

УДК 553.411:550.84(571.65)

DOI 10.23683/0321-3005-2018-1-96-103

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДНО-КВАРЦЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОМЧАКСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО УЗЛА ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

© 2018 г. А.Э. Харди́ков<sup>1</sup>, В.А. Сидоров<sup>1</sup>, А.А. Аста́хова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

## GEOCHEMICAL FEATURES OF GOLD-QUARTZ DEPOSITS OF OMCHAK ORE CLUSTER OF VERKHOYANSK-KOLYMA FOLDING REGION

A.E. Khardikov<sup>1</sup>, V.A. Sidorov<sup>1</sup>, A.A. Astakhova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Харди́ков Александр Эдуардович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, Институт наук о Земле, Южный федеральный университет, ул. Зорге, 40, г. Ростов-на-Дону, 344090, Россия, e-mail: khardikov@sfedu.ru

Alexander E. Khardikov - Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Institute for Earth Sciences, Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: khardikov@sfedu.ru

Сидоров Виктор Анатольевич – главный геолог, ОАО «Магадангеология», ул. Дзержинского, 6, г. Магадан, 685000, Россия

Viktor A. Sidorov - Main Geologist, «Magadangeologiya», Dzerzhinskogo St., 6, Magadan, 685000, Russia

Аста́хова Анна Александровна – эксперт управления геолого-разведочных работ, ООО «НОВАТЭК-НТЦ», ул. 50 лет ВЛКСМ, 53, г. Тюмень, 625026, Россия

Anna A. Astakhova - Expert, Exploration Department, «NOVATEK-NTC», 50 let VLKSM St., 53, Tyumen, 625026, Russia

Дана геолого-геохимическая характеристика объектов золоторудно-кварцевого формационного типа и вмещающих их комплексов в пределах Омчакского рудно-россыпного узла Аян-Юряхского антиклинория Верхояно-Колымской складчатой области. Все объекты локализованы в осадочных породах пермского возраста. Расположение рудных зон и их обогащенных участков контролируется тектоническими нарушениями северо-западного простирания, представляющими собой мощные зоны милонитизации и графитизации, заложенные по контактам пород различного литологического состава. В рудных телах встречаются жилы и жильно-прожилковые участки, интервалы штокверкового прожилкования, минерализованные зоны дробления, ареалы вкрапленной минерализации. Обнаруживается сходство минералогического комплекса рудных и жильных минералов, стадийности их образования, а также типов околорудных изменений. Вследствие этого золоторудные объекты Омчакского узла характеризуются однотипными геохимическими полями. Главными элементами – индикаторами оруденения являются золото и мышьяк. Они образуют вторичные ореолы рассеяния с концентрациями в десятки – сотни единиц местных геохимических фонов. Особую позицию занимает вольфрам, формирующий ореолы с концентрацией в десятки местных геофонов только в пределах рудных полей. Тяготеют к месторождениям ореолы марганца, а к их фланговым зонам – небольшие по площади ореолы висмута, сурьмы, бария. Остальные элементы распределяются по площади рудного узла равномерно, не образуя аномальных концентраций. Слабоконтрастные ореолы олова, серебра, висмута, полиметаллов приурочены к проявлениям минерализации, возникшим в ходе активизационных процессов в Охотско-Чукотском окраинно-континентальном поясе.

**Ключевые слова:** геохимические особенности, Омчакский рудно-россыпной узел, Верхояно-Колымская складчатая область, Аян-Юряхский антиклинорий, золотоносность.

*Geological and geochemical characteristics of gold-quartz formation objects and host complexes within the Omchak gold placers of Ayan-Juryakh anticlinorium of Verkhoyansk-Kolyma folding region are given. All objects localized in Permian sedimentary rocks. Localization of ore zones are controlled by North-West faulting which are zones of mylonization and graphitization. In ore objects there are veins and interlacing vein, mineralized crushing zones, areas of disseminated mineralization. Detected similarities in mineralogical complex of ore and veined minerals, stages of their formation and also in types of near-ore changes. As a result, gold ore objects of Omchak ore cluster characterized by single-type geochemical fields. Gold and arsenic are the main elements - indicators of mineralization which form secondary dispersion halo with concentrations of tens or hundreds of units of local geochemical backgrounds. A special position is taken by tungsten which forms halos with concentrations of tens local geophones only within ore fields. Manganese halos are associated with deposits and to their flanking zones-small in the area halos of bismuth, antimony, barium. The rest of the elements are distributed evenly by ore cluster area without forming abnormal concentrations. Low contrast tin, silver, bismuth, polymetal halos associated to mineralization which occurs during activation of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt.*

**Keywords:** *geochemical features, Omchak ore cluster, Verkhoyansk-Kolyma folding region, Ayan-Jurah anticlinorium, gold mineralization.*

В пределах Аян-Юряхского антиклинория Верхояно-Колымской складчатой области сосредоточены крупные месторождения золоторудно-кварцевого формационного типа, в том числе уникальное Наталкинское месторождение [1]. Интерес к ним стремительно растет, что обусловлено громадными ресурсами объектов. Трудности при изучении золоторудных месторождений Аян-Юряхского антиклинория возникают при определении связи оруденения с магматизмом и метаморфизмом, установлении источников золота и других рудных элементов, а также проведении рудно-формационного анализа.

Обобщение результатов проведенных геохимических поисковых работ показывает сходство геохимических полей золоторудно-кварцевых объектов Аян-Юряхского антиклинория (рис. 1). Все месторождения локализованы в пермских терригенных толщах. Размещение рудных полей контролируется тектоническими нарушениями северо-западного (Пионерский, Омчакский, Токчанский рудные узлы) или субширотного (Вилкинский рудный узел) простирания. Они представляют собой мощные зоны милонитизации и графитизации, заложенные по контактам пород различного состава.

