DOI:10.47765/0869-7175-2024-10025

УДК 550.84
© М. С. Михайлов, 2024

Новый подход к оценке геохимических гипергенных аномалий золота на примере массива Солдат (Мурунский массив Алданского щита)

Аннотация. Литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния на практике рассматриваются как попытка выявить место выхода рудных тел на поверхность или значительно сократить зону их поиска. Даже при соблюдении всех общепринятых методических принципов исследователи нечасто проявляют интерес к выявленным аномалиям, по которым считается подавляющая часть прогнозных ресурсов. Проблема кроется в том, что подсчитанные ресурсы, как правило, не подтверждаются и многие аномалии признаются ложными или связанными с повышенными кларками элементов в горных породах. На этапе, предшествующем проведению буровых и горнопроходческих работ, главной задачей является определение перспективности той или иной аномалии. На примере массива Солдат был разработан методический приём, позволяющий обосновать перспективность выявленных аномалий. Его суть состоит в уточнении контактового взаимодействия пород массива и вмещающих пород посредством анализа перекрывающих их гипергенных аналогов. При помощи факторного анализа, на основании разделения основных породообразующих элементов уточняется пространственное положение основных типов пород, слагающих геологическое строение участка. В зоне наложения факторов породообразующих элементов устанавливаются аномалии Au, As, Cu, W, Co, Ni и других элементов. Локализация данных аномалий в контуре наложения породообразующих факторов принимается как потенциальное отражение особенностей контактного взаимодействия пород различного типа и состава. Главная цель статьи – привлечение внимания исследователей к аналогичным ситуациям, дабы не пропускать слабые аномалии. Так, применительно к выборке проб из зоны наложения факторов породообразующих элементов, устанавливаются положительные значимые связи рудных элементов, в то время как в других выборках за пределами зоны корреляции не наблюдаются. Это свидетельствует о сложившейся уникальной геохимической обстановке, которую необходимо принимать во внимание и прогнозировать потенциальное оруденение. Все последующие построения связаны с геометризацией детального участка в соответствии с выделенной зоной, где были установлены основные ассоциации химических элементов и исследовано зональное строение вторичного геохимического поля массива.

Ключевые слова: литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния, зона наложения породообразующих факторов, статистическая обработка, корреляция.

МИХАЙЛОВ МИХАИЛ СЕРГЕЕВИЧ, аспирант, ms.mikhailov@inbox.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН), г. Иркутск

A new approach to assessment of supergene geochemical gold anomalies, exemplified by the Soldat massif (Murun massif of the Aldan shield)

M. S. MIKHAILOV

Federal State Budgetary Institution of Science Institute of the Earth's Crust of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IZK SB RAS), Irkutsk

Annotation. Lithochemical prospecting by secondary scattering halos is considered in practice as attempts to locate ore body outcrops or to significantly reduce the search area. Even when all commonly accepted methodological principles are followed, the researchers rarely show interest in the identified anomalies, for which the vast majority of forecast resources are calculated. The problem lies in the fact that the calculated resources are usually not confirmed, and many anomalies are recognized as false or related to elevated Clarkes of the elements in the rocks. At the phase preceding the exploration drilling and mining workings, the main task is to determine the prospectivity of a certain anomaly. A methodological approach allowing one to justify the prospectivity of iden-

tified anomalies was developed using the Soldat massif as an example. Its essence consists in clarifying the contact interaction between the rocks of the massif and the host rocks by analyzing their covering hypergene analogues. Using factor analysis, based on the division of the main rock-forming elements, the spatial position is determined of the main rock types that make up the geological structure of the area. Within a zone of overlapping factors of the rock-forming elements, anomalies of Au, As, Cu, W, Co, Ni, and other elements are established. The localization of these anomalies within the contour of superposition of the rock-forming factors is considered a potential reflection of specific features of the contact interaction between rocks of different types and compositions. The main goal of the article is to attract the attention of researchers to similar situations so as not to miss weak anomalies. For example, positive significant correlations of ore elements are established in samples taken from the zone of overlapping rock-forming factors, while no correlations are observed in samples taken outside this zone. This indicates a unique geochemical environment that needs to be considered and used to predict potential mineralization. All subsequent constructions are related to geometrizing a detailed area in accordance with the identified zone where the main associations of chemical elements were established and the zonal structure of the secondary geochemical field of the massif was studied.

Key words: lithochemical prospecting by secondary scattering halos, zone of overlapping rock-forming factors, statistical processing, correlation.

