

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ РЕСУРС-П, КАНОПУС-ПСС, ASTER И LANDSAT ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРАН-МОЛИБДЕНОВОГО И ХРОМИТО-ПЛАТИНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ

© 2025 г. Г. А. Миловский¹*, А. Д. Апарин¹, А. Р. Ибрагимов¹,
А. А. Кирсанов², К. Л. Липияйнен²

¹Научный геоинформационный центр РАН, Москва, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт
им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: oregas@mail.ru

Поступила в редакцию 05.03.2024 г.

Разработаны методы комплексного анализа результатов космической, гравиметрической и магнитометрической съемки для локализации рудоперспективных участков на Полярном Урале в пределах номенклатурных листов R-42, Q-42. При дешифрировании материалов многозональной космической съемки среднего (ASTER, Landsat) и высокого (Канопус-ПСС, Ресурс-П) разрешения выявлены линейные, дуговые и кольцевые структурные элементы, контролирующие локализацию уран-молибденового и хромито-платинового оруденения Полярного Урала. Дешифрирование в различных спектральных ИК-каналах зон метасоматических измененных пород позволило локализовать площади для постановки детальны́х работ. На основе космической съемки высокого разрешения подготовлены крупномасштабные структурно-тектонические схемы и намечены участки детализации для наземных заверочных работ.

Ключевые слова: многозональная космическая съемка, поисковые признаки, месторождения, хром, платина, уран, молибден, Полярный Урал

DOI: 10.31857/S0205961425010055, **EDN:** DHWCAI

ВВЕДЕНИЕ

Для среднемасштабного дешифрирования применялись материалы многозональной космической съемки Landsat-7 (США) и ASTER (Япония). На их основе выявлены зоны околорудно-измененных пород (березиты, вторичные кварциты, серицит-гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты). Дистанционные основы поисковых площадей подготовлены на основе многозональной космической съемки Ресурс-П (каналы 10, 21, 22, 23, 33) и панхроматической съемки Канопус-ПСС с разрешением на местности 1–3 м.

На основе этих материалов выполнено космодешифрирование и проведен линеаментный анализ геологических структур. Дешифрирование локальных вулканогенных структур, метасоматических пород и субвулканических образований позволило на основе данных космосъемки наметить площади, рекомендуемые для наземной заверки.

Методические приемы прогнозирования оруденения на основе дистанционных методов включа-

ют применение космических данных для дешифрирования структурных элементов (линеаментов), контролирующих пространственное расположение месторождений и рудопоявлений, а также для локализации участков гидротермально-метасоматических пород. Применение ГИС-технологий при изучении пространственного распределения рудных объектов разного уровня позволяет подобрать новые критерии прогноза оруденения. Большие массивы исходных данных, полученных при космической съемке высокого и среднего разрешения, и геолого-геофизические данные обрабатывались с помощью программных средств ArcGIS, ENVI, Adobe Photoshop.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМОДЕШИФРИРОВАНИЯ ПЛОЩАДИ ХАХАРЕМПЭ (УРАН-МОЛИБДЕНОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ)

Площадь Хахаремпэ расположена в западной части листа R-42-XXXI. В строении листа R-42-XXXI

участвуют структурно-вещественные комплексы 3-х структурных этажей: рифейско-раннекембрийского, кембрийско-верхнепалеозойского и мезозойско-кайнозойского, отвечающих соответственно байкальской (кадомской), каледоно-варисской и альпийской эпохам складчатости (Государственная..., 2003). Они характеризуются различным структурным планом, разделены угловыми и азимутальными несогласиями нередко с крупными перерывами в осадконакоплении. Нижний структурный этаж ($R-E_1$) сложен метаморфизованными породами очетывисской, лядгейской, сядатинской, арканьдской свит, для него характерно сложное сочетание палеовулканических и дисплекатных структурных элементов. Средний структурный этаж (E_3-P_1) сложен метаморфизованными (зеленосланцево-зеленокаменная фация) осадочными, вулканогенно-осадочными рифтогенными, шельфовыми и склоновыми комплексами палеозоя в сочетании с дизъюнктивными и дисплекатными структурами. Верхний структурный этаж ($Mz-Kz$) представлен слабо литифицированными и рыхлыми осадочными формациями морского и континентального типов, осложненных процессами внутриплитной активизации. Главными структурами фундамента являются Оченырдынский и Лекынтальбейский блоки (рис. 1). Внутреннее строение Оченырдынского блока определяется системой палеовулканических структур центрального и линейного типов (Лядгейский, Мунтысяпейский, Кызыгейский, Хахаремский палеовулканы), осложненных сериями палеократеров (Тизнезашорский, Малая Кальдера-Пэ, Восточнокызыгейский и др.) в сочетании с шельфово-молассоидными осадками очетывисской, лядгейской и арканьдской свит. Последние нередко смяты в изоклинальные опрокинутые на запад складки с крутым ($60-70^\circ$) падением крыльев. Палеовулканические структуры, как правило, разбиты сериями кольцевых и радиальных дизъюнктивов и системой более молодых discordантных северо-западных и субмеридиональных (Нярминский, Кызыгейский сбросо-сдвиги) структур. Восточное крыло Оченырдынского блока осложнено системой субпараллельных надвигов (Верхненярминский, Сангаряхинский), которые характеризуются достаточно крутыми углами падения сместителей. На востоке Оченырдынский блок погружается под литорально-шельфовые комплексы палеозоя, слагающие Саурейскую синклиналь, осложненную с востока Саурейяхинской коллизионной зоной.

Структурной особенностью площади является широкое развитие покровно-надвиговых дислокаций, нарушенных системой субвертикальных активизационных структур сбросо-раздвигового типа. Карско-Нярминский паравтохтон, расположенный к северу от Оченырдынского блока, изве-

стен в литературе как “нярминский треугольник”. Он сложен интенсивно дислоцированными карбонатно-углеродистыми отложениями харотской свиты ($S-D_1$) и со всех сторон ограничен тектоническими нарушениями взбросо-надвигового типа, падающими под углами $70-80^\circ$. Карско-Нярминскую структуру и Оченырдынский блок разграничивает Малотальбейский структурный шов. Внутреннее строение шовной зоны весьма сложное: это тектониты, бластомилониты с горизонтами псевдодоконгломератов. Последние представляют из себя будинаж-структуры с милонитизацией и развальцеванием наиболее прочных пород.

Саурейяхинский структурный шов ограничивает с запада допалеозойский Лекынтальбейский блок. Его отличительная особенность — насыщенность магматитами: серпентинизированными ультрабазитами, габброидами и долеритами. Протяженность Саурейяхинского шва составляет порядка 50 км. Генеральное простирание северо-восточное $25-30^\circ$. Основные швы западного ограничения Саурейяхинской структуры имеют восточное падение (азимут падения $110-120^\circ$) под углами $55-60^\circ$.