В рудных телах сочетаются все возможные морфологические типы (жилы и жильно-прожилковые зоны, интервалы штокверкового прожилкования, минерализованные зоны дробления, ареалы вкрапленной минерализации). Сходство обнаруживается в комплексе рудных и жильных минералов, стадийности минералообразования, типах околорудных изменений. Это ведет к тому, что в геохимических полях все месторождения проявляются одинаково.

Цель выполненного исследования – дать геолого-геохимическую характеристику Омчакского рудно-россыпного узла (рис. 2). Будучи самым крупным в Аян-Юряхском антиклинории, он включает в себя Наталкинское, Омчакское и Павликовское коренные и целый ряд россыпных месторождений золота, большое количество рудопоявлений и пунктов минерализации, а также крупное техногенное место-

рождение (хвостохранилище рудника им. Матросова). Наталкинское месторождение находится в бассейне правых притоков р. Омчак (ручьев Геологический, Наталкин, Глухариный). Омчакское месторождение расположено в долине р. Омчак ниже устья ручья Наталкин. Месторождение Павлик локализовано в долине одноименного ручья. В левом борту Омчака находится рудопоявление Базовское.

На площади Омчакского рудно-россыпного узла было отобрано 9500 геохимических проб. Из них около 5000 взято по сети 500×50 и 500×100 м. В пределах рудных полей месторождений Наталка, Павлик и Омчак сеть опробования сгущалась до 250×50 м. В пробу отбиралась песчано-глинистая фракция из элювиально-делювиальных отложений. Площади, перекрытые аллювием, из опробования исключались. Обработка проб выполнялась по стандартной методике и включала последовательное дробление и истирание, в результате чего материал доводился до крупности 200 мешк. Экспрессный количественный спектральный анализ осуществлялся в СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан). Определено содержание мышьяка, вольфрама, сурьмы, висмута, марганца, кобальта, никеля, хрома, меди, молибдена, свинца, цинка, серебра, олова, бария. Компьютерная обработка результатов анализа выполнялась с использованием программ Leader и Surfer. Для всех проб рассчитаны пространственные координаты.

Структура геохимического поля Омчакского рудно-россыпного узла определяется элементами, находящимися в концентрированном (аномальном) и рассеянном (нормальном) состояниях. Нормальное состояние характерно для неизмененных или слабоизмененных массивов пород. Аномальное состояние возникает из-за привноса или выноса элементов и может быть связано с гидротермальным и интрузивным перераспределением вещества. Все элементы исследованного комплекса разделяются на две группы.