Введение. Золоторудные месторождения центрально-алданской провинции парагенетически тесно связаны с щелочными и субщелочными породами позднего мезозоя, выполняющими интрузии сиенитов и граносиенитов. По морфологическим особенностям структуры золоторудной центрально-алданской провинции сопоставимы с аналогичными структурами западно-алданской провинции [2]. К таким структурам относятся прежде всего купольные поднятия и узлы пересечения и сочленения крупных разрывных нарушений, определяющих территории наиболее интенсивных магматических воздействий. Исходя из этих общих тектонических соображений, западно-алданская провинция представляется перспективной на обнаружение крупных золоторудных месторождений. Мурунский массив тесно сопряжён с Атбастах-Торгойской серией разломов северо-восточного направления. Рядом исследователей на площади Маломурунского массива проводились геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000 [3]. В результате были выявлены контрастные аномалии, характеризующиеся широким спектром образующих их элементов. Наибольшей проявленностью аномалий отличались потоки Au, Pb, Ag, Cu, V и Tl. Аномалии соответствовали ареалам изменённых сиенитов, в пределах которых были обнаружены минерализованные зоны с золото-порфировым оруденением, которое, по мнению многих авторов, соответствует типу Рябиновской золотоносной провинции центрального Алдана. При проведении поисков масштаба 1 : 50 000 в пределах этих аномалий, были выявлены 4 группы аномалий: 1) Au, Ag, W, Tl; 2) Cu, Ag, Bi, Sn; 3) Cr, Ni, Co; 4) Mo. В апикальной части массива отмечена рудная минерализация, представленная галенитом, сфалеритом и халькопиритом. Типичные рудные образования – сиениты, пронизанные жилами и прожилками кварца, флюорита, барита, карбонатных минералов, флюорита и сульфидов. В целом результаты этих работ подтвердили связь золоторудной минерализации с щелочными породами, открыв широкий простор на выявление нового типа золотого оруденения в Западно-Алданской провинции [3].

Ареал распространения щелочного магматизма продолжается в южном направлении в виде мелких массивов щёлочно-сиенитовой формации. Один из них – массив Солдат. Тела аналогично приурочены к Абастах-Торгойской тектонической зоне в месте пересечения её субмеридиональной зоной тектонических нарушений Жуинского разлома. Возраст образований массива существенно не отличается от ближайшего массива Мурун и определяется как позднемеловой. В этом отношении оба массива являются составляющими единой связанной системы и определяют общий структурный облик района. Все проведённые геохимические работы в пределах массива Солдат в XX в. имели недочёты, связанные с недостаточно высоким уровнем лабораторной базы того времени. Чувствительность спектрозолото-метрического анализа составляла всего 0,01 г/т. Таким образом, площадь массива подлежала переопробованию. Вместе с тем ставится новая задача по прогнозу

нового рудоносного участка. Осложняет задачу отсутствие геохимического эталона. В первом приближении таким эталоном может послужить площадь Маломурунского массива.

Краткая геологическая характеристика участка. Основная часть массива располагается среди карбонатных пород баракунской, сеньской и торгиноской и джемкуканской свит (рис. 1). Выделяются два вида контактового метаморфизма: мраморизация и фенитизация. Наиболее интенсивно мраморизованы известняки торгинской свиты в юго-восточном экзоконтакте. Помимо мраморизованных пород выявлены тремолитовые и гранатовые скарны. Фенитизация проявляется только северо-западном контакте массива. Строение интрузива сложное и для окончательного понимания его внутренней структуры требуется детальное изучение. Породы различного состава располагаются в нём обособленными зонами, иногда в виде фрагментов концентрических зон. В пределах массива выделены три фазы: первая – щелочные и щёлочноземельные сиениты; вторая – микросиениты; третья – щелочные гранит-порфиры. Около 90 % площади массива представлены первой фазой. Предыдущими работами установлено, что концентрически-зональное строение обусловлено в основном последовательными внедрениями различных фаз. Породы первой фазы занимают положение в центральной части массива и представляют наибольший интерес в связи с отсутствием чётких контактных границ.

В центральной части к массиву примыкают вулканогенно-осадочные образования джелиндинской толщи, представленной туфами трахиандезитов и туфоалевролитами. Контакты остаются неясными.

В пределах массива практически отсутствуют коренные выходы горных пород. Склоны задернованы, и обломочный материал на поверхности склонов отсутствует. Это обстоятельство весьма затрудняет выяснение естественных взаимоотношений различных пород, слагающих массив.

Методика исследования. Во время полевого сезона 2020 г. силами ООО «СГС» при непосредственном участии автора в пределах массива были проведены литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния в рамках разработки рационального комплекса рекогносцировочных и поисковых работ на коренное золото, а также оруденения Алданских типов. Пробы отбирались в соответствии с предварительно разбитой сетью размером 200 × 200 м. В процессе камеральной обработки данных применялись методы статистического анализа. Было установлено, что статистические распределения содержаний всех элементов,

