В некотором отдалении от глинистых метасоматитов в поле развития доломитов фиксируются прожилки кварца, как правило, обрамляющиеся агрегатами плотных гидроксидов железа, реже маломощными оторочками гиббсит-галлуазитовых глин. Среди этих прожилков встречаются вкрапленные выделения флюорита и барита. В 400 м восточнее Козьминского проявления вкрапленная минерализация фиолетового флюорита развита более широко. Здесь она приурочена к зоне оперяющих разломов, смыкающихся с дислокациями Козьминского проявления.

Особенности минералогии и строения сближают Козьминские бокситы с аллитами Подмосковья и бокситами Журавлинского месторождения Среднего Урала, что резко отличает их от классических диаспоровых бокситов СУБРа и ЮУБРа. В. А. Мамаев

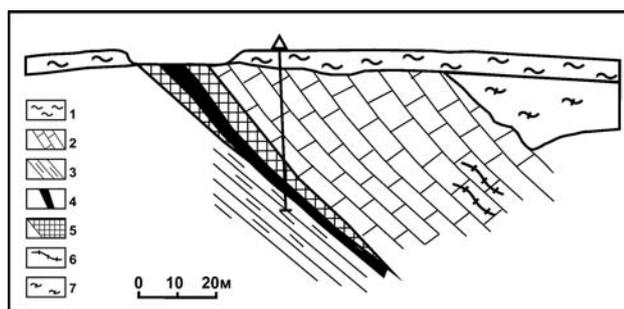


Рис. 1. Схематический разрез Козьминского проявления бокситов по (В. А. Мамаеву, 1982)

Условные обозначения: 1 — аллювиальные отложения, 2 — доломиты Серменевской свиты, 3 — аргиллизиты узьянской свиты, 4 — гиббсит-галлуазитовые бокситы, 5 — гидрослюдисто-галлуазитовые глины, 6 — кварцевые, карбонатные прожилки, 7 — карстовые глинистые отложения.

Fig. 1. Schematic cross-section of the Kozmyinsky bauxite occurrence (according to V. A. Mamaev, 1982)

Legend: 1 — alluvial deposits, 2 — dolomites of the Sermenevskaya suite, 3 — argillites of the Uzyanskaya suite, 4 — gibbsite-halloysite bauxites, 5 — hydromica-halloysite clays, 6 — quartz, carbonate veinlets, 7 — karst clay deposits.

считал, что бокситы Козьминского проявления сформировались в результате деятельности низкотемпературных гидротерм. Об этом, по его мнению, определенно свидетельствуют следующие факты:

- приуроченность к эрозионно-тектонической (Бельской) депрессии;
- необычный, аллофан-гиббсит-галлуазитовый минеральный состав;
- присутствие текстур метасоматического замещения доломитов;
- наблюдаемая обратная корреляция в распределении алюминия и титана, что совершенно не свойственно латеритному процессу;
- аномальные концентрации в бокситах урана, молибдена, цинка, бария.

С позиции гипогенного рудообразования хорошо объясняются и другие особенности Козьминского проявления:

- линейный характер коры выветривания;
- горизонтальная минералогическая зональность;
- пространственная связь с урановой, флюоритовой и баритовой минерализацией;
- крайне низкие содержания железа, отсутствие гематита.

Анализ геологической ситуации позволяет нам связать описанный рудоносный комплекс с реализацией собственных ресурсов Зилаирского породного бассейна в процессе постседиментацион-

ных преобразований его осадочных толщ. Узьянская свита, особенно её нижняя часть (азнагуловская подсвита), содержит седиментогенную фосфоритовую минерализацию и, возможно, промышленные скопления фосфоритов. Эта свита отличается четкой геохимической специализацией на молибден, серебро, ванадий, уран, барий, цинк. Аргиллизиты узьянской свиты содержат более 20% Al_2O_3 . Фтор, молибден и уран могли быть экстрагированы из рассеянного фосфатного вещества в процессе катагенеза и переотложены катагенными растворами на ближайшем щелочном барьере — доломитах серменевской свиты (с образованием флюорита, барита) или в условиях резкого изменения окислительно-восстановительного потенциала (концентрации урана).