Система отдел	Свита мощность, м	Положение изученных рудных объектов (в пунктирных рамках) в вертикальном разрезе отложения верхоянского комплекса	Морфологические типы руд	Геолого-структурные обстановки	Геохимическая специализация объектов (ряды элементов, ранжированные по величине индикаторной роли; курсив - положительные значения, жирный шрифт - отрицательные)	
Трпс	старатель- ская 900-1300	Аргиллиты, алевролиты тонкопалеослоистые	Жилы, зоны прожилкования минерализованные зоны дробления	<p><b>Рудное поле Вилка</b> приурочено к сводовой части брахантиклинальной складки (интрузивно-купольного поднятия). Главные разрывы-нарушения - северо-западного направления. Рудоуплотняющими являются оперяющиеся их зоны взбросов и взбросо-надвигов.</p> <p><b>Наталка, Павлик, Боец, Родионовское</b> и др. месторождения: приуроченность к зоне Тенькинского разлома и сводовой части одноименной антиклинали</p> <p><b>Наталка, Павлик:</b> главнейшими структурами являются S-образные в плане рудовмещающие тектонические зоны, являющиеся оперяющимися по отношению к разрывным нарушениям северо-западного простирания. Месторождения приурочены к локальным брахантиклинальным или брахисинклиналим складкам второго и третьего порядка по отношению к Тенькинской антиклинали.</p> <p><b>Наталка:</b> положение богатого оруднения в значительной степени контролируется атканской свитой и, особенно, ее контактовой частью с вышележащей омчакской свитой.</p> <p><b>Боец:</b> рудовмещающими являются зоны межпластовых взбросо-надвигов, приуроченные к флексулоподобным изгибам слоев в осевых частях брахиморфных складок высоких порядков</p> <p><b>Родионовское:</b> Рудоуплотняющей структурой является антиклинальная складка второго порядка, осложненная системой надвигов, образовавшихся по контактам алевро-песчанников и графитистых пачек. Вдоль надвигов залегают карцевые жилы, перекрывающие по простиранию в системы кругопадающих штокервовых зон</p>	<p>Рудное поле Вилка <i>Alu-As-W-Ag-Cu-Mn-Co-Bi-Pb - Ni-Mo-Cr-Zn-Ba-Sn</i></p> <p>Рудное поле Боец <i>Alu-W-As-Sb-Pb-Zn-Cu-Co - Ni-Mo-Ag-Bi-Ba</i></p> <p>Рудное поле Павлик <i>Ag-Sn-Cr-Mo-Pb-Ba-Zn-Cu-Ni-Bi-Mn-Sb-As - W</i></p> <p>Рудное поле Наталка <i>As-W-Mn-Sb - Bi-Co-Zn-Cu-Pb-Sn-Ag-Ba-Ni-Mo-Cr</i></p> <p>Рудное поле Родионовское <i>As-Alu-Mn-Co-Cr-W-Ag-Ni-Zn - Ba-Bi-Pb-Mo-Sn</i></p>	
		Аргиллиты, алевролиты песчаники неяснопятнистые				Минерализованные зоны дробления, зоны прожилкования
верхняя пермь	омчак- ская 1300-1800	Тонкослоистые аргиллиты и алевролиты	Пологозалегающие кварцевые жилы, минерализованные зоны дробления и прожилкования	<p>Кругопадающие (редко пологозалегающие) кварцевые жилы, зоны штокервового параллельного и "сетчатого" прожилкования, зоны метасоматического окварцевания, минерализованные дайки и зоны дробления зоны сульфидно-вкрапленной минерализации</p>	<p><b>Рудное поле Вилка</b> приурочено к сводовой части брахантиклинальной складки (интрузивно-купольного поднятия). Главные разрывы-нарушения - северо-западного направления. Рудоуплотняющими являются оперяющиеся их зоны взбросов и взбросо-надвигов.</p> <p><b>Наталка, Павлик, Боец, Родионовское</b> и др. месторождения: приуроченность к зоне Тенькинского разлома и сводовой части одноименной антиклинали</p> <p><b>Наталка, Павлик:</b> главнейшими структурами являются S-образные в плане рудовмещающие тектонические зоны, являющиеся оперяющимися по отношению к разрывным нарушениям северо-западного простирания. Месторождения приурочены к локальным брахантиклинальным или брахисинклиналим складкам второго и третьего порядка по отношению к Тенькинской антиклинали.</p> <p><b>Наталка:</b> положение богатого оруднения в значительной степени контролируется атканской свитой и, особенно, ее контактовой частью с вышележащей омчакской свитой.</p> <p><b>Боец:</b> рудовмещающими являются зоны межпластовых взбросо-надвигов, приуроченные к флексулоподобным изгибам слоев в осевых частях брахиморфных складок высоких порядков</p> <p><b>Родионовское:</b> Рудоуплотняющей структурой является антиклинальная складка второго порядка, осложненная системой надвигов, образовавшихся по контактам алевро-песчанников и графитистых пачек. Вдоль надвигов залегают карцевые жилы, перекрывающие по простиранию в системы кругопадающих штокервовых зон</p>	
		Флишод аргиллитов и алевролитов				Минерализованные зоны дробления, зоны прожилкования
		Флишод песчаников алевролитов и аргиллитов				Пологозалегающие кварцевые жилы, минерализованные зоны дробления и прожилкования
		Флишод песчаников алевролитов с линзами микститов				Кругопадающие (редко пологозалегающие) кварцевые жилы, зоны штокервового параллельного и "сетчатого" прожилкования, зоны метасоматического окварцевания, минерализованные дайки и зоны дробления зоны сульфидно-вкрапленной минерализации
нижняя-средняя пермь	атканская 350-650	Микститы туфовые сланцы гальвовые алевролиты	Пологозалегающие кварцевые жилы, минерализованные зоны дробления и прожилкования	<p>Кругопадающие (редко пологозалегающие) кварцевые жилы, зоны штокервового параллельного и "сетчатого" прожилкования, зоны метасоматического окварцевания, минерализованные дайки и зоны дробления зоны сульфидно-вкрапленной минерализации</p>	<p>Рудное поле Вилка <i>Alu-As-W-Ag-Cu-Mn-Co-Bi-Pb - Ni-Mo-Cr-Zn-Ba-Sn</i></p> <p>Рудное поле Боец <i>Alu-W-As-Sb-Pb-Zn-Cu-Co - Ni-Mo-Ag-Bi-Ba</i></p> <p>Рудное поле Павлик <i>Ag-Sn-Cr-Mo-Pb-Ba-Zn-Cu-Ni-Bi-Mn-Sb-As - W</i></p> <p>Рудное поле Наталка <i>As-W-Mn-Sb - Bi-Co-Zn-Cu-Pb-Sn-Ag-Ba-Ni-Mo-Cr</i></p> <p>Рудное поле Родионовское <i>As-Alu-Mn-Co-Cr-W-Ag-Ni-Zn - Ba-Bi-Pb-Mo-Sn</i></p>	
		Песчанистые аргиллиты тонко горизонтально слоистые				Минерализованные зоны дробления, зоны прожилкования
нижняя пермь	пионерская 2300-2600	Неяснослоистые углистые аргиллиты	Пологозалегающие кварцевые жилы, минерализованные зоны дробления и прожилкования	<p>Кругопадающие (редко пологозалегающие) кварцевые жилы, зоны штокервового параллельного и "сетчатого" прожилкования, зоны метасоматического окварцевания, минерализованные дайки и зоны дробления зоны сульфидно-вкрапленной минерализации</p>	<p>Рудное поле Вилка <i>Alu-As-W-Ag-Cu-Mn-Co-Bi-Pb - Ni-Mo-Cr-Zn-Ba-Sn</i></p> <p>Рудное поле Боец <i>Alu-W-As-Sb-Pb-Zn-Cu-Co - Ni-Mo-Ag-Bi-Ba</i></p> <p>Рудное поле Павлик <i>Ag-Sn-Cr-Mo-Pb-Ba-Zn-Cu-Ni-Bi-Mn-Sb-As - W</i></p> <p>Рудное поле Наталка <i>As-W-Mn-Sb - Bi-Co-Zn-Cu-Pb-Sn-Ag-Ba-Ni-Mo-Cr</i></p> <p>Рудное поле Родионовское <i>As-Alu-Mn-Co-Cr-W-Ag-Ni-Zn - Ba-Bi-Pb-Mo-Sn</i></p>	
		Неяснослоистые песчанистые аргиллиты				Минерализованные зоны дробления, зоны прожилкования
нижняя пермь	родионовская > 1000	Ритмичное переслаивание аргиллитов, алевролитов, реже песчаников	Пологозалегающие кварцевые жилы, сопряженные с ними кругопадающие зоны прожилкования	<p>Кругопадающие (редко пологозалегающие) кварцевые жилы, зоны штокервового параллельного и "сетчатого" прожилкования, зоны метасоматического окварцевания, минерализованные дайки и зоны дробления зоны сульфидно-вкрапленной минерализации</p>	<p>Рудное поле Вилка <i>Alu-As-W-Ag-Cu-Mn-Co-Bi-Pb - Ni-Mo-Cr-Zn-Ba-Sn</i></p> <p>Рудное поле Боец <i>Alu-W-As-Sb-Pb-Zn-Cu-Co - Ni-Mo-Ag-Bi-Ba</i></p> <p>Рудное поле Павлик <i>Ag-Sn-Cr-Mo-Pb-Ba-Zn-Cu-Ni-Bi-Mn-Sb-As - W</i></p> <p>Рудное поле Наталка <i>As-W-Mn-Sb - Bi-Co-Zn-Cu-Pb-Sn-Ag-Ba-Ni-Mo-Cr</i></p> <p>Рудное поле Родионовское <i>As-Alu-Mn-Co-Cr-W-Ag-Ni-Zn - Ba-Bi-Pb-Mo-Sn</i></p>	
		Флишодное переслаивание аргиллитов, алевролитов, песчаников				Минерализованные зоны дробления, зоны прожилкования