Структурные швы (разломы первого порядка) фиксируются в гравиметрическом поле понижением значений Δg (рис. 2). При интерпретации потенциальных полей (гравитационного и магнитного) и их трансформаций с привлечением данных сейсморазведки (ГСЗ) установлена связь структуры гравитационного поля и, особенно, его локальных составляющих с подъемом дорифейского кристаллического фундамента платформы (Государственная..., 2003). Положительные аномалии магнитного поля фиксируют систему Верхненярминского и Сангаряхинского разломов, Тизнезашорскую палеовулканическую структуру, Комсомольский гипербазитовый массив. Среди разломов второго порядка можно выделить несколько групп, различающихся направлением и формой в плане, временем заложения и морфологией. По направлению различают: северо-западное, субмеридиональное, северо-восточное и субширотное. Разломы северо-западного и северо-восточного направлений были заложены в допалеозойское время. Их отличительная особенность — протяжённость и прямолинейность в плане, секущий характер по отношению к границам структурно-формационных зон и подзон. В плане это, как правило, зоны шириной несколько десятков метров со сложным внутренним строением и морфологией. Древнее заложение имеют, вероятно, и субширотные разломы. Современное тектоническое строение Полярного Урала определено развитием мезозойской блоковой тектоники, наложенной на палеозойские и более древние геологические структуры.

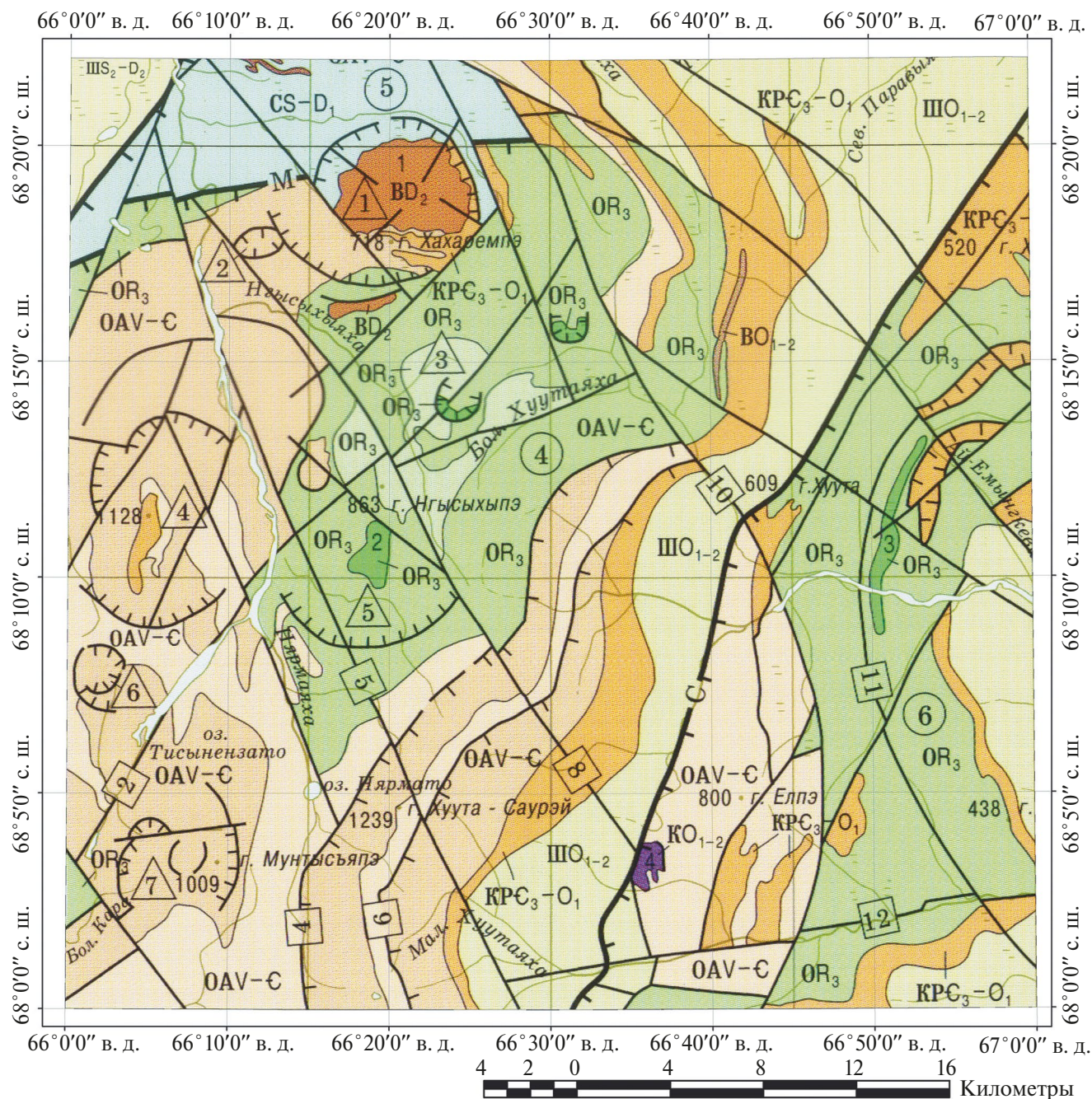


Рис. 1. Тектоническая схема масштаба 1:500000. R-42-XXXI.
Условные обозначения на рис. 1а.

На Полярном Урале урановые месторождения известны в западной части северного периклинального замыкания Ляпинского антиклинория и пространственно связаны с полосой развития рифей-кембрийских кислых вулканитов (Машковцев и др., 2010). Месторождения молибден-урановой формации отличаются пространственной и парагенетической связью с комплексами позднеорогенного вулканизма, штокверковым строени-

ем рудных тел и генетической связью оруденения с различными фациями метасоматической формации березитов (Бойцов и др., 2008).

Распределение метасоматических пород на исследуемой площади подчинено линейным разрывным структурам северо-восточного простираения (рис. 3). Наиболее отчетливо метасоматические изменения проявлены в зоне Саурейяхинского структурного шва и Сангаряхинского надвига. Все исследованные

Геодинамические комплексы и слагающие их формации

Геодинамические комплексы Структурные этажи	Внутриплитные			Континентальной окраины		Субдукционные		Коллизионные
	Плитного чехла	Горячих точек	Континентального (окаинно-континентального) рифта	Шельфа	Континентального склона	Островодужные	Активной окраины андийского типа	
		В	КР	Ш	С	О	ОА	К
Палеозойский (C ₃ –P)		BD ₂ Трахириолитовая BO ₁₋₂ Базальт-риолит-андезитовая (вулканомиктовая)	KPC ₃ -O ₁ KPC ₃ -O ₁ Песчаниково-галечная	ШS ₂ -D ₂ Известняково-доломитовая ШO ₁ -2 Алеврито-песчаниковая	CS-D ₁ Известняково-глинисто-кремнистая (углерод-содержащая)			KO ₁₋₂ Ультрамафитовая
Рифейско-раннекембрийский (R ₃ –C ₁)					Известняково-песчаниково-глинистая (углерод-содержащая)		OAV-C Риолит-базальтовая OAV-C Алеврито-песчаниковая OR ₃ Габбро-диорит-гранодиоритовая OR ₃ Базальт-андезит-дацитовая	

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

⑤ Главные структуры и их номера

Антиклинории

Малокарский

Блоки: Оченырдынский — 4, Лекынтальбейский — 6

Паравтохтоны

Карско-Нярминский — 5

△ Палеовулканические структуры и их номера

1 — Хахаремская 5 — Кызыгейская
2 — Малая Кальдера-Пэ 6 — Мунтысяпейская
3 — Восточнокызыгейская 7 — Тизнезашорская
4 — Лядгейская

Разрывные нарушения

Главные

Прочие

(структурные швы) (а — достоверные, б — предполагаемые)

Надвиги

Надвиги

Неустановленной кинематики

Геологические границы

Разломы — ограничения вулcano-тектонических структур

Разрывные нарушения

Главные (структурные швы)

M — Малотальбейский, C — Саурейяхинский

① Второстепенные

2 — Тизнезатинский 8 — Кызыгейский
4 — Верхненярминский 10 — Озерный
5 — Нярминский 11 — Бедашорский
6 — Сангаряхинский 12 — Малохуутинский

Интрузивные массивы и их номера

1 — Хахаремский, 2 — Кызыгейский,
3 — Бедашорский, 4 — Комсомольский

Рис. 1а. Условные обозначения к рис. 1.