Тирлянокое месторождение красных охр приурочено к восточному крылу Тирлянской синклинали Башкирского мегантиклинория. Оно локализовано в корах выветривания, развитых по толще плитчатых аргиллизитов. Стратиграфическая позиция материнских аргиллизитов дискуссионна. В. И. Козлов, проводивший съемку территории масштаба 1:50000, относил данные отложения к верхней подсвите узьянской свиты ландовери-венлока. Однако, при проведении ГДП-200 Тирлянской площади, В. М. Мосейчук отнес данные образования к зилаирской свите верхнего девона. Основанием для такого решения послужила находка конодонтовой верхнедевонской фауны в известняках по руч. Городской Дол, ранее относившихся к серменевской свите лудловского яруса. Авторы считают построения В. М. Мосейчука вполне обоснованным.

Материнская толща имеет субмеридиональное простираие с падением плитчатости на запад под углами 40–55°. Геоморфологически месторождение приурочено к наиболее высокой выровненной денудационной поверхности, примыкающей к долине р. Белой.

Промышленные скопления глинистых охр традиционно описывались как продукты кор выветривания по аргиллизитам [Кочергин, 2000]. Ярко-красные, наиболее качественные глинистые охры, выполняют линейные зоны, субсогласные со слоистостью вмещающих пород, мощностью до 50 м. Охры сохраняют реликтовую плитчатость аргиллизитов субстрата, и характеризуются тонкополосчатыми текстурами. Полосчатость обусловлена чередованием миллиметровых полосок различных оттенков красного цвета. Изредка в красных охрах фиксируются полоски желтого цвета и маломощные линзочки (0.1–0.2 м) крупнозернистых кварцевых

песков в бело-желтом каолиновом материале. Более широко на участке месторождения развиты сиреневые охры, которые отличаются от красных только цветом. При детальном изучении видно, что распределение окраски не вполне контролируется первичной слоистостью пород: разноокрашенные участки часто обрываются и возникают в другом слое.

Охры разведаны на глубину 12 м. Какой-либо вертикальной зональности с глубиной не отмечено. Технологическое картирование по цветности охр показало, что красные разности выполняют в поле развития сиреневых и серовато-сиреневых зоны протяженностью до 200 м, мощностью десятки метров. Протяженность этих зон только в общем плане контролируются простиранием материнских толщ. Колебание цветности внутри зоны также обнаруживает схожие закономерности (рис. 2).

В юго-восточной части месторождения охры в плане обрамляются белыми, желтовато-белыми каолиновыми плотными глинами, которые сохраняют реликтовую плитчатость и текстурные особенности пород субстрата. Белые и серовато-белые разности глин преобладают. Распределение окраски пятнистое, субсогласное с плитчатостью пород.

Истинная мощность залежи охр на Тирлянском месторождении не установлена. Но в 400 м севернее месторождения скважинами, пройденными при выполнении геологосъемочных работ (Козлов, 1969ф), вскрыта кора выветривания по силурийским осадочным породам. Глинистые продукты выветривания красного, желтого и белого цвета содержат реликты коренных пород (главным образом доломитов). Подошва коры выветривания крайне неровная, карманообразная и вскрыта только некоторыми скважинами. Мощность коры превышает 250 м.

Изучение вещественного состава охр и белых глин Тирлянского месторождения выявило их существенные различия. Рентгеноструктурный анализ показал, что белые глины состоят из каолинита, кварца и гидрослюды с незначительной примесью окристаллизованного гетита. В красных и сиреневых охрах помимо перечисленных минералов присутствуют алунит (1–6%), галлуазит (0–15%), гиббсит (около 1–2%), сидерит (следы).

Присутствие гиббсита, алунита и галлуазита устанавливается по данным рентгеноструктурного и термического анализов (рис. 3).

На кривой рентгенофазового анализа гиббсит проявлен характерными эффектами на 4.88 Å,