Рис. 1. Положение в литостратиграфическом разрезе, характеристика морфологических типов руд, геолого-структурных обстановок и геохимической специализации исследованных объектов / Fig. 1. The situation in the lithostratigraphic section, the characteristics of morphological types of ores, geological structures and geochemical speciali-

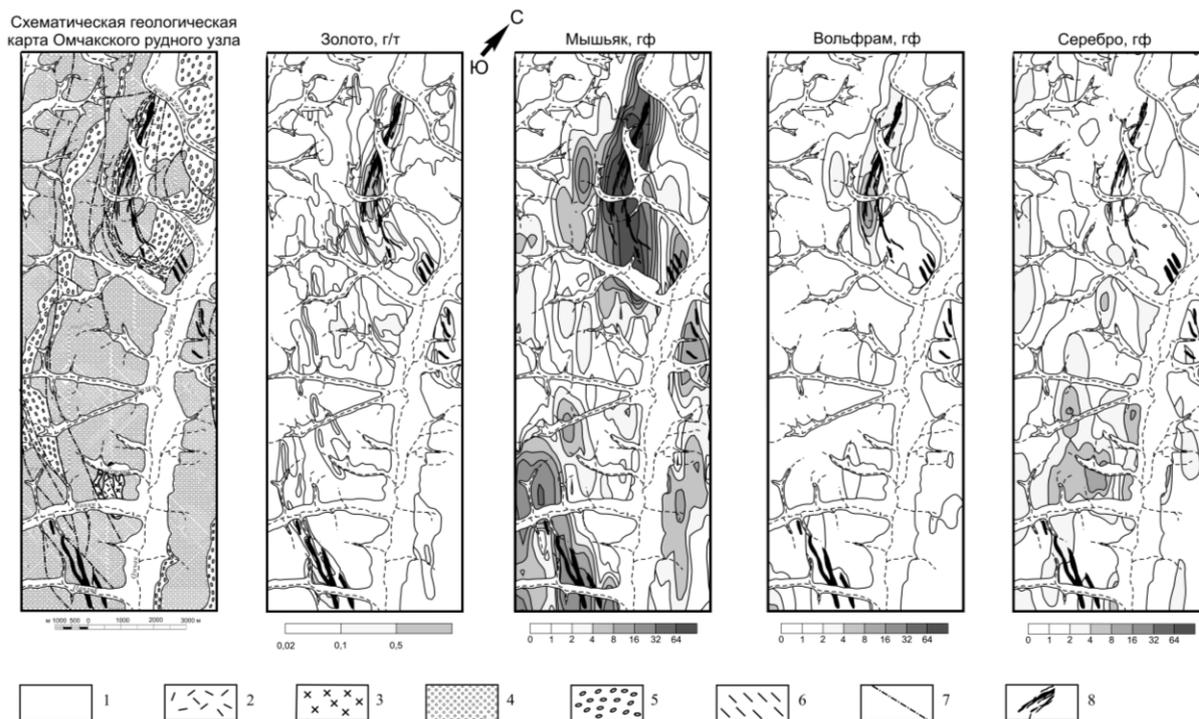


Рис. 2. Геологическая схема и схема вторичных ореолов рассеяния Омчакского рудно-россыпного узла: 1 – аллювиальные галечники, пески, отвалы горных пород; 2 – риолиты, туфы кислого состава, эксплозивные брекчии; 3 – диориты, кварцевые диориты, гранодиориты; 4 – омчакская свита (P<sub>3om</sub>); алевролиты, песчанистые алевролиты с прослоями песчаников; 5 – атканская свита (P<sub>3at</sub>); туфомикститы с прослоями алевролитов и песчаников; 6 – пионерская свита; алевролиты с редкими прослоями песчаников; 7 – разрывные нарушения различной кинематики; 8 – рудные зоны / Fig. 2. Geological scheme and scheme of secondary halos of dispersion of the Omchak ore-placer node: 1 - alluvial pebbles, sands, dumps of rocks; 2 - rhyolites, tuffs of acid composition, explosive breccias; 3 - diorites, quartz diorites, granodiorites; 4 - the Omchak suite (P<sub>3om</sub>); siltstones, sandy siltstones with interlayers of sandstones; 5 - Atkan suite (P<sub>3at</sub>); tuffomycites with interlayers of siltstones and sandstones; 6 - pioneer suite; siltstones with sparse interbeds of sandstones; 7 - discontinuous violations of various kinematics; 8 - ore zones

Первая группа, определяющая аномальный облик геохимического поля, представлена золотом, мышьяком, вольфрамом, сурьмой и висмутом.