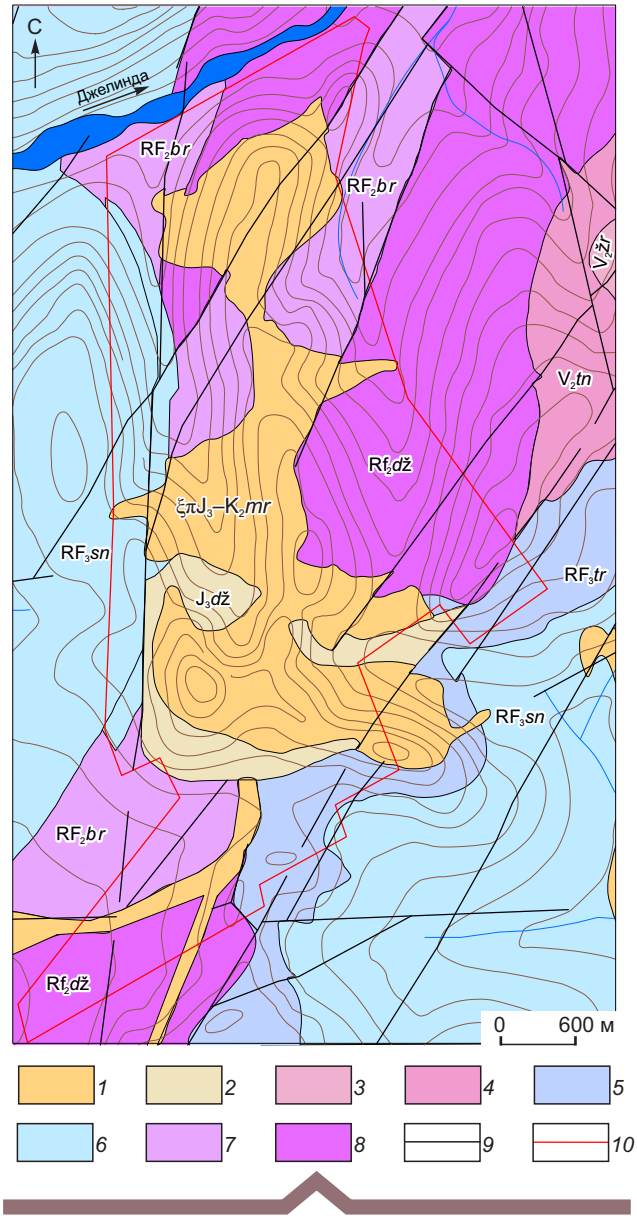


Рис. 1. Геологическое строение участка работ (на основе полевой карты):

1 – щелочные сиениты, $\xi\pi J_3–K_2mr$; *2* – джилиндинская толща (туфы трахиандезитов), J_3dz; *3* – жербинская свита (кварцевые песчаники), V_2zr; *4* – тиновская свита (известняки, алевролиты), V_2tn; *5* – торгинская свита (доломиты, известняки), RF_3tr; *6* – сеньская свита (доломиты), RF_3sn; *7* – баракунская свита (сланцы углистые, сланцево-карбонатные), RF_2br; *8* – Джемкуканская свита (конгломераты, песчаники), RF_2dz; *9* – разрывные нарушения; *10* – контур литохимического опробования

кроме Ni, Co, V, W, Ti, K, Na, Al и Fe, больше соответствуют логарифмически нормальному закону. Минимально-аномальные содержания рассчитывались по общепринятым формулам с учётом стандартного отклонения и стандартного множителя. Уровень местного фона определялся по расчёту медианного значения каждой выборки элемента, независимо от закона распределения элементов с отсечением аномально высоких (ураганных) значений.

По результатам спектрального анализа ICP-MS+ICP-OES на 35 элементов в программе ArcMap автором были построены литохимические аномалии Au, Ag, As, Be, Cu, Co, Ni, Pb, Zn, Mo, W и др. Результаты факторного анализа указывали на неточности имеющейся геологической карты. Низкие содержания рудных элементов вызывали сомнения в рудном происхождении аномалий. Были установлены единичные аномальные содержания (в г/т), не превышающие: для золота 0,01–0,19, серебра – 1–6, мышьяка – 30–50. Близкими к надкларковым были содержания (в г/т): меди 50–100, кобальта – до 36, молибдена – до 85, никеля – до 55, вольфрама – до 20, свинца – до 500 и цинка – до 600. В результате все аномалии были признаны бесперспективными. Такой подход в оценивании аномалий нельзя признать неоспоримым. Широко известно, что даже слабые и низкоконтрастные гипергенные аномалии могут представлять рудопроявления и целые месторождения.

Настоящая работа посвящена результатам переосмысления с дополнением экспериментальной проверки имеющихся геохимических данных. В условиях практически однородного закрытого и полузакрытого ландшафта произведён расчёт статистических параметров с учётом определения типов пород, составляющих геологическое строение исследуемой территории. Данный подход позволяет: 1) уточнить пространственное положение основных типов подстилающих пород: осадочных, вулканогенно-осадочных и сиенит-порфиров; 2) выявить зоны наложения факторов элементов породообразующих и акцессорных минералов; 3) доказать приуроченность построенных аномалий к зонам наложений факторов элементов породообразующих и акцессорных минералов, далее проследить корреляции рудных элементов по зоне, а затем над каждым типом подстилающих пород в отдельности; 4) построить прогнозно-геохимическую карту на основании выявленных закономерностей. Конечным итогом исследования явились оценка перспектив массива Солдат и предположения геолого-генетического типа рудной минерализации на основании ряда признаков.

В первую очередь все геохимические данные были разделены на однородные совокупности – геохимические системы, в основе которых лежат представления о природных телах. Этими системами служат доломиты и контактирующие с ними сиениты. Роль горных пород отчётливо выделяется при рассмотрении литосерии ландшафтов, формирующихся в условиях однородного рельефа на различных горных породах [4]. В программе Statistica методом главных компонентов факторного анализа были проанализированы главные литофильные элементы – Al, Mg, Ca, Na и Ti. Железо было исключено ввиду широкого распространения как в силикатных породах, так и осадочных образованиях. Были выделены три основных фактора, которые разделились согласно геологическому строению участка (табл. 1).