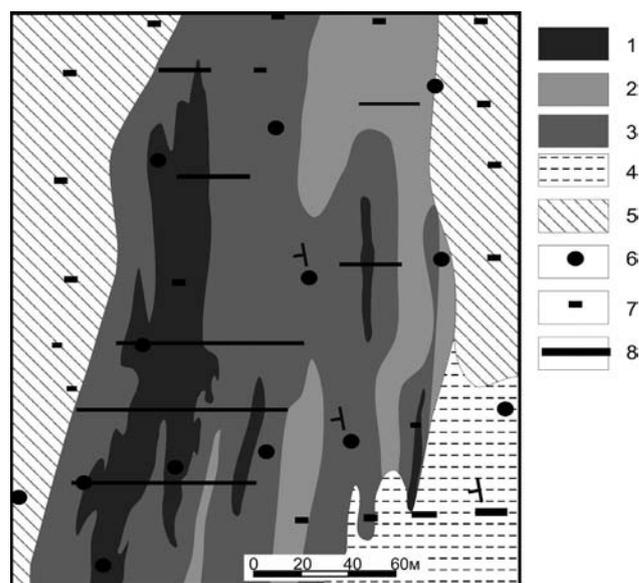


Рис. 2. Схема строения Тирлянского месторождения

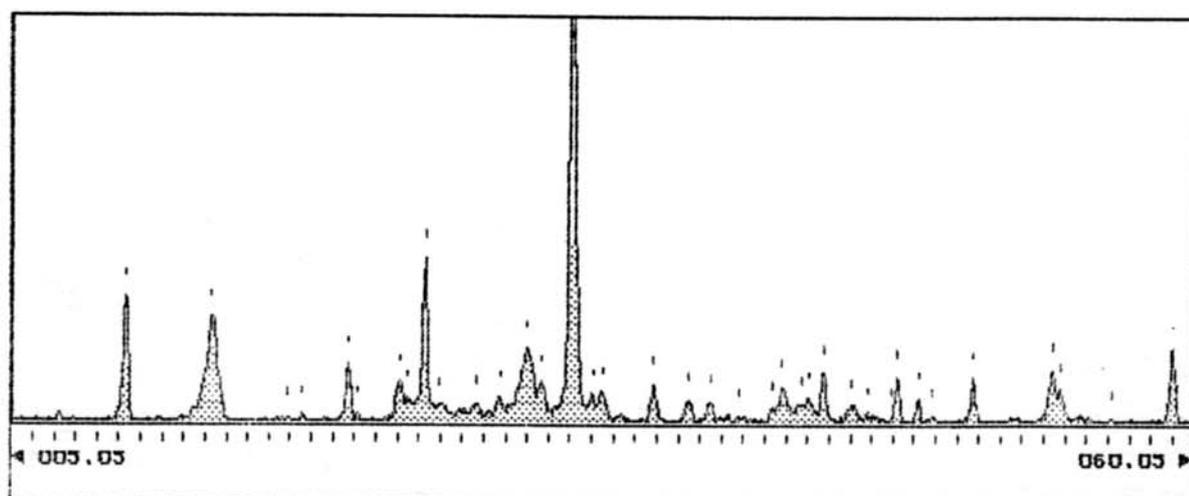
Условные обозначения: 1 — ярко красные охры, 2 — красные охры, 3 — сиреневые охры, 4 — каолиновые глины, 5 — рыхлые склоновые и аллювиальные образования, 6 — скважины, 7 — шурфы, 8 — канавы, 9 — элементы залегания пород субстрата.

Fig. 2. Structure diagram of the Tirylyanskoye deposit

Legend: 1 — bright red ochers, 2 — red ochers, 3 — lilac ochers, 4 — kaolin clays, 5 — loose slope and alluvial formations, 6 — wells, 7 — pits, 8 — ditches, 9 — elements of substrate rock occurrence.

в меньшей степени на 4.39 и 3.34 Å. Алунит — на 2.99 Å. Галлуазит аналитиком при расшифровке кривой рентгенограммы не отмечен, его пики совпадают с таковыми каолинита. Однако на кривой ДТА присутствие галлуазита (при близости кривой нагревания с таковой у каолина) устанавливается по проявленности дугообразного эндотермического пика в диапазоне 90–170 °С (что нехарактерно для каолинита), присутствие гиббсита — по характерному эндотермическому эффекту на 275 °С. Эндотермический пик алунита совпадает с пиком галлуазита и поэтому его диагностика на кривой затруднена.

Гематит находится в тонкодисперсном состоянии, рентгенографически улавливаются только его следы. Размерность кристаллов гематита не превышает 0.05 мкм, поэтому под электронным микроскопом нам не удалось выявить морфологию его выделений. Содержание Fe₂O₃ в охрах колеблется незначительно — от 9.7 до 11.2 вес. %, причем не отличается в ярко красных, сиреневых и тусклых серо-сиреневых разностях. Изменения в окраске охр связаны с агрегатизацией и размерностью кристаллов гематита (см. рис. 3). В ярко красных охрах гематит обладает более высокой