**Золото.** Наиболее контрастные и максимальные по концентрации ореолы этого элемента связаны с рудным полем месторождения Наталка, протягивающимся на 8 км при ширине около 1 км на северо-западном фланге и до 2 км – на юго-восточном. В центральной части ореола находится изоконцентра 0,1 г/т. Внутри нее выделяются участки с содержанием 0,5 г/т. Ореольная зона, связанная с Омчакским месторождением, отделена от Наталкинской полосой с пониженным (менее 0,02 г/т) содержанием золота. Рудное поле Омчакского месторождения фиксируется протяженным ореолом золота с концентрацией до 0,2 г/т, охватывающим и площадь Базовского рудопроявления. С месторождением Павлик связаны контрастные ореолы золота, прослеживающиеся в виде непрерывной полосы. Внутри ореола со значением 0,1 г/т выделяются обогащенные зоны с содержанием более 0,5 г/т, а максимальная концентрация здесь – 0,9–1,1 г/т. Восточнее и юго-восточнее месторождения Наталка прослеживаются слабоконтрастные ореолы (0,02 г/т),

внутри которых встречаются участки с содержанием более 0,1 г/т.

Мышьяк образует значительные по площади высококонтрастные ореолы, которыми уверенно фиксируются рудные поля Наталкинского, Павликовского и Омчакского месторождений. Наиболее интенсивные из них связаны с месторождением Наталка. Протяженность ореола мышьяка, ограниченного изоконцентрацией 16 геофонов, имеет в длину около 8 км при наибольшей ширине до 2 км, а размеры контура ореола с изоконцентрацией от 64 геофонов и выше составляют 4×1 км. Ореолы мышьяка, приуроченные к рудному полю месторождения Павлик (до 4 км в длину при максимальной ширине до 1 км), не оконтурены на юго-восточном фланге. Концентрация мышьяка достигает 64 геофонов на участке, находящемся на левом берегу руч. Ванин. Месторождение Омчакское и рудопроявление Базовское фиксируются единым аномальным полем на правобережье и в русле р. Омчак с концентрацией мышьяка, не превышающей 16 геофонов. Они отделены от Наталкинского ореола полосой шириной не более 200 м, где содержание мышьяка на уровне 1 геофона. Вне площади

рудных узлов мышьяк образует локальные аномалии невысокой концентрации (до 8 геофонов).

Вольфрам в геохимических ореолах Омчакского узла, четко приуроченных к золоторудным объектам, фиксируется по изоконцентрате 1 геофон. Максимальная его концентрация (до 8 геофонов) приурочена к центральной части месторождения Наталка. Рудное поле Павликовского месторождения проявлено в содержании вольфрама, не превышающем 2 геофона.

Ореолы сурьмы образуют два хорошо выраженных аномальных участка с концентрацией более 16 и 32 геофонов. Первый расположен на юго-восточном фланге месторождения Наталка и связан с золото-антимонитовыми прожилками в измененной дайке кислого состава. Второй участок находится на водоразделе ручьев Левая и Правая Вилка и приурочен к зонам маломощных антимонитово-кварцевых прожилков в осадочных породах омчакской свиты. Рудные поля месторождений Наталка и Павлик фиксируются ореолами интенсивностью в 1–2 геофона. На остальной площади Омчакского узла встречаются незначительные ореолы с содержанием не выше 1 геофона.

*Висмут.* Значительная часть площади закрыта ореолом с фоновым содержанием. По периферии рудного поля месторождения Наталка отмечены ореолы интенсивностью в 2 геофона. К северо-западному флангу Павликовского месторождения приурочены ореолы с концентрацией висмута более 2 геофонов. Они составляют единое целое с находящимся на водоразделе ручьев Ванин – Летчик ореолом (более 4 геофонов) и пространственно совпадают с хлоритово-кварцевыми метасоматитами, кварцевыми жилами и гидротермально измененными эксплозивными брекчиями.

К второй группе элементов отнесены серебро, олово, цинк, марганец, свинец, молибден, кобальт, хром, медь, никель, барий. Их концентрация невелика, а ореолы равномерно распространены на значительной площади.

Максимальное содержание серебра не превышает 8 геофонов. Наиболее интенсивные ореолы, имеющие локальное распространение, связаны с проявлением гидротермальной деятельности в экзоконтактной части штока Ванин. На северо-западном фланге Павликовского месторождения расположен ореол с содержанием серебра до 2 геофонов. В рудном поле Наталкинского месторождения концентрация серебра не превышает 1–2 геофона.

Никель образует ореолы с максимальной концентрацией от 8 до 16 геофонов. На восточном и юго-восточном флангах Наталкинского месторождения содержание этого элемента достигает 2 геофонов, в центральной его части – ниже фонового значения. На месторождении Павлик концентрация никеля не превышает 2–3 геофонов.

Олово образует ореолы с содержанием 0,5–1 геофона. Концентрация в 4–8 геофонов отмечается на северо-западном фланге месторождения Павлик.

Ореолы цинка имеют содержание 1–2 геофона, повышаясь до 4 геофонов на юго-восточном и юго-западном флангах Омчакского узла.

Концентрация меди в ореолах не превышает 1–2 геофонов. Повышенное значение (4–6 геофона) проявляется в центральной части рудного поля месторождения Наталка и на его восточном фланге. На месторождении Павлик содержание меди не превышает 2 геофонов, а на Омчакском – 0,5–1.

Свинец на месторождении Наталка характеризуется фоновой концентрацией, а Павликовском – содержанием 2–3 геофона.