Действие фактора, который составляют нагрузки K (0,92) и Na (0,81), в меньшей степени Al (0,32), занимает пространственное положение в центре исследуемой территории и отображает пространственное положение сиенитовой интрузии. Действие фактора 2 составляют нагрузки Ca (0,91) и Mg (0,9) и отображает доломиты, пространственно занимающие западную область. Действие фактора 3 определяют нагрузки Al (0,81) и Ti (0,87), в меньшей степени Na (0,38), и K (0,2), скорее всего, означает другую фациальную разновидность сиенитовой интрузии (рис. 2). Распределение факторов не противоречит данным маршрутных исследований, в ходе которых были

Табл. 1. Нагрузки факторов элементов породообразующих и акцессорных минералов

Элемент	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Al	0,32	0,06	0,81
K	0,92	-0,02	0,20
Ca	0,17	0,91	-0,12
Mg	-0,15	0,90	0,20
Na	0,81	0,05	0,38
Ti	0,21	0,01	0,87
Общ. дис.	1,69	1,65	1,66
Доля общ	0,28	0,27	0,28

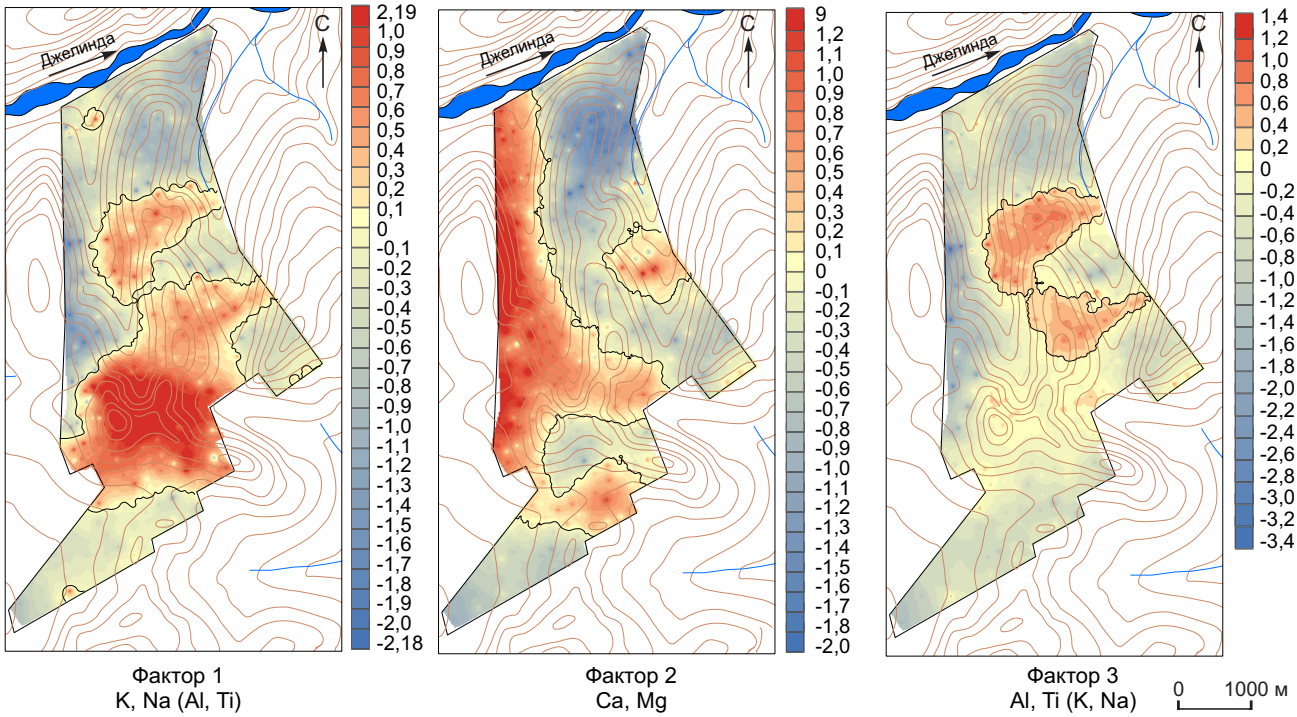


Рис. 2. Карты значений факторов

установлены две разности интрузивных образований: светлых и темноцветных роговообманковых сиенитов.

Зона наложения факторов породообразующих элементов (далее – зона наложения) – это область пространства в рыхлых склоновых отложениях, где сосуществуют условия для одновременного действия двух или нескольких факторов, влияющих на распределение химических элементов. При визуализации факторных значений под наложением понимается область перекрытия действий двух различных факторов. Предполагается, что условия одновременного действия породообразующих факторов напрямую наследуются от коренных источников химических элементов. По исследованиям Ю. А. Саета, ассоциации первичных ореолов показали, что в процессе выветривания материнских пород, составляющих склоновый покров в рыхлых отложениях, дифференциации химических элементов практически не происходит. В продуктах гипергенного разрушения одновременно проявляются две полярные тенденции: 1) сохранение связи состава с первичным источником; 2) разрушение связи состава под действием гипергенных процессов [5]. Тогда факторы максимально правдоподобно отображают различные составы пород, а зона наложения может указывать на реакции замещения или обмена, то есть зону потенциального рудогенного метасоматоза. Следовательно, аномальное содержание элементов в этой зоне и их корреляции должны отражать правдоподобное распределение в первичном коренном источнике. Все аномалии, вмещённые в границы зоны наложения породообразующих факторов, в этом случае проходят проверку на истинность.

Для выделения зон наложения отброшены все отрицательные значения и оставлены только значения выше нуля. Корреляционная связь рудных элементов была прослежена как внутри зон, так и за их пределами на различных по составу подстилающих породах в отдельности. В ходе дальнейшего определения внутренней структуры аномального вторичного геохимического поля в пределах детализированного участка использовался R-метод факторного анализа, в котором были задействованы основные рудные элементы. Этот метод позволил построить комплексные аномалии и выявить структуру аномального геохимического поля.