типы метасоматитов (березиты, пропилиты, вторичные кварциты, серицит-гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты) установлены по данным космодешифрирования на площади Лядгейской и Мунтысяпейской палеовулканических структур. Ореол березитов и серицит-гидрослюдисто-кварцевых метасоматитов отмечен также на южной пе-

риферии Хахаремской палеовулканической структуры. Методические подходы для использования многозональной космической съемки ASTER с целью получения информации по различным типам метасоматических пород изложены в наших публикациях (Миловский и др., 2023). Использовались замеренные и библиотечные спектры эталон-



ных минералов из источников свободного доступа NASA и др. (JPL, USGS).

С помощью космической съемки высокого разрешения Ресурс-П проведено изучение геологических структур площади Хахаремпэ, в пределах которой ранее была установлена молибденит-настурановая

минерализация. Три проявления урана (Валерьевское III-1-3, Валентиновское III-2-1, Андриано-Павловское III-2-3) расположены в экзоконтакте Хахарецкого массива трахириолитов и относятся к молибденит-настурановой рудной формации (рис. 4). Андриано-Павловское проявление урана (III-2-3) является наиболее изученным, залегает

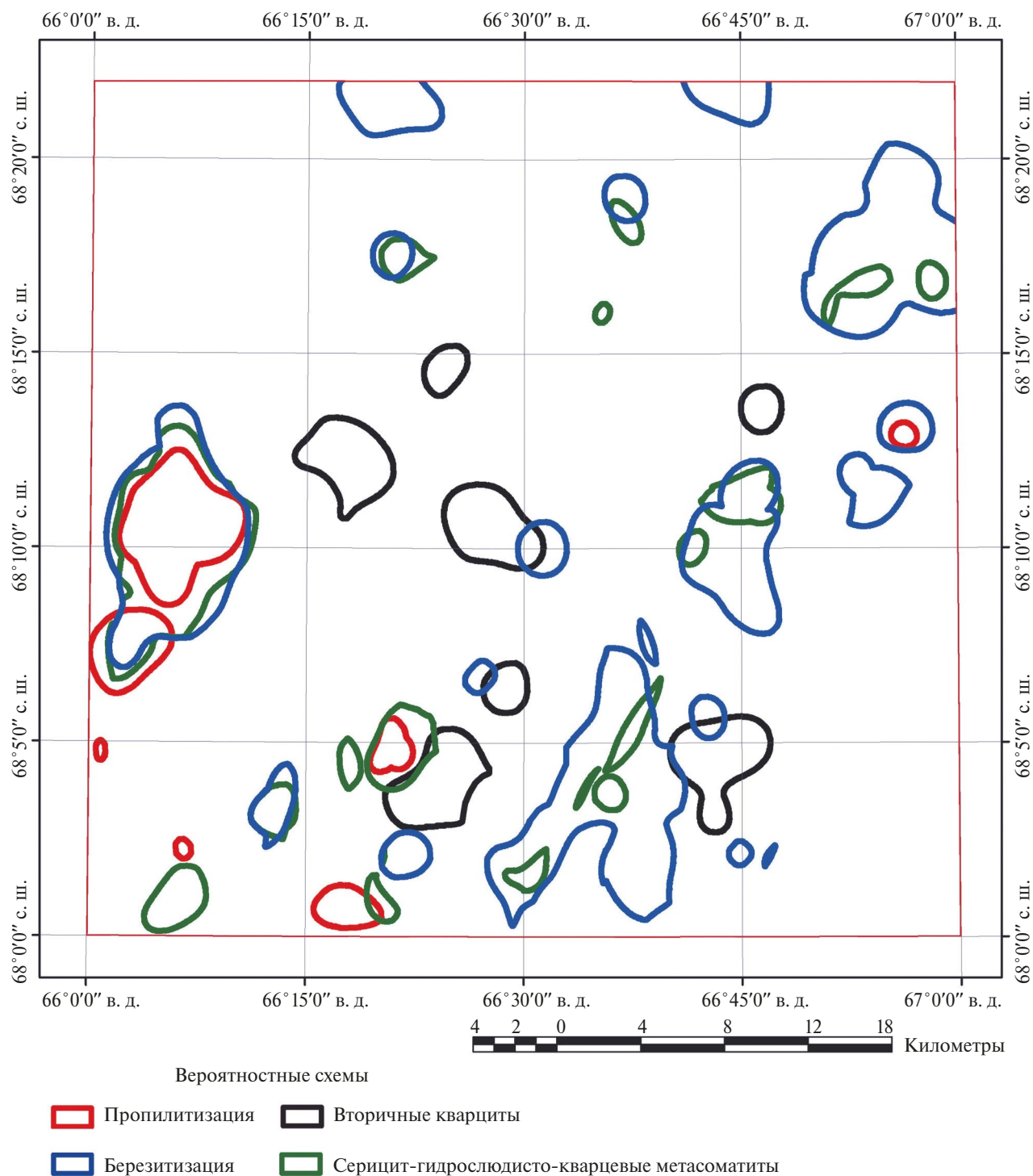


Рис. 3. Карта метасоматических пород по материалам космической съемки ASTER. R-42-XXXI.