No	2 Theta	hkl	I _{max}	FWHM	D	I/I _{max}	Standards	No	2 Theta	hkl	I _{max}	FWHM	D	I/I _{max}	St.
1	10.30	220	867	0.25	9.970	17.2	g	20	37.50	39	145	0.27	2.785	2.9	cj
2	14.30	393	728	0.54	7.191	14.4	h	21	38.75	8	40	0.21	2.698	0.8	ef
3	17.85	4	35	0.10	5.769	0.7	b	22	40.30	26	93	0.28	2.598	1.8	
4	18.60	10	52	0.20	5.538	1.0	c	23	40.80	95	249	0.38	2.568	4.9	egh
5	20.75	97	399	0.24	4.970	7.9	beg	24	41.70	57	128	0.45	2.515	2.5	fh
6	21.15	6	55	0.10	4.877	1.1	d	25	42.05	53	161	0.33	2.495	3.2	ceh
7	23.10	101	284	0.36	4.470	5.6	cgh	26	42.75	102	348	0.29	2.456	6.9	bcdei
8	23.50	61	164	0.37	4.395	3.3	dh	27	44.05	40	117	0.34	2.387	2.3	cdh
9	24.30	317	1140	0.28	4.253	22.6	i	28	44.85	11	61	0.17	2.346	1.2	chj
10	24.90	57	112	0.51	4.152	2.2	eh	29	45.95	8	47	0.16	2.293	0.9	fh
11	26.65	49	121	0.40	3.883	2.4	ach	30	46.20	73	315	0.23	2.281	6.3	bci
12	27.75	53	164	0.32	3.732	3.3	ah	31	47.20	34	163	0.21	2.236	3.2	i
13	29.00	366	516	0.71	3.575	10.2	hj	32	47.85	8	39	0.21	2.207	0.8	bf
14	29.70	93	276	0.34	3.492	5.5	abcc	33	49.75	79	308	0.26	2.128	6.1	agij
15	31.05	1377	5039	0.27	3.344	100.0	bcdgij	34	53.40	128	360	0.35	1.992	7.1	dgh
16	32.05	50	180	0.33	3.242	3.6	a	35	53.75	78	219	0.36	1.980	4.3	ci
17	32.50	74	195	0.38	3.199	3.9	ad	36	56.15	3	23	0.15	1.902	0.5	b
18	34.85	75	260	0.29	2.989	5.2	ab	37	59.00	135	520	0.26	1.818	10.3	i
19	36.45	40	147	0.27	2.862	2.9	b								

a	Albite	3.0 - 3.0	(3.0 - 3.0) %
b	Alunite	5.5 - 5.5	(5.5 - 5.5) %
c	Andalusite	1.2 - 1.2	(1.2 - 1.2) %
d	Gibbsite	0.3 - 0.3	(0.3 - 0.3) %
e	Geethite	1.7 - 1.7	(1.7 - 1.7) %
f	Hematite	0.0 - 0.0	(0.0 - 0.0) %
g	Illite	17.9 - 17.9	(17.9 - 17.9) %
h	Kaolinite	30.0 - 30.0	(29.9 - 29.9) %
i	Quartz	39.6 - 39.6	(39.5 - 39.5) %
j	Siderite	0.7 - 0.7	(0.7 - 0.7) %

Рис. 3. Дифрактограмма красных охр Тирлянского месторождения и её расшифровка (выполнена на кафедре инженерной геологии МГУ им Ломоносова в 1996 г, аналитик И. А. Косоруков

Fig. 3. Diffractogram of red ochers of the Tirlyanskoje deposit and its interpretation (performed at the Department of Engineering Geology of Lomonosov Moscow State University in 1996, analyst I. A. Kosorukov

дисперсностью и однородностью, это объясняется более высокой скоростью его кристаллизации и более резким градиентом изменения физико-химических условий среды.

В желтовато-белых каолиновых глинах содержание Fe₂O₃ варьирует от 0.4 до 2.1%, составляя в среднем 1.3%. Каолинит, как в охрах, так и в белых глинах представлен слабо окристал-

лизированной разностью, близкой по своим характеристикам к монотермиту. На рентгенограмме обнаруживаются линии, типичные для иллита (см. рис. 2). Как охры, так и глины высоко дисперсны. По данным гранулометрического анализа методом Сабанина более 86% вещества имеет размерность менее 10 мкм.

Химический анализ показывает, что охры, по сравнению с глинами, обогащены оксидом железа, в меньшей мере алюминием, кремнеземом и серой (табл.).