Табл. 2. Типы зон наложения породообразующих факторов

Фактор	Интерпретация фактора	Зона наложения 1	Зона наложения 2
		Элементный состав	
K, Na (Al, Ti)	Сиениты щелочные	1. Au, Mo, W 2. As, Ni, Co, (Cu) 3. Частично Pb, Zn, Cu	–
Ca, Mg	Доломиты, известняки, туфы		Ag, (As, Au) As, Ni, Co, (Cu)
Al, Ti (K, Na)	Сиениты меланократовые	–	

Обсуждение результатов. На участке отчётливо выделяются две зоны наложения (табл. 2). Зона наложения 1 занимает положение в центре участка. Зона наложения 2 граничит с первой и вытягивается к северу от неё. Визуализация зон наложения приведена на рис. 3 совместно с вмещающимися в них аномалиями рудных элементов. Построенные аномалии рудных элементов в своём большинстве полностью вмещаются в пределы выделенных зон.

Зона наложения 1 занимает разделённое на две части положение в центре участка и характеризуется положительными значимыми корреляциями Au с W (0,73), Co (0,44), Ni (0,44), As (0,4), слабыми с Cu (0,23) и Mo (0,16), а отрицательные слабые связи золото имеет с цинком (-0,25) (табл. 3). Сера значимо коррелируется с золотом (0,42). Калий и кальций в этой зоне ведут себя не как элементы-антагонисты, а напротив, связаны между собой (0,28). В зону практически полностью вмещается аномалия натрия, которая в основном пространственно соответствует аномалии Au и W. За пределами зоны, со стороны остальной части подстилающей интрузии сиенитов содержания рудных элементов находятся на уровне фоновых, кроме Pb, Zn и Mo, и связи между Au и остальными рудными элементами отсутствуют (см. табл. 3). Со стороны подстилающих доломитов фоновые значения золота также не имеют связей, за исключением незначимых отрицательных с Fe (-0,31), Mo (-0,3), Ni (-0,13), Pb (-0,22) и Zn (-0,33). Что касается Pb и Zn, то эти элементы образуют здесь аномалии на продолжении аномалии золота и обладают сильной корреляционной связью (0,82). Вышеизложенные факты говорят о том, что зона наложения 1 означает зону пространственного положения щелочных и щёлочноземельных сиенитпорфиров, что не исключает также зону метасоматоза, которая наследуется во вторичных аномалиях. Избирательный характер корреляционных связей по трём выборкам – по зоне наложения 1, по подстилающим доломитам и остальной части интрузии – может быть признаком следующей зональности в примитивной форме: 1) интрузия неизменённая – 2) изменённая порода – 3) доломит. Для золота происходит последовательное проявление связи между рудными элементами от 1 к 3 по принципу: корреляции отсутствуют – положительные значимые корреляции Au с As, Co, Ni, W, (Cu) – отрицательные корреляции.

При визуальной оценке очертания аномалии делятся на два типа: 1 – аномалии Pb, Zn, Cu, Mo, вытягивающиеся в субмеридиональном и 2 –

Табл. 3. Нагрузки факторов элементов-индикаторов

Элементы	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Au	0,36	0,74	-0,01	0,25
Ag	0,02	-0,02	0,18	0,86
As	0,68	0,04	-0,43	0,26
Co	0,83	-0,02	0,36	-0,08
Cu	0,45	0,30	0,51	-0,38
Mo	-0,16	0,62	0,41	-0,44
Ni	0,91	0,02	0,11	0,01
Pb	-0,05	0,19	0,88	0,12
W	-0,10	0,88	0,06	-0,13
Zn	0,27	-0,04	0,85	0,10
Общ. дис.	2,43	1,83	2,28	1,27
Доля общ.	0,24	0,18	0,23	0,13