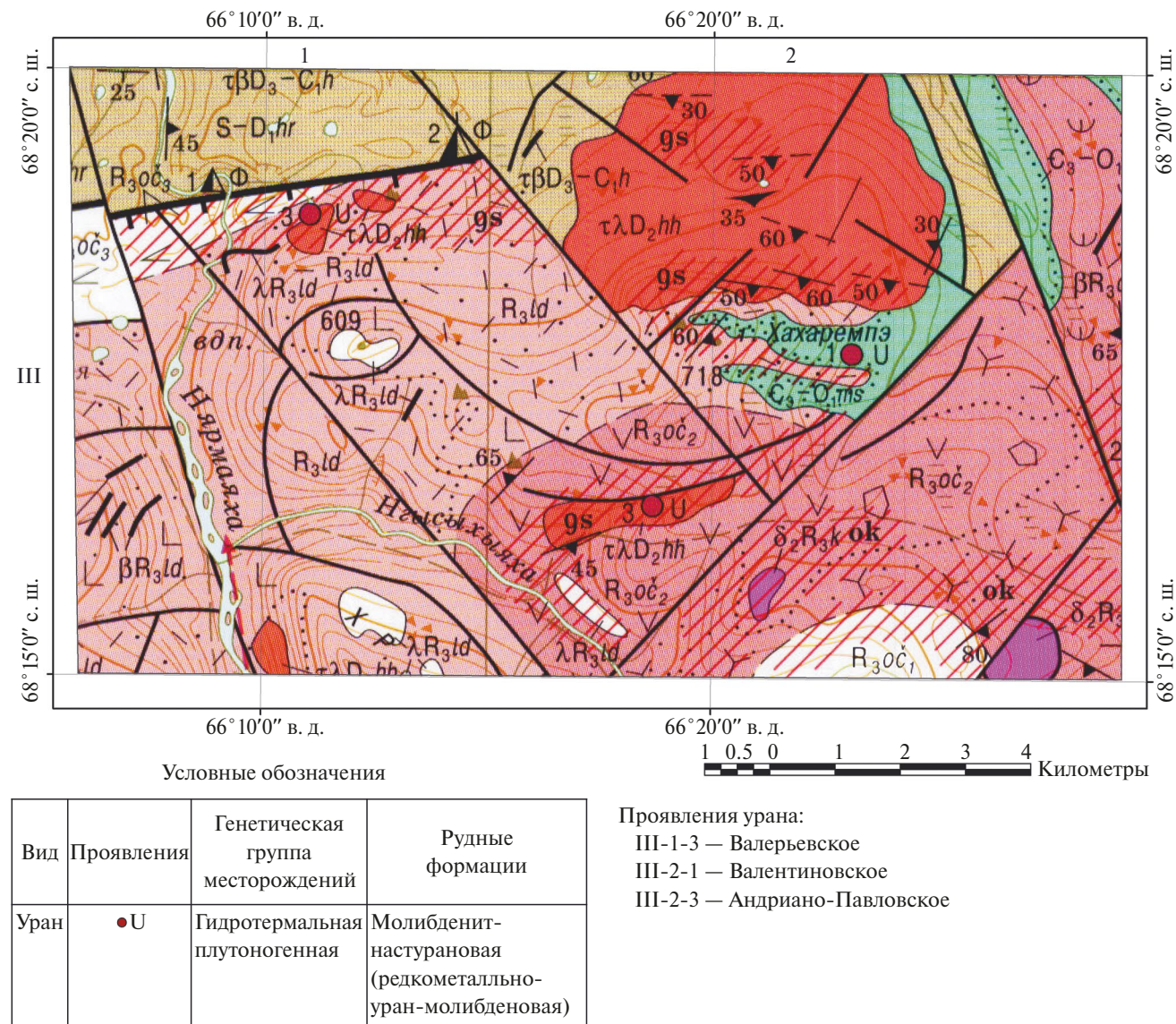


Рис. 4. Площадь детализации Хахаремпэ. Карта полезных ископаемых масштаба 1:200000. R-42-XXXI. Условные обозначения см. на рис. 4а.

в толще вулканогенно-осадочных пород среднего состава очетывисской свиты ($R_3 oc$). Приурочено к субширотному телу гидротермально-измененных трахириолитов хахаремского комплекса ($\tau \lambda D_3 hh$). В теле трахириолитов шесть рудоносных зон, контролируемых тектоническими нарушениями северо-западного простирания. В рудоносных зонах проявлена прожилково-вкрапленная рудная минерализация настурана, пирита, галенита, сфалерита, арсенопирита. Урановая минерализация наложена на полиметаллическую.

В результате обработки материалов космической съемки (рис. 5) площади Хахаремпэ выявлены линеаменты северо-западного, северо-восточного и субширотного направления; локальные кольце-

вые структуры; проведено оконтуривание границ лаво-пирокластических и субвулканических образований по фототону. Преобладающим развитием пользуются разрывные нарушения северо-западного простирания — Няرمинский, Кызыгейский и др. Эти разломы осложнены мелкими сдвиговыми деформациями преимущественно северо-восточного простирания. Малотальбейская шовная зона представлена несколькими субпараллельными дизъюнктивами, осложненными разломами северо-западного простирания. В строении Хахаремской кольцевой структуры выявлены дуговые и линейные разрывные нарушения, отражающие особенности строения как массива трахириолитов, так и вмещающих его пород. По юго-юго-восточному обрамлению Хахаремской кольцевой струк-