Хром и кобальт равномерно распределены и образуют ореолы (1–2 геофона). При этом только с Омчакским месторождением связана повышенная – до 4 геофонов концентрация кобальта.

Бария в ореолах содержится до 2, редко 4 геофонов. С центральной, наиболее богатой частью месторождения Наталка связано пониженное содержание этого элемента (0,5–1 геофон). По периферии барий образует положительную кольцевую аномалию с повышенным (до 4 геофонов) содержанием. На месторождении Павлик ореолы с концентрацией свыше 4 геофонов распространены на северо-западном и юго-восточном флангах.

На значительной площади Омчакского узла содержание молибдена колеблется в пределах 1–2 геофона, в единичных случаях достигая 4 геофонов.

Концентрация марганца на площади рудных полей месторождений Наталка и Павлик составляет 1–2 геофона.

Таким образом, элементы исследованного комплекса на территории Омчакского узла образуют как аномальные, так и фоновые ореолы, которые в той или иной степени обнаруживают связь с рудными полями месторождений Наталка, Павлик, Омчак, а также пользующимися здесь наибольшим распространением пермскими осадочными породами верхоянского комплекса. Взаимное влияние этих объектов может маскировать геохимические особенности некоторых из них. В первую очередь это касается слабоконтрастных аномалий (на уровне околофоновых флуктуаций), природа которых может быть связана с особенностями осадочных пород, а также проявлениями контактового метаморфизма. Наблюдается отличие геохимических полей месторождений Наталка и Павлик. Серебро, никель, цинк, свинец и барий образуют ореолы с повышенной концентрацией в пределах Павликовского рудного поля, в то время как наиболее интенсивные ореолы мышьяка и вольфрама, а также и меди связаны с месторождением Наталка.

На территории Омчакского рудно-россыпного узла были выделены участки, отвечающие выходам

на дневную поверхность пермских осадочных пород омчакской, атканской и пионерской свит [2]. Для них были составлены выборки, в которые включались геохимические пробы, взятые на удалении от рудных полей, т.е. минимально подвергнутые гидротермальным изменениям. Повышенное содержание элементов «аномальной» ассоциации (мышьяка – более 2 геофонов, вольфрама – более 1 геофона, сурьмы – более 1 геофона и висмута – более 1 геофона) является критерием измененности. Подавляющее большинство проб, формирующих эти выборки, характеризует породы, подвергнувшиеся только эпигенезу или региональному метаморфизму зеленосланцевой фации. Эти процессы не приводят к значительным изменениям кларков элементов – примесей исходных пород [3]. Следовательно, можно оценить геохимические особенности и индикаторную роль элементов для каждой из выделенных свит, что будет отражать специфику осадконакопления в пермское время на территории Омчакского узла (рис. 3).

Отложения пионерской свиты охарактеризованы 351 геохимической пробой. Ряд элементов, расположенных по убыванию значения индикаторной роли, выглядит так: Ni – Co – Ba – Cu – Cr – Pb – Mn – Zn – Mo – Sn – As – Ag. В наибольшей степени породы обогащены никелем и кобальтом. Содержание бария, меди, хрома и свинца незначительно превышает местный геофон. Марганец и цинк содержатся в количестве, пониженном по отношению к геофону, а концентрация молибдена, олова, мышьяка и серебра ниже геофона.

Выборка проб, характеризующих отложения атканской свиты, состоит из 926 проб. Ряд элементов, размещенных по убыванию значений индикаторной роли, следующий: Mn – Co – Ni – Cu – As – Zn – Ba – Mo – Pb – Sn – Cr – Ag. Положительную индикаторную роль имеют марганец и кобальт, накапливаясь в концентрациях, превышающих местный геофон. Индикаторная роль никеля (слабоположительная) и меди (слабоотрицательная) в целом невысока, что говорит о том, что в отложениях атканской свиты эти элементы содержатся в околофоновой концентрации. Значение индикаторной роли мышьяка, цинка, бария, молибдена, свинца, олова, хрома и серебра отрицательное, при этом максимально это проявлено для серебра. Основной фактор накопления кобальта – поступление в осадок базитовой и гипербазитовой терригенной и вулканогенной кластики [4]. Накопление повышенной концентрации марганца в углеродистых ассоциациях определяется вулканическими процессами. Геохимическая спецификация атканской свиты определяется влиянием вулканических процессов, широко развитых во время формирования свиты, как в областях сноса, так и в бассейнах седиментации [5–8].

Омчакская свита охарактеризована 3410 пробами и следующим рядом элементов (по убыванию индикаторной роли): Ag – Sn – Cr – Mo – Pb – As – Ba – Zn – Cu – Sb – Bi – Mn – Co – Ni. Отложения обогащены серебром, в меньшей степени – оловом, хромом, молибденом, свинцом и мышьяком. Отрицательная индикаторная роль характерна для никеля, кобальта и марганца.