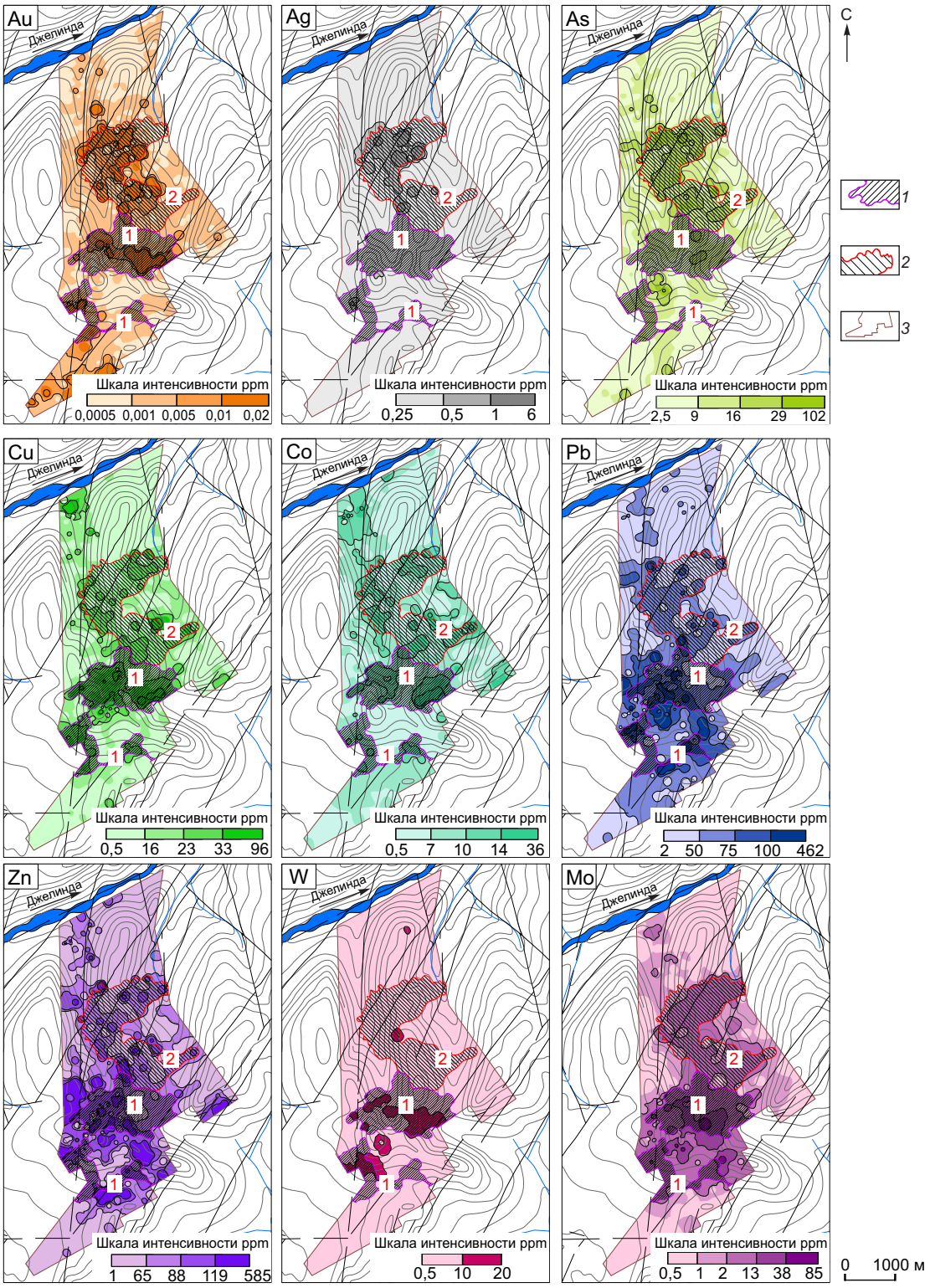


Рис. 3. Карты литохимических гипергенных аномалий рудных элементов и их пространственное отношение с зонами наложения породообразующих факторов:

зона наложения факторов: *1* – 1 и 2, *2* – 1 и 3; *3* – площадь участка исследований; цифры в квадратиках – номера зон наложения

аномалии Au и W – в северо-восточном направлении. Первый тип аномалий занимает секущее положение по отношению ко второму, совпадая с направлением разломов северного и северо-западного простирания.

В пределах зоны наложения встречаются старые горные выработки ручной проходки (рис. 4). В 80–100 м южнее от аномалий золота, вольфрама и др., частично попав в аномалию свинца, канавами вскрыты сиенит-порфиры. В старых выработках отмечались зоны кварцевого прожилкования с сульфидной вкрапленностью. Штуфным опробованием канавы были опробованы по всей протяжённости (всего 100 м). Содержание золота