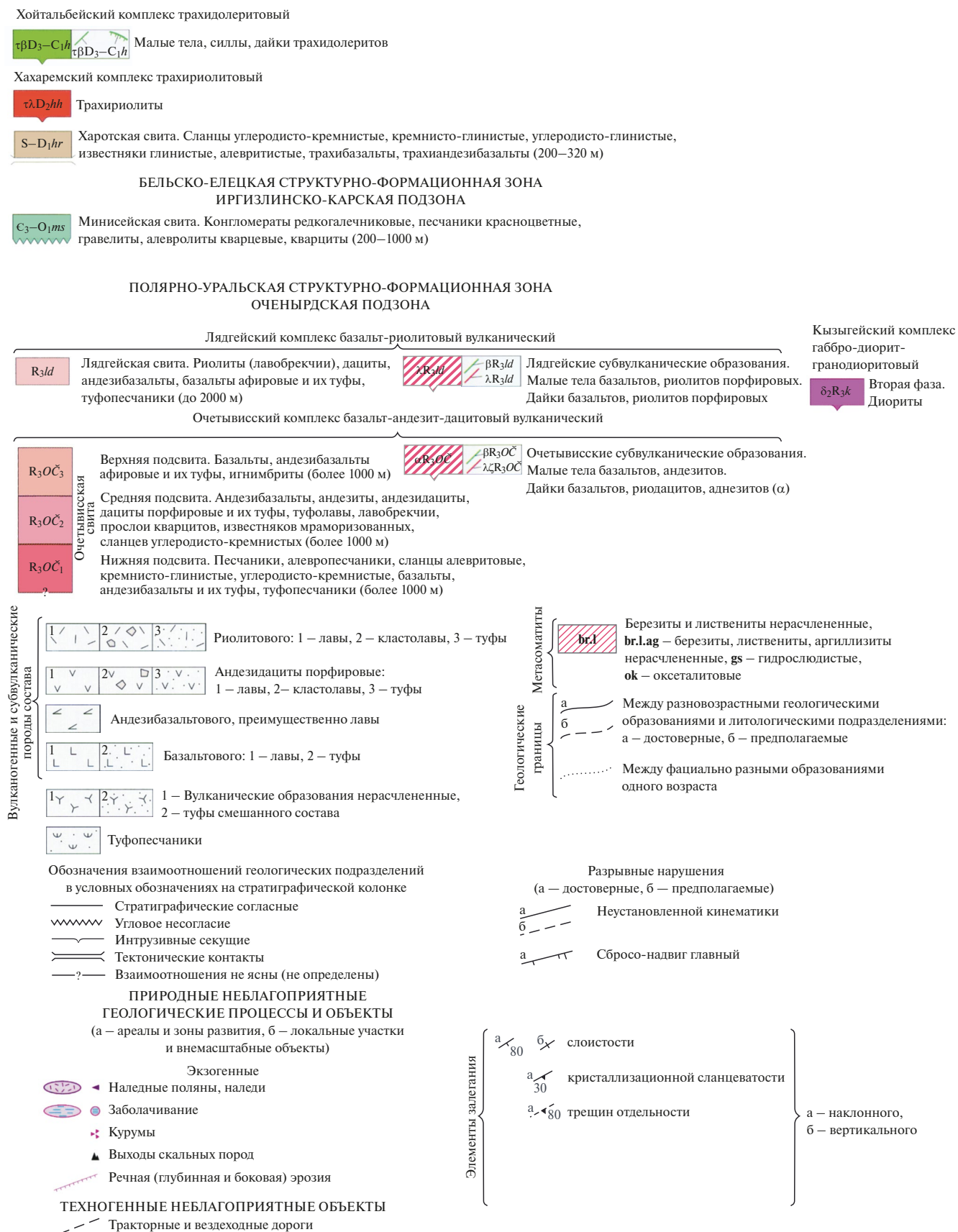


Рис. 4а. Условные обозначения к рис. 4.

туры отдешифрирована (по фототону) граница риолитовых туфов лядгейской свиты (R_3ld) и алевропесчаников минисейской свиты (E_3-O_1ms). В южной части площади детализации по фототону отдешифрированы контуры интрузивного тела диоритов кызыгейского комплекса (δ_2R_3k), локализованного в поле развития эффузивных образований (андезитов) очетывисской свиты ($R_3o\delta_2$).

При более детальном рассмотрении площади Хахаремпэ в масштабе 1:20000 на КС выявлены дополнительные структурные элементы, представленные линеаментами субширотного и северо-западного простирания, дуговыми структурами. Локальные кольцевые структуры на площади Хахаремпэ установлены в поле вулканитов очетывисской и лядгейской свит. Они осложнены разрывными нарушениями и тяготеют к крупным линейным дизъюнктивам северо-восточного и северо-западного простирания.

Рудопоявление Валерьевское (III-1-3) приурочено к штоку трахириолитов хахаремского комплекса в дуге пересечения разломов северо-восточного и северо-западного простирания. Рудопоявление Валентиновское (III-2-1) тяготеет к разлому северо-западного простирания в области контакта лядгейской и минисейской свит. В этой области по результатам обработки многозональной космической съемки ASTER можно прогнозировать наличие березитов и серицит-гидрослюдисто-кварцевых метасоматитов. Рудопоявление Андриано-Павловское (III-2-3), как отмечалось выше, приурочено к субширотному телу трахириолитов хахаремского комплекса. Контуры этого тела были отдешифрированы по фототону. В центральной части тела отмечено смещение по разлому северо-западного простирания.

Таким образом, комплексный анализ многозональной космической съемки, включая съемку



Рис. 5. Площадь детализации Хахаремпэ. Космическая съемка Ресурс-П маршрут № 9861_1. Канал 10. R-42-XXXI.

высокого разрешения Ресурс-П, показал, что для прогнозирования оруденения в масштабе как рудных полей, так и отдельных перспективных участков (месторождений) может быть использован широкий спектр поисковых признаков, включающий структурный фактор (линейные, дуговые, кольцевые структуры различного ранга), литологический фактор (оценка литологического состава рудовмещающих пород по фототону) и фактор гидротермальных изменений (выявление метасоматитов различного состава, предшествующих и сопутствующих процессу рудоотложения).

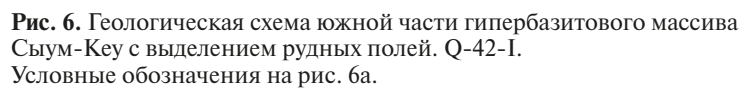
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМОДЕШИФРИРОВАНИЯ ПЛОЩАДИ ХАДАТИНСКАЯ (ХРОМИТО-ПЛАТИНОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ)

Детальное изучение обнаруженных в конце XX века месторождений коренной платины нижнетагильского типа показало, что содержания суммы металлов платиновой группы (МППГ) связаны с железистостью дунита (Додин и др., 2010). Количество МППГ в рудных зонах составляет 2–10 г/т (иногда содержание Pt достигает 20–50 г/т). Металлогенический потенциал коренной платины нижнетагильского типа составляет 19000 т. По целому ряду параметров нижнетагильский тип аналогичен знаменитому Бушвельду. Ряд проявлений этого типа установлен на Полярном и Приполярном Урале, достигая массивов Рай-Из и Сыум-Кеу. Изучение платиноносности ультраосновного массива Сыум-Кеу выявило два типа платинометальной минерализации, связанной с хромитовыми рудами и проявлениями сульфидов (Гурская и др., 2003). Хромитовые руды отличаются развитием трех минеральных ассоциаций: эрлихманит-лауритовой в высокомагнезиальных хромитовых рудах, сперрилит-ирарсит-лауритовой в глиноземистых хромитовых рудах, обогащенных сульфидами и ферро-платиновой в крупнозернистых перекристаллизованных дунитах с убоговкрапленными хромитами высокожелезистого состава.

Хадатинская площадь расположена в южной части гипербазитового массива Сыум-Кеу (рис. 6). Раннесилурийская интрузия Сыум-Кеу представлена гипербазитами дунит-гарцбургитовой формации (Геологическая..., 1984; Государственная..., 2014). Гипербазитовый массив Сыум-Кеу приурочен к дугообразному сопряжению в зоне Главного глубинного разлома, отделяющего восточное крыло Центрально-Уральского антиклинория от западного крыла Щучинского синклинория. В строении массива Сыум-Кеу принимают участие серпентиниты, пироксениты, перидотиты и дуниты. Серпентиниты развиты в небольших масштабах. Они

слагают западную приконтактовую часть массива Сыум-Кеу. Пироксениты фиксируются в основном в восточной периферической части массива Сыум-Кеу, где слагают сравнительно небольшие тела (до 1.5×7 км). Жильные пироксениты встречаются довольно часто среди перидотитов и дунитов массива Сыум-Кеу в виде даек мощностью до 8–10 м. Перидотиты являются самыми распространенными породами массива Сыум-Кеу. Полосчатость в перидотитах обусловлена чередованием участков разного состава. Участки в виде полос и вытянутых шлиров, состоящие преимущественно из пироксена, чередуются с такими же участками, состоящими из одного оливина или почти одного оливина. Мощность полос и шлиров измеряется десятками сантиметров, или метрами. Перидотиты представлены почти исключительно гарцбургитами и очень редко верлитами. Гарцбургиты состоят из оливина (70–80%), ромбического пироксена (15–30%). Верлиты встречаются иногда в восточной приконтактовой части массива Сыум-Кеу. Основными породообразующими минералами являются оливин и моноклинный пироксен. Дуниты обособляются среди гарцбургитов как в виде крупных вытянутых тел, так и маломощных полос и шлиров в полосчатых гарцбургитах. В серпентинизированных разностях наблюдается петельчатая или сетчатая структура. Габбро-нориты встречаются в виде небольших тел, прорывающих гипербазиты Сыум-Кеу и вмещающие их габбро-амфиболиты.