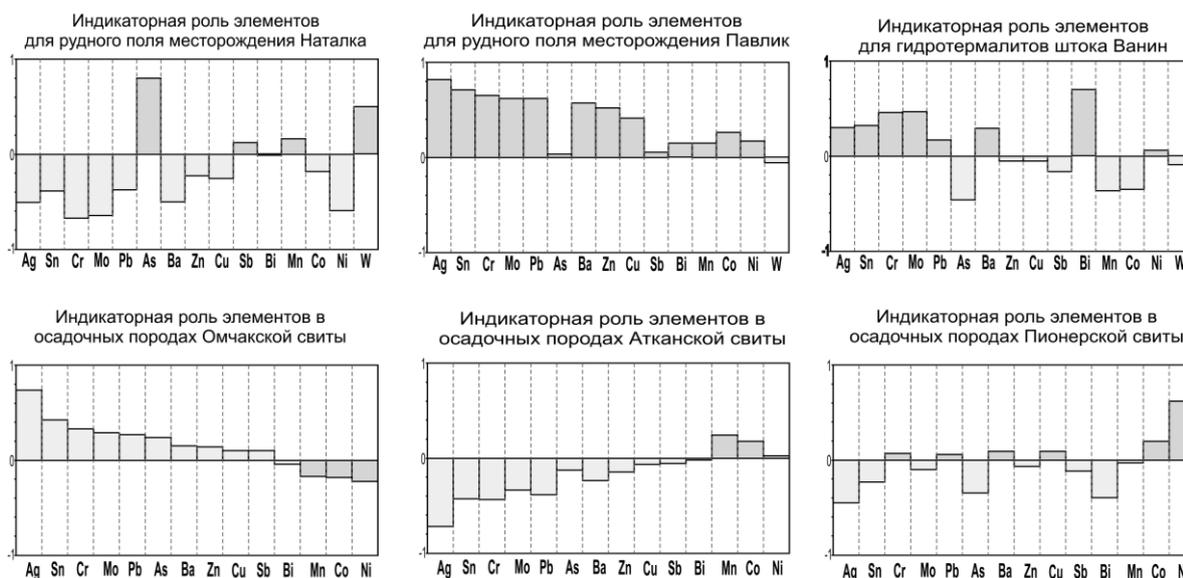


Рис. 3. Индикаторная роль элементов в объектах, образующих аномалии в стратиграфических подразделениях Омчакского рудно-россыпного узла / Fig. 3. Indicator role of elements in objects that form anomalies in the stratigraphic subdivisions of the Omchak ore-placer

Таким образом, все стратиграфические подразделения, закартированные на территории Омчакского узла, имеют свои геохимические особенности. Максимальные отличия наблюдаются между атканской и омчакской свитами, что может быть объяснено изменением условий осадконакопления, а именно сменой хорошо аэрируемой обстановки лавинной седиментации в атканское время на режим образования дистального флишоида омчакской свиты в условиях стагнированного бассейна. Это подтверждается относительной обогащенностью толщи омчакской свиты молибденом при пониженной роли марганца. Молибден сорбируется из морской воды органическим веществом и осаждается с сульфидами при сероводородном заражении бассейна седиментации [9]. Марганец в этих условиях восстанавливается на разделе  $O_2/H_2S$  и выносится в верхние, аэрируемые слои [10]. Формированием отложений омчакской свиты в условиях сероводородного заражения объясняется повышенная концентрация серебра, хрома и свинца [11]. Особенности микроэлементного состава стратиграфических подразделений не являются локальными, связанными с гидротермальной деятельностью и проявленными только на территории Омчакского узла. Они отражают геохимические особенности условий пермского осадконакопления для всего Аян-Юряхского антиклинория. Наконец, для атканской свиты характерна наибольшая концентрация  $Fe_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $TiO_2$ , что свидетельствует о вулканической активности во время формирования свиты.

Для месторождения Наталка ряд индикаторных элементов выглядит следующим образом: As – W – Mn – Sb – Bi – Co – Zn – Cu – Pb – Sn – Ag – Ba – Ni – Mo – Cr. Положительную индикаторную роль имеют мышьяк, вольфрам, сурьма и марганец. Висмут и кобальт «безразличны» по отношению к месторождению Наталка. Серебро, барий, никель, молибден, хром имеют отрицательную индикаторную роль, что свидетельствует о тенденции геохимического выноса этих элементов за пределы рудного поля.

Для месторождения Павлик ряд элементов – индикаторов оруденения следующий: Ag – Sn – Cr – Mo – Pb – Ba – Zn – Cu – Co – Ni – Bi – Mn – Sb – As – W. Определяющими являются серебро, олово, хром, молибден, свинец, барий, цинк, медь.

Таким образом, для месторождений Наталка и Павлик характерен различный набор элементов, фиксирующих положение рудного поля. Это может быть связано с уровнем эрозионного среза месторождения и с влиянием состава рудовмещающих осадочных пород. Взаимосвязь рудных полей месторождений и ореолов отдельных элементов проявляется в конкретных случаях неоднозначно. Закономерные связи с рудными полями обнаружива-

ет многокомпонентный ореол, интенсивность которого отображается в комплексном геохимическом показателе, построенном с учетом различной индикаторной роли отдельных ореолообразующих элементов относительно заданного эталона. В качестве оценки индикаторной роли элемента применяется отклонение выборки, характеризующей конкретную свиту, от эталона, которым является совокупность проб эпигенетически измененных осадочных пород:  $Z_i = (X_i - X_{\text{сред}})/D$ , где  $X_i$  – среднее значение логарифмов концентраций элемента (в единицах местного геофона) в выборке по свите;  $X_{\text{сред}}$  – среднее значение;  $D$  – дисперсия логарифмов концентраций элемента (также в геофонах) по всей совокупности проб. Комплексный геохимический показатель является геохимическим паспортом геологического объекта, универсальность которого заключается в том, что при его расчете учитываются как абсолютные значения концентрации элементов, так и особенности их распределения.

В результате проведенных исследований установлено, что рудные поля месторождений золота Омчакского рудно-россыпного узла характеризуются выраженным и однотипным набором элементов – индикаторов оруденения, главными из которых являются золото и мышьяк. Особую позицию занимают вторичные ореолы вольфрама, локализованные только в пределах рудных полей. Приурочены к месторождениям ореолы марганца, а к их фланговым зонам – небольшие по площади ореолы висмута, сурьмы, бария. Распределение остальных элементов не образует аномальной концентрации. Слабоконтрастные ореолы олова, серебра, висмута, полиметаллов приурочены к проявлениям минерализации, связанной с активизационными процессами в Охотско-Чукотском окраинно-континентальном поясе.