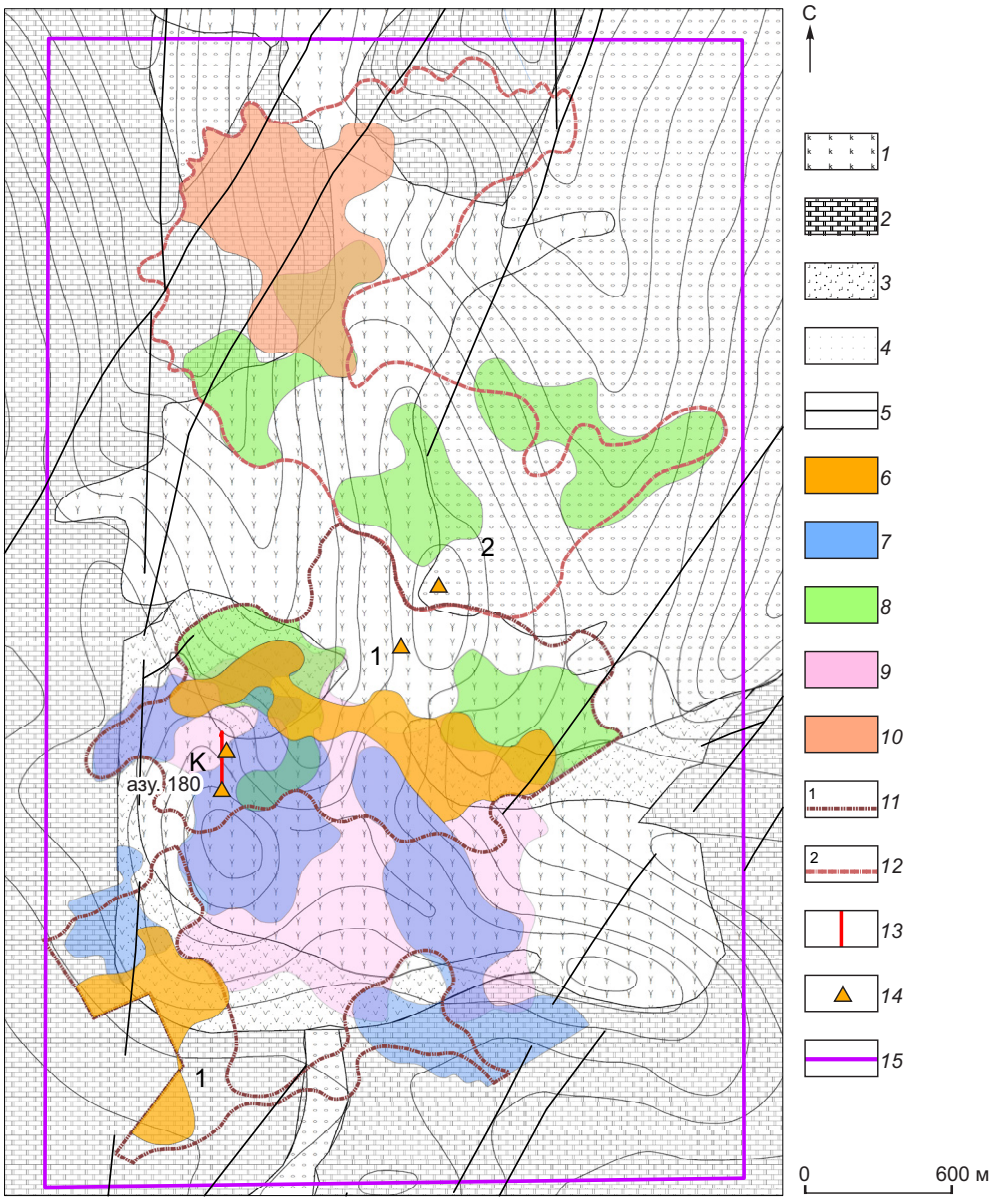


Рис. 4. Прогнозно-геохимическая карта в пределах намеченного детального участка:

1 – щелочные сиенит-порфиры; *2* – карбонатные породы; *3* – туфы трахиандезитов; *4* – конгломераты и песчаники; *5* – разрывные нарушения; *6–10* – комплексные литохимические аномалии: *6* – Au, W, Mo, *7* – Pb, Zn, Cu, *8* – As, Co, Ni, *9* – Ba, Sr и *10* – Ag (Au, As); зона наложения: *11* – 1 и *12* – 2; *13* – канава, заложенная предшественниками; *14* – штуфные пробы с содержанием 0,01–0,03 г/т; *15* – намеченный участок детализированных работ

в двух штуфах составило 0,01–0,03 г/т, свинца – 700–1000 г/т. При соблюдении той же в целом правильной ориентировки немного севернее канава могла вскрыть основную аномалию золота.

В ходе маршрутных исследований в пределах зоны наложения 1 были отмечены признаки слабого калиевого метасоматоза, гидротермальных процессов флюоритизации и окварцевания, наличия вкрапленности пирита и молибденита в обломках пород на вершинах водоразделов. Содержание золота в двух штуфных пробах дважды составило 0,02 г/т.

Зона наложения 2 этих факторов характеризуется пониженными в сравнении с зоной наложения 1 содержаниями K и Na. Наоборот, зона отличается более высоким содержанием титана и алюминия в рыхлых отложениях. Содержание Au несколько выше и варьируется от 0,02–0,03 г/т, достигая в единичной пробе 0,19 г/т. Для зоны характерны аномалии мышьяка и серебра, пространственно соответствующие ореолам золота, что заметно отличает её от зоны наложения 1. Золото имеет значимые корреляции с Ag (0,76), As (0,74), фоновыми значениями Fe (0,43). Аномалия титана пространственно сходится в этой зоне с аномалиями Au, Ag и As, однако имеет практически нулевые корреляции с этими элементами. Всё говорит о том, что в зоне наложения 2 происходит смена общего состава интрузии.

Геохимическую структуру аномального вторичного поля массива Солдат иллюстрирует рис. 4. Различие между зонами наложения подчёркивается вещественным составом продуктов их разрушения. Поскольку зона 1 определяется действием как внутреннего (сиениты), так и внешнего (туфы, доломиты) фактора, а зона 2 является результатом только внутреннего действия, общим для обеих зон считается фактор 1 (K-Na). Следовательно, для определения главных геохимических ассоциаций использовалось главное аномальное пространство в границах внешнего ореола K-Na. Устанавливаются четыре основных фактора рудных элементов: 1) As, Co, Ni, (Cu, Au); 2) Au, Mo, W, (Cu); 3) Pb, Zn, Cu; 4) Ag, (Au, As) (см. табл. 3).

Выделяются две золоторудные ассоциации: 1) Au, Mo, W; 2) Ag (Ag, As). Это свидетельствует о зональности минерализации в пределах зон наложения 1 и 2.

Ассоциация As, Co, Ni пространственно тяготеет к границам зон наложения и подчёркивает периферию. Ассоциация Pb, Zn, Cu тяготеет к южному и западному обрамлению зоны наложения 1, пересекая её границы. Комплексные аномалии ассоциаций оформлены внешней аномалией Ba, Sr. В связи с неоконтуренностью аномалий золота на юго-востоке участка полное зональное геохимическое строение установить не представляется возможным. В целом выявленная зональная последовательность комплексных аномалий чётко контролируется серией тектонических нарушений северного и северо-восточного простирания.