Крайне низкая дисперсия в распределении окислов железа в охрах объясняется его первичным накоплением в процессе седиментогенеза. «Материнские» образования узьянской свиты формируют мощную не слоистую толщу (до 400 м) сложенную перемешанным глинистым и карбонатным веществом с примесью алевритистого полевошпат-кварцевого. Концентрация железа в пределах толщи может быть связана с примесью вулканогенного материала, железистых карбонатов, диагенетической вкрапленностью сульфидов. Распределение пирита вряд ли могло быть столь равномерным и контрастным. По данным Ф. В. Чухрова [1975] типичной формой окисления пирита является не гематит, а хорошо выраженные кубовидные кристаллы гетита, что мы иногда и встречали в линзочках каолинизированных песчаников. Присутствие в некоторых пробах следов сидерита, позволяют предполагать его первичную природу, но широко известно и образование сидерита в корах выветривания в посткоровую стадию. На возможность присутствия в аргиллитах узьянской свиты пеплового материала указывалось В. И. Козловым, проводившим геолого-съёмочные работы в данном районе. Это предположение кажется нам наиболее реальным. Отсутствие в охрах реликтовых вулканокластических текстур и структур можно объяснить высокой дисперсностью вулканокластического материала.

Морфология и характер распределения окраски внутри толщи охр определенно свидетель-

ствует о том, что окисление железа происходило позднее его накопления в результате наложенного процесса. Закономерности в распределении окраски, морфология залежей не находят объяснения с позиции площадного корообразования. Формирование однородных и дисперстных кристаллов гематита может происходить только в условиях быстрой кристаллизации из кислых горячих (более 50 °С) растворов при наличии множественных центров кристаллизации. Зоны развития наиболее красных охр отмечают зоны поступления этих растворов.

Наличие алунита, галлуазита, гиббсита в охрах само по себе не может однозначно свидетельствовать об участии гипогенных вод в рудообразовании, эти минералы могут формироваться и в резко кислой среде при массовом окислении сульфидов в условиях аридного климата. Но полное отсутствие этих минералов в окружающих каолинах, близкая к Козьминскому проявлению стратиграфическая позиция материнских отложений, отсутствие известных скоплений сульфидов в отложениях узьянской свиты делают гипергенный механизм их формирования маловероятным.

Формирование красных охр Тирлянского месторождения, сходных с аргиллизитами, вероятно связано с деятельностью низкотемпературных растворов. Позднее аргиллизиты могли попасть в область площадного корообразования.

Присутствие гиббсит-алунит-галлуазитовой ассоциации свидетельствует о возможности обнаружения бокситов Козьминского типа в зоне контактов терригенных отложений узьянской свиты и доломитов серменевской, т. е. непосредственно северо-западнее Тирлянского месторождения.

Подобные образования обнаружены нами и в поле развития рифейских отложений Башкирского мегантиклинория. Так, на *Суранском месторождении флюорита* в поле развития миньянской толщи суранской свиты были встречены глины, локализованные в крутопадающей линейной зоне в доломитах, которая ориентиро-

Таблица. Химический состав охр и каолиновых глин Тирлянского месторождения
Table. Chemical composition of ochers and kaolin clays of the Tirlyanskoje deposit

	Содержание, вес %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	FeO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O
Охры (28 проб)	55–62	19–32	8.6–1.2	0.6–0.8	0.7–1	0.06–0.3	0.6–1.6	0.1–0.5	0.03	2–3	0–0.2
Глины (12 проб)	56–67	21–26	0.8–2.1	0.5–1.0	0.8–1	< 0.02	0.5–0.8	0.1–0.3	0.01	2–2.9	0.04

вана субпараллельно флюоритовой жиле и рудо-контролирующим тектоническим структурам. Данная зона шириной первые метры прослежена на 250 м по простиранию в меридиональном направлении и более чем на 70 м на глубину. Глины от кремового до ярко белого цвета, весьма пластичные, не содержащие грубодисперстных примесей, не полосчатые, выполняют четковидные прожилки в линейной зоне. Мощность глинистых прожилков на нижних горизонтах Суранского карьера составляла 0.05–0.15 м. Но по сообщению рудничных геологов в отработанных горизонтах Суранского флюоритового месторождения она достигала 1.5–2 м. Предыдущими исследователями эти глины были названы тальком. Талькиты действительно присутствуют на Суранском месторождении, но они приурочены исключительно к контакту вмещающих глинистых пород с телами габбро-диабазов, и визуально легко отличаются от галлуазита.