## Литература

1. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золоторудное месторождение. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. 250 с.
2. Маннафов Н.Г. Легенда Неро-Бохапчинской серии государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000: 2-е изд. Т. IV. Магадан: Магаданский ТФГИ, 1999.
3. Квятковский Е.М. Литохимические методы поисков эндогенных рудных месторождений. Л.: Недра, 1977. 55 с.
4. Мележик В.А., Предовский А.А. Геохимия раннепротерозойского литогенеза. На примере северо-востока Балтийского щита. Л.: Наука, 1982. 208 с.
5. Астахова А.А., Хардигов А.Э. Цеолиты как индикатор вулканогенно-осадочной природы атканской сви-

ты Аян-Юрхского антиклинория Верхояно-Колымской складчатой области // Минеральные индикаторы литогенеза: материалы Всерос. совещания с междунар. участием. Сыктывкар: Геопринт, 2011. С. 132–135.

6. Астахова А.А., Хардигов А.Э. Литогенез пермских толщ Аян-Юрхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2016. № 1. С. 84–89.

7. Астахова А.А., Хардигов А.Э., Холодная И.А. О роли вулканогенного материала в образовании атканской свиты Аян-Юрхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2016. № 2. С. 78–85.

8. Khardikov A.E., Kholodnaya I.A. Lithological conditions of gold content in the upper permian deposits of the Ayan-Yuryakh anticlinorium within the Yano-Kolyma folded region // Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins. 2010. № 1. P. 86–94.

9. Холодов В.Н., Недумов Р.И. О геохимических критериях появления сероводородного заражения в водах древних водоемов // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 12. С. 74–82.

10. Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В. Геохимия и рудогенез Ва, Р, Мн в черных сланцах. Сыктывкар: Коми НЦ Ур О АН СССР, 1990. 107 с.

11. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимия и рудогенез Cr, Co, Ni в черных сланцах. Сыктывкар: Коми НЦ Ур О АН СССР, 1991. 80 с.

#### References

1. Goncharov V.I., Voroshin S.V., Sidorov V.A. *Natalkinskoe zolotorudnoe mestorozhdenie* [Natalka gold deposit]. Magadan: SVKNII DVO RAN, 2002, 250 p.

2. Mannafov N.G. *Legenda Nero-Bokhapchinskoi serii gosudarstvennoi geologicheskoi karty Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:200 000* [Legend of the Nero-Bokhapchinsk series of the state geological map of the Russian Federation, scale 1: 200 000]. 2th ed. Vol. IV. Magadan: Magadanskii TFGI, 1999.

3. Кыватковскй Е.М. *Litokhimicheskie metody poiskov endogennykh rudnykh mestorozhdenii* [Lithochemical methods of searching for endogenous ore deposits]. Leningrad: Nedra, 1977, 55 p.

4. Melezhhik V.A., Predovskii A.A. *Geokhimiya ranneproterozoiskogo litogeneza. Na primere severo-vostoka Baltiiskogo shchita* [Geochemistry of Early Proterozoic lithogenesis. On the example of the north-east of the Baltic Shield]. Leningrad: Nauka, 1982, 208 p.

5. Astakhova A.A., Khardikov A.E. [Zeolites as an indicator of the volcanogenic-sedimentary nature of the Atkan Formation of the Ayan-Yuryakh anticlinorium of the Verkhoyansk-Kolyma folded region]. *Mineral'nye indikatorny litogeneza* [Mineral indicators of lithogenesis]. Materials of the All-Russian Conference with international participation. Syktyvkar: Geoprint, 2011, pp. 132-135.

6. Astakhova A.A., Khardikov A.E. Litogenez permiskikh tolshch Ayan-Yuryakhskogo antiklinoriya Yano-Kolymskoi skladchatoi oblasti [Litogenesis of Permian strata of the Ayan-Yuryakh anticlinorium of the Yano-Kolyma folded region]. *Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. Estestv. nauki*. 2016, No. 1, pp. 84-89.

7. Astakhova A.A., Khardikov A.E., Kholodnaya I.A. O roli vulkanogenno materiala v obrazovanii atkanskoj svity Ayan-Yuryakhskogo antiklinoriya Yano-Kolymskoi skladchatoi oblasti [On the role of volcanogenic material in the formation of the Atkan suite of the Ayan-Yuryakh anticlinorium of the Yano-Kolyma folded region]. *Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. Estestv. nauki*. 2016, No. 2, pp. 78-85.

8. Khardikov A.E., Kholodnaya I.A. Lithological conditions of gold content in the upper permian deposits of the Ayan-Yuryakh anticlinorium within the Yano-Kolyma folded region. *Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins*. 2010, No. 1, pp. 86-94.

9. Kholodov V.N., Nedumov R.I. O geokhimicheskikh kriteriyakh poyavleniya serovodorodnogo zarazheniya v vodakh drevnykh vodoemov [On the geochemical criteria for the appearance of hydrogen sulphide contamination in the waters of ancient reservoirs]. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.* 1991, No. 12, pp. 74-82.

10. Yudovich Ya.E., Ketris M.P., Merts A.V. *Geokhimiya i rudogenez Ba, P, Mn v chernykh slantsakh* [Geochemistry and oreogenesis of Ba, P, Mn in black shales]. Syktyvkar: Komi NTs Ur O AN SSSR, 1990, 107 p.

11. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. *Geokhimiya i rudogenez Cr, Co, Ni v chernykh slantsakh* [Geochemistry and ore genesis of Cr, Co, Ni in black shales]. Syktyvkar: Komi NTs Ur O AN SSSR, 1991, 80 p.