Предположительно, к юго-востоку, во второй части зоны наложения 1 намечается продолжение аномального геохимического поля, где вновь на поверхности отмечена ассоциация Au, W, Mo. Края неоконтуренной и центральной комплексных аномалий Au, Mo, W занимают одинаковое гипсометрическое положение на отметках 1040–1080 м. Аномалии Pb, Zn, Cu и Ba, Sr занимают положение существенно выше, вплоть до наивысшей отметки 1200 м. Данный факт позволяет судить о вертикальной зональности в первом приближении. Тогда «надрудный срез» отмечен барием, свинцом, цинком и медью, в «подрудном» логично преобладают кобальт и никель, аномалии которых гипсометрически расположены на отметках от 1040–920 м. В целом намечается ряд предполагаемой эндогенной зональности сверху вниз: Ba, Sr, Pb, Zn, Cu, Au, Mo, W, Co, что не противоречит зональности месторождений порфирового типа [1]. Ход такой логики нарушает аномалия Au, Ag, As на отметках 1000–920 м. Как известно, серебро и мышьяк обычно устойчиво проявляют максимальные концентрации в верхнем разрезе.

По набору химических элементов-индикаторов (Au, W, Mo, As, Ni, Co, Cu, Pb, Zn) зона наложения 1 в целом отвечает оруденению Алданских типов. Однако, приведённые выше геохимические ассоциации, скорее всего, не являются исчерпывающими. Необходимо детализированное опробование элювио-делювия для выявления содержаний других ценных компонентов – висмута, сурьмы, таллия и др., присутствие которых способно повлиять на дальнейшую оценку участка.

Заключение. На геометризованном детальном участке требуется изучение первичных ореолов и их сопоставление с выявленными вторичными аномалиями при наличии хотя бы единичных пересечений канавами. На поисковой стадии такие возможности зачастую отсутствуют, и дать какую-либо количественную оценку достаточно сложно. Однако имеется возможность оценки качественной

путём выделения зон наложения факторов породообразующих элементов. Наложение факторов элементов породообразующих и акцессорных минералов подчёркивает неоднородность в слагающих зону наложения породах, а значит такая зона может считаться геохимически уникальной для детальных поисков.

Таким образом, все выявленные аномалии можно считать перспективными, а массив Солдат перспективным на обнаружение рудопроявлений и месторождений золота, однако эффективность подхода ещё предстоит проверить горными работами. На ранних стадиях геологоразведочного процесса новый подход к оценке геохимических гипергенных аномалий может помочь определить целесообразность проведения определённых видов работ и создать основание для дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Григорян С. В.* Первичные геохимические ореолы рассеяния при поисках и разведке рудных месторождений. – М. : Недра, 1987. – 408 с.
2. *Максимов Е. П., Уютов В. И., Никитин В. М.* Перспективы мезозойского эндогенного оруденения в Центрально-Алданском рудном районе // Вестник Госкомгеологии РС(Я). – 2004. – № 1. – С. 34–50.
3. *Мечинская О. В., Соколов Е. П., Мишнин В. М.* Геолого-геохимическая модель золото-порфирового (?) оруденения в щелочных породах Мурунского массива // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 8. – С. 32–36.
4. *Перельман А. И.* Геохимия ландшафта. – М. : Государственное издательство географической литературы, 1961. – 496 с.
5. *Сает Ю. Е.* Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. – М. : Наука, 1982. – 168 с.

REFERENCES

1. *Grigoryan S. V.* Pervichnyye geokhimicheskiye oreoly rasseyaniya pri poiskakh i razvedke rudnykh mestorozhdeniy [Primary geochemical dispersion halos during prospecting and exploration of ore deposits], Moscow, Nedra publ., 1987, 408 p. (In Russ.)
2. *Maksimov Ye. P., Uyutov V. I., Nikitin V. M.* Perspektivy mezozoyskogo endogennogo orudeneniya v Tsentral'no-Aldanskom rudnom rayone [Prospects of Mesozoic endogenous mineralization in the Central Aldan ore region], Vestnik Goskomgeologii RS(YA), 2004, No. 1, pp. 34–50. (In Russ.)
3. *Mechinskaya O. V., Sokolov Ye. P., Mishnin V. M.* Geologo-geokhimicheskaya model' zoloto-porfirovogo (?) orudeneniya v shchelochnykh porodakh Murunskogo massiva [Geological and geochemical model of gold-porphyry (?) mineralization in alkaline rocks of the Murun massif], Razvedka i okhrana nedr [Exploration and Protection of Subsoil], 2013, No. 8, pp. 32–36. (In Russ.)
4. *Perel'man A. I.* Geokhimiya landshafta [Geochemistry of the landscape], Moscow, Gosudarstvennoye izdatel'stvo geograficheskoy literatury publ., 1961, 496 p. (In Russ.)
5. *Sayet Yu. Ye.* Vtorichnyye geokhimicheskiye oreoly pri poiskakh rudnykh mestorozhdeniy, Moscow, Nauka publ., 1982, 168 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 22.06.24; одобрена после рецензирования 04.09.24; принята к публикации 05.09.24.
The article was submitted 22.06.24; approved after reviewing 04.09.24; accepted for publication 05.09.24.