В пределах Хадатинской площади для исследований возможностей многозональной космической съемки и космической съемки (КС) высокого разрешения выбраны два участка — Хадатинский и Южно-Хадатинский, представляющие собой хромитоносные зоны, локализованные в структурах различной пространственной ориентации. Хадатинский участок включает прерывистую линейную хромитоносную зону со струйчато-полосчатым оруденением. В результате дешифрирования КС Канопус подтвержден прерывистый характер рудоносной зоны, который может быть обусловлен смещениями по разломам северо-восточного простирания (рис. 7). Проявления хромитов приурочены к дунитам, в связи с этим представляет интерес определение границ дунитовых тел в пределах поля гипербазитов по материалам КС высокого разрешения. На рисунке 8 представлены результаты определения границ дунитов Хадатинского участка по фототону КС Ресурс. Другая процедура обработки КС Ресурс была направлена на уточнение границ струйчато-полосчатого строения оруденения в пределах дунитовых тел. Возможности многозональной КС высокого разрешения для прогнозирования хромитового оруденения представлены на рисунке 9. На Южно-Хадатинском участке по геологическим данным выделены две хромитоносные зоны.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

-  Четвертичные отложения, нерасчлененные (Q)
-  Нюровейский комплекс метаморфитов (PR_{3np})
-  Харампэйско-масловский комплекс габброидов нерасчлененных (O₃-S_{1hm})

КОМПЛЕКСЫ МАНТИЙНЫХ ГИПЕРБАЗИТОВ (O₃-S₁):

Дунит-верлит клинопироксенитовый комплекс

-  Дуниты, верлиты и клинопироксениты нерасчлененные
-  Дуниты с клинопироксеном
-  Клинопироксениты и вебстериты

Дунит – гарцбургитовый комплекс

-  Гарцбургиты с линейными и шлировыми выделениями дунитов до 10%
-  Гарцбургиты с шлирово-полосчатыми выделениями дунитов 10–30%
-  Гарцбургиты с шлирово-полосчатыми выделениями дунитов свыше 30%
-  Дуниты
-  Серпентиниты брусит-антигоритовые

Градация хромоворудных объектов:

-  Проявления (1–107)
-  Пункты минерализации (1–95)
-  Морфология рудных тел уплощенно-линзовидная

Характеристика хромовых руд по густоте вкрапленности:

-  Густовкрапленные и сплошные
-  Редко-средневкрапленные
-  Убоговкрапленные

Минеральные типы хромовых руд:

- ⊕ Высокохромистые (Cr₂O₃ в хромшпинелиде > 46%)
- ⊖ Глиноземистые (Cr₂O₃ в хромшпинелиде < 46%, Al₂O₃ > 17%)

А. высокохромистый тип (красное); Б. глиноземистый тип (синее)

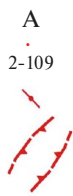
- А 2-109  Отдельные рудные точки (единичные обломки хромовых руд)
- Б 5-97  Внемасштабные изображения струйчато-полосчатого оруденения
-  Хромитоносные зоны
-  Контуры рудных полей, их номера и названия:
 1. Хадатинское рудное поле
 2. Южно-Хадатинское рудное поле
- Южный I  Контуры детализационных участков и их названия.
-  Виды геологоразведочных работ:
 - Б. бурение поисковых скважин глубиной до 50–150 м;
 - Г. горные работы (проходка канав);
 - ГМ. гравимагниторазведочные работы (шаг наблюдений 20 (10) м) в профильном варианте

Рис. 6а. Условные обозначения к рис. 6, 7, 8, 10.

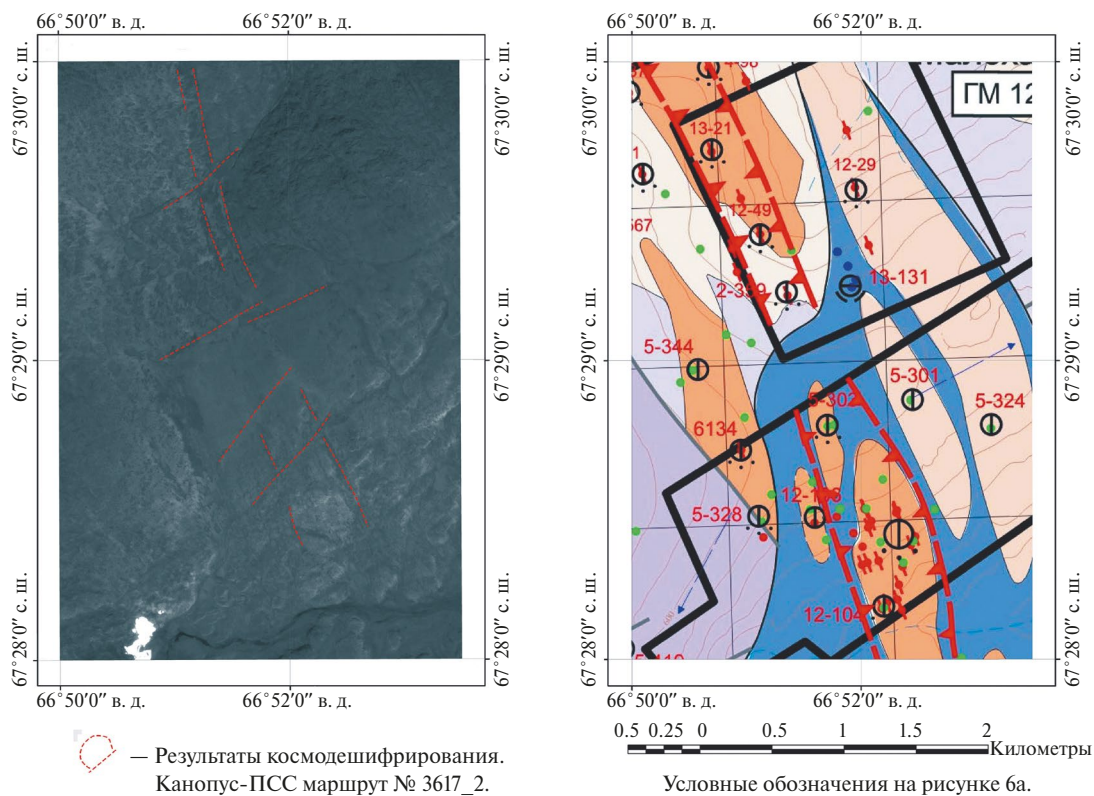


Рис. 7. Участок детализации Хадатинский.