Рентгеноструктурный анализ их показал, что они состоят из галлуазита, о чем свидетельствует высокоинтенсивный пик около 10.1 \AA , и интенсивные пики на 1.1 и 4.4 \AA .

Описанные глинистые образования резко отличаются от пестроцветных каолинит-гидроалюидных песчаных глин площадной коры выветривания, широко развитых на выровненных денудационных поверхностях в верхней части Суранского месторождения. Глубина распространения площадных кор выветривания не превышает 20 м. Их состав напрямую зависит от состава материнского субстрата. Здесь характерно широкое развитие плотных и охристых гидрооксидов железа.

Таким образом, мономинеральный галлуазитовый состав и прожилковая форма выделений глинистых продуктов являются аномальными для гипергенных кор. Это позволяет их отнести к низкотемпературным гидротермальным аргиллизитам.

На *месторождениях бурых железняков Зигазино-Комаровского рудного района* также обнаружены выделения галлуазита в непосредственной связи с пластообразными телами порошковых железисто-окисных охр. Снежно белые чрезвычайно пластичные глины присутствуют в виде примазок и четковидных, линзовидных выделений небольшой мощности (до 5 см) в зонах контактов рудных тел и вмещающих «беляков» коры выветривания, а также по плоскостям наслаения в самих рудных телах.

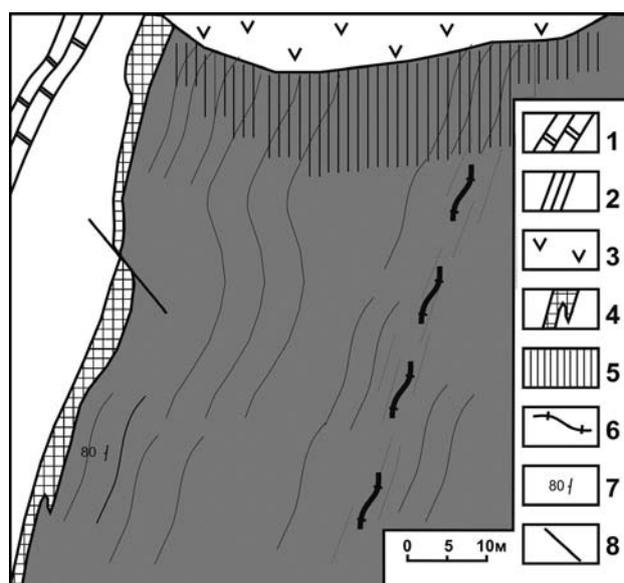


Рис. 4. Схема строения центральной части месторождения Суран-1 (гор. 540 м)

Условные обозначения: 1 — доломиты, 2 — филлитовые сланцы, 3 — диабазы, 4 — флюорит, 5 — талькосодежащие породы, 6 — прожилки галлуазита, 7 — элементы залегания, 8 — тектонические дислокации.

Fig. 4. Scheme of the structure of the central part of the Suran-1 deposit (540 m altitude)

Legend: 1 — dolomites, 2 — phyllitic schists, 3 — diabases, 4 — fluorite, 5 — talc-containing rocks, 6 — halloysite veins, 7 — bedding elements, 8 — tectonic dislocations.

Рентгеноструктурный анализ этих образований показал, что они состоят из галлуазита с примесью каолинита (около 14%) и кварца, в небольших количествах установлен алузит (1–3%). Галлуазит диагностируется по проявлению яркого пика на 10.1 \AA и 4.4 \AA (в отличие от каолина, охарактеризованного сильными пиками на 7.1 \AA и 3.5 \AA). Присутствие алузита устанавливается по характерному эффекту на 2.7 – 2.9 \AA . Возможно, в породе присутствует рентгеноаморфный кремнезем — халцедон, о чем свидетельствует широкое гало на кривой.

Так, в южном борту Западно-Майгашлинского месторождения галлуазитовые глины обнаружены в зальбандах прожилков и гнезд молочно-белого и прозрачного кварца. Выделения кварца ориентированы согласно с полосчатостью вмещающих железисто-окисных охр, выполняющих субпластовое крутопадающее тело мощностью 2.2 метра. В наиболее крупных прожилках с открытыми полостями обнаружены прекрасно оформленные прозрачные, чистые кристаллы горного хрусталя, размером до 4 см. Обращает на себя внимание

хорошая сохранность и выдержанность прожилков, признаки разрушения и растаскивания жилок отсутствуют. Помимо галлуазита в мылкой белой пластичной глине фиксируется примесь алуниита. Примазки таких же глин развиты и по плоскостям плитчатости железо-окисных охр.