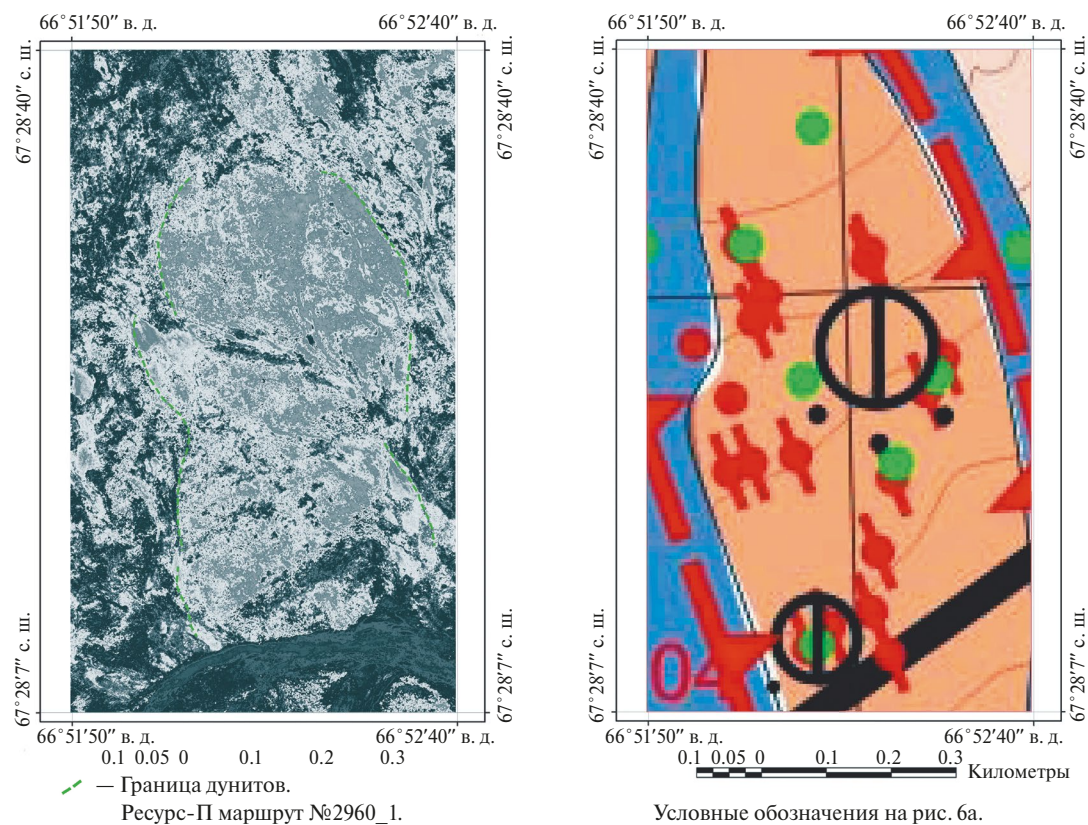


Рис. 8. Участок детализации Хадатинский. Особенности строения дунитовых тел.

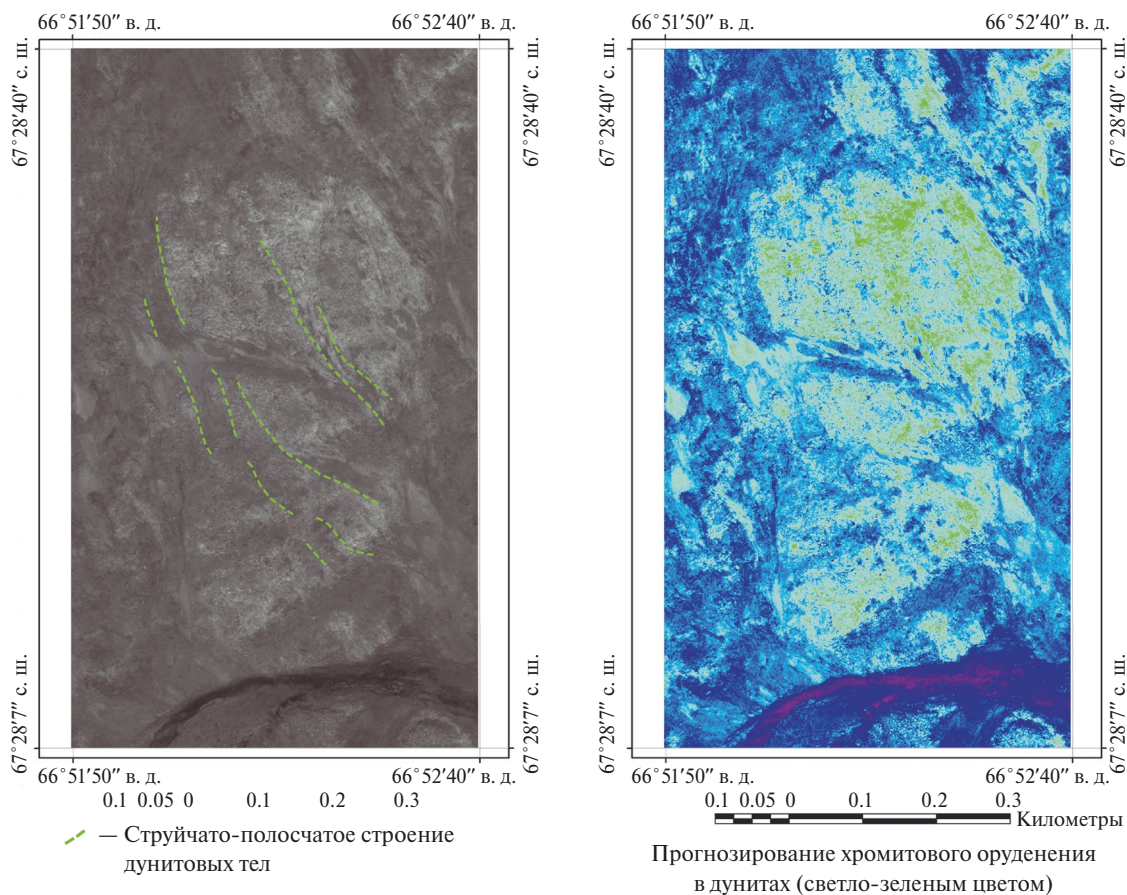


Рис. 9. Участок детализации Хадатинский. Ресурс-П маршрут № 2960_1.