Обращает на себя внимание четкая приуроченность выделений галлуазита к рудным телам. Анализы глинистой фракции вмещающих «беляков» площадной коры выветривания показали только присутствие каолинита и гидрослюды-иллита (минерала, обладающего признаками и гидромусковита и иллита).

Выводы

Анализ и обобщение приведенных выше данных показывает, что описанные объекты характеризуются рядом общих черт:

- приуроченностью к линейным структурам с корами выветривания;
- присутствием галлуазита, реже алуниита и гиббсита;
- пространственными связями с рудными минеральными скоплениями;
- отсутствием вертикальной зональности и наличием различно проявленной горизонтальной минералогической зональности.

Эти особенности резко отличают описанные коры выветривания от типичных миоцен-олигоценых белоцветных и пестроцветных площадных кор выветривания Западного склона Урала. Причем отличия заключаются не только в морфологическом типе кор, а вероятно обусловлены их принципиально разным генезисом.

Если принять гипергенный механизм их формирования, то мы должны подразумевать существование до олигоцена специфических обстановок корообразования, при которых происходила активная миграция алюминия, вынос железа при полной стабильности калия, кремнезема и формирование исключительно линейных кор. Однако, среди мезозойско-эоценовых кор выветривания прилегающих территорий мы не находим аналогов таких образований.

Гипогенный механизм более удовлетворительно объясняет особенности строения, зональность, минералогические особенности, пространственную и генетическую связь «аномальных» кор с рудными объектами. Учитывая общую специфику геологической истории региона, можно отнести описанные аргиллизиты к низкотемпературными фациям

гидротермальных систем, связанных с разгрузкой подземных вод в осадочно-породных бассейнах.

Обнаружение аргиллизитов в процессе поисковых работ является прямым признаком развития гидротермальных систем. С ними пространственно и генетически могут быть сопряжены месторождения урана, плавикового шпата, барита и полиметаллов, благородных металлов. Непосредственно в аргиллизитах могут быть обнаружены месторождения высокосортных огнеупоров (галлузит-гиббситового состава), золота, оксидного марганца. В условиях западного склона Урала, где глинистые коры выветривания покрывают большую площадь эрозионно-структурных депрессий, использование этого признака актуально.

Список литературы

- Андреева О. В., Головин В. А., Омеляненко Б. И. О минералогических критериях различия кор выветривания и гидротермальных аргиллизитов // Литология и полезные ископаемые. 1982. № 3. С. 31–39.
- Грановская Н. В. Геоморфологический фактор прогноза золотоносных кор выветривания на западном склоне Башкирского Урала // Руды и металлы. 2005. № 6. С. 45–54.
- Волостных Г. Т. Аргиллизация и оруденение. М.: Недра, 1972. 239 с.
- Кочергин А. В., Грановская Н. В., Шефер В. А., Чернов А. Л. Природные пигменты и наполнители Башкортостана — состояние МСБ и перспективы освоения // Отечественная геология. 2000. № 3. С. 3–7.
- Михайлов Б. М. Рудоносные коры выветривания. Л.: Недра, 1986. 236 с.
- Михайлов Б. М. Гипергенная металлогения Урала // Литология и полезные ископаемые. 2004. № 2. С. 136–160.
- Разумова В. Н. Древние коры выветривания и гидротермальный процесс // М.: Наука, 1977. 156 с.
- Риндзюнская Н. М., Полякова Т. П., Берзон Р. О. Месторождения золота в корях выветривания // Руды и металлы. 1992. Стартовый номер. С. 62–69.
- Савельева К. П. Рудоносные коры выветривания Урала // Геология и минерагения подвижных поясов. Екатеринбург: МАМР, Уральское отделение, 1997. С. 172–179.
- Стримжа Т. М. Метасоматоз-кислород-аргиллизиты (на примере Горевского свинцово-цинкового месторождения, Енисейский Кряж). Красноярск: СФУ, 2017. 158 с.
- Чухров Ф. В. Гипергенные окислы железа. М.: Наука, 1975. 207 с.
- Lovering T. S., Shepard A. O. Hydrothermal Argillic Alteration on the Helen Claim, East Tintic District, Utah // Clays and Clay Minerals. 1959. 8 (1). P. 193–202. DOI: 10.1346/CCMN.1959.0080118
- Sillitoe R. N. Porphyry copper systems // Econ. Geol. 2010. Vol. 105. № 1. P. 3–41. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.105.1.3>

References

- Andreeva O. V., Golovin V. A., Omel'yanenko B. I. (1982) O mineralogicheskikh kriteriyakh razlichiya kor vyvetrivaniya i gidrotermal'nykh argillizitov [On mineralogical criteria for distinguishing weathering crusts and hydrothermal argillites]. *Litologiya i poleznye iskopaemye*. 3, 31–39. (In Russian).
- Granovskaya N. V. (2005) Geomorfologicheskii faktor prognoza zolotonosnykh kor vyvetrivaniya na zapadnom sklone Bashkirskogo Urala [Geomorphological factor of forecasting gold-bearing weathering crusts on the western slope of the Bashkir Urals]. *Rudy i metally*. 6, 45–54. (In Russian).
- Volostnykh G. T. (1972) *Argillizatsiya i orudnenie* [Argillization and mineralization]. M.: Nedra. 239 p. (In Russian).
- Kochergin A. V., Granovskaya N. V., Shefer V. A., Chernov A. L. (2000) Prirodnye pigmenty i napolniteli Bashkortostana — sostoyanie MSB i perspektivy osvoeniya [Natural pigments and fillers of Bashkortostan — the state of the SME and development prospects]. *Otechestvennaya geologiya*. 3, 3–7. (In Russian).
- Mikhailov B. M. (1986) *Rudonosnye kory vyvetrivaniya* [Ore-bearing weathering crusts]. L.: Nedra. 236 p. (In Russian).
- Mikhailov B. M. (2004) Gipergennaya metallogeniya Urala [Hypergene metallogeny of the Urals]. *Litologiya i poleznye iskopaemye*. 2, 136–160. (In Russian).
- Razumova V. N. (1977) Drevnie kory vyvetrivaniya i gidrotermal'nyi protsess [Ancient weathering crusts and hydrothermal process]. *Trudy GIN AN SSSR*. V. 303. M.: Nauka. 156 p. (In Russian).
- Rindzyunskaya N. M., Polyakova T. P., Berzon R. O. (1992) Mestorozhdeniya zolota v korakh vyvetrivaniya [Gold deposits in weathering crusts]. *Rudy i metally*. Startovyi nomer. 62–69. (In Russian).
- Savel'eva K. P. (1997) Rudonosnye kory vyvetrivaniya Urala [Ore-bearing weathering crusts of the Urals]. *Geologiya i mineragiya podvizhnykh poyasov*. Ekaterinburg: MAMR, Ural'skoe otделение. P. 172–179. (In Russian).
- Strimzha T. M. (2017) Metasomatoz-kislorod-argillizity (na primere Gorevskogo svintsovo-tsinkovogo mestorozhdeniya, Eniseiskii Kryazh) [Metasomatism-oxygen-argillizites (on the example of the Gorevskoye lead-zinc deposit, Yenisei Ridge)]. Krasnoyarsk: SFU. 158 p. (In Russian).
- Chukhrov F. V. (1975) *Gipergennyye okisly zheleza* [Hypergene iron oxides]. M.: Nauka. 207 p. (In Russian).
- Lovering T. S., Shepard A. O. (1959) Hydrothermal Argillic Alteration on the Helen Claim, East Tintic District, Utah1. *Clays and Clay Minerals*. 8 (1), 193–202. DOI: 10.1346/CCMN.1959.0080118
- Sillitoe R. N. (2010) Porphyry copper systems. *Econ. Geol.* 105 (1), 3–41. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.105.1.3>

Сведения об авторах:

Кочергин Александр Владимирович, ООО «Уральское горно-геологическое агентство», г. Уфа, avtggkav@yandex.ru

Грановская Наталья Васильевна, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 344006, ул. Большая Садовая, 105/42, grannv@sfedu.ru

About the authors:

Kochergin Alexander Vladimirovich, Ural Mining and Geological Agency LLC, Ufa, avtggkav@yandex.ru

Granovskaya Natalia Vasilievna, Southern Federal University, Rostov-on-Don, 344006, Bolshaya Sadovaya St., 105/42, grannv@sfedu.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.08.2024; одобрена после рецензирования 27.08.2024; принята к публикации 01.10.2024

The article was submitted 23.08.2024; approved after reviewing 27.08.2024; accepted for publication 01.10.2024