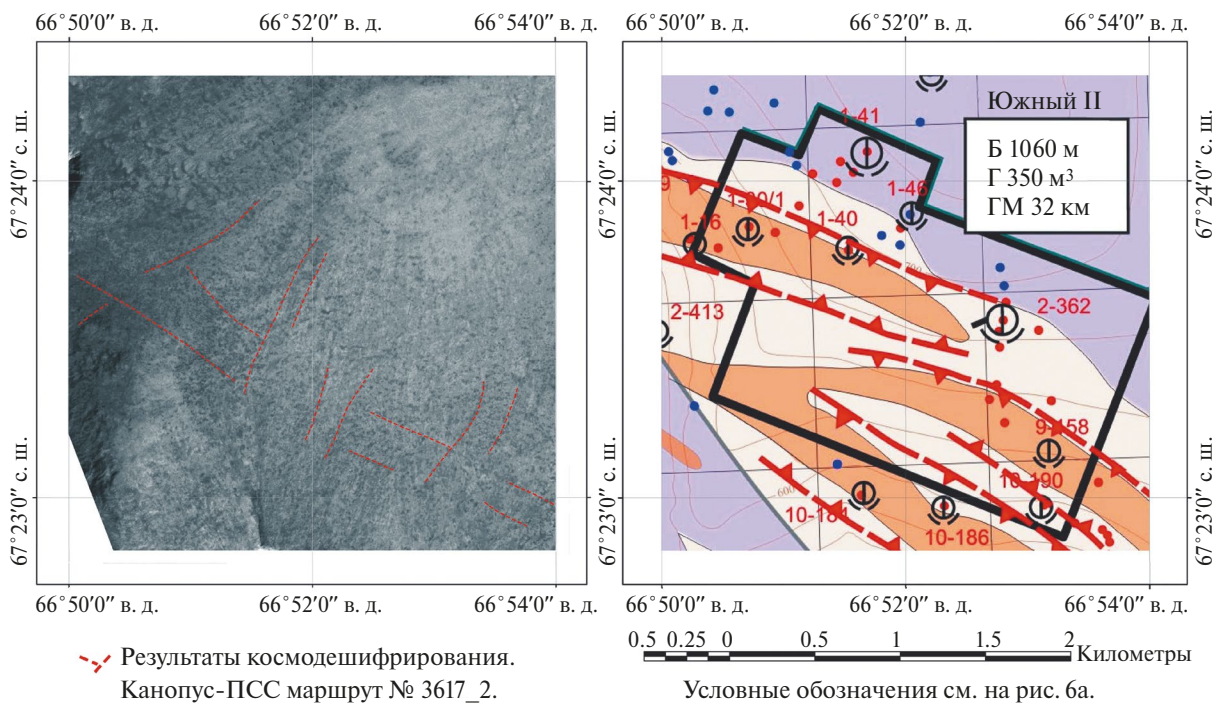


Рис. 10. Участок детализации Южно-Хадатинский.

Анализ КС Ресурс позволяет на данной площади выделить только одну зону северо-западного простираения, разделенную на три фрагмента дизъюнктивными северо-восточной ориентации (рис. 10).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе компьютерной обработки ИК-космической съемки площади Хахаремпэ выявлены дизъюнктивы, контролирующие размещение молибденит-настурановой минерализации, и площади развития гидротермально-изменённых пород (безрезитов, серицит-гидрослюдисто-кварцевых метасоматитов). Преобладающим развитием пользуются разрывные нарушения северо-западного простираения, которые осложнены мелкими сдвиговыми деформациями преимущественно северо-восточного простираения. Анализ многозональной космической съемки, включая съемку высокого разрешения Ресурс-П, показал, что для прогнозирования молибденит-настуранового оруденения в масштабе как рудных полей, так и отдельных перспективных участков (месторождений) может быть использован широкий спектр поисковых признаков, включающий структурный фактор (линейные, дуговые, кольцевые структуры различного ранга), литологический фактор (оконтуривание границ лаво-пирокластических и субвулканических образований по фототону) и фактор гидротермальных изменений (выявление метасоматитов различного состава, предшествующих и сопутствующих процессу рудоотложения).

Применение космической съемки высокого разрешения в пределах Хадатинской площади массива Сыум-Кеу позволило определить структурную позицию хромитоносных зон и уточнить границы рудовмещающих дунитов по фототону. В результате дешифрирования космической съемки Канопус-ПСС и Ресурс-П установлен прерывистый характер рудоносной зоны, который обусловлен смещениями по разломам северо-восточного простираения, определены контуры дунитовых тел

в пределах поля гипербазитов. Обработка космической съемки Ресурс-П позволила уточнить границы струйчато-полосчатого строения оруденения в пределах дунитовых тел.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена по теме Госзадания № 122040300015-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бойцов В.Е., Верчеба А.А. Геолого-промышленные типы месторождений урана: М.: КДУ, 2008. 310 с
- Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Серия Северо-Уральская. Лист Q-42-I. Объяснительная записка. М.: ВСЕГЕИ, 1984. (Министерство геологии СССР, Главное Тюменское ПГО).
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Второе издание. Серия Полярно-Уральская. Лист R-42-XXXI, XXXII. Объяснительная записка. — СПб., ВСЕГЕИ., 2003. (МПР России по Ямало-Ненецкому АО).
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42 — Салехард: Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. 396 с.
- Гурская Л.И., Смелова Л.В. Платинометальное минералообразование и строение массива Сыум-Кеу (Полярный Урал) // Геология рудных месторождений, 2003, 45, 4, 353-371.
- Додин Д.А., Додина Т.С., Золов К.К., Коротеев В.А., Чернышов Н.М. Платина России: состояние и перспективы // Литосфера. 2010. № 1. С. 3—36.
- Машковцев Г.А., Константинов А.К., Мичута А.К., Шумилов М.В., Щеточкин В.Н. Уран российских недр. М.: ВИМС, 2010. 850 с.
- Миловский Г.А., Кирсанов А.А., Липияйнен К.Л., Апарин А.Д. Прогнозирование золото-серебряного оруденения в пределах Пепенвеевской рудной зоны Чукотского полуострова на основе космической съемки Ресурс, Канопус и ASTER // Исслед. Земли из космоса. 2023. № 4. С. 26-41.
- JPL (<https://speclib.jpl.nasa.gov/library>).
- USGS (<https://crustal.usgs.gov/speclab/QueryAll07a.php>).

The Use of Space Survey Materials Resurs-P, Canopus-PSS, ASTER and Landsat for Forecasting Uranium-Molybdenum and Chromite-Platinum Mineralization in the Polar Urals

G. A. Milovsky¹, A. D. Aparin¹, A. R. Ibragimov¹, A. A. Kirsanov², K. L. Lipiyainen²

¹Scientific Geoinformation Center of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²All-Russian Scientific Research Geological Institute named after A.P. Karpinsky, St. Petersburg, Russia

Methods of complex analysis of the results of space, gravimetric and magnetometric surveys for localization of ore-promising sites in the Polar Urals within the nomenclature sheets R-42, Q-42 have been developed. When decoding the materials of multi-zone satellite imagery of medium (ASTER, Landsat) and high (Canopus-

PSS, Resurs-P) resolution, linear, arc and ring structural elements controlling the localization of uranium-molybdenum and chromite-platinum mineralization of the Polar Urals were revealed. The decoding of zones of metasomatically altered rocks in various spectral IR channels made it possible to localize areas for detailed work. Based on high-resolution satellite imagery, large-scale structural and tectonic schemes have been prepared and areas of detail for ground-based verification work have been outlined.

Keywords: multi-zone satellite imagery, search signs, deposits, chromium, platinum, uranium, molybdenum, Polar Ural

REFERENCES

- Boytsov V.E., Vercheba A.A. Geologo-promyshlennye tipy mestorozhdenij urana: M.: KDU, 2008. 310 p.
- Geologicheskaya karta SSSR. Masshtab 1:200000. Seriya Severo-Ural'skaya. List Q-42-I. Ob'yasnitel'naya zapiska. M.: VSEGEI, 1984. (Ministerstvo geologii SSSR, Glavnoe Tyumenskoe PGO).
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:200000. Vtoroe izdanie. Seriya Polyarno-Ural'skaya. List R-42-XXXI, XXXII. Ob'yasnitel'naya zapiska. SPb., VSEGEI, 2003. (MPR Rossii po Yamalo-Nenecskomu AO).
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1000000 (tret'e pokolenie). Seriya Zapadno-Sibirskaya. List Q-42 Salekhard: Ob'yasnitel'naya zapiska. SPb.: VSEGEI, 2014. 396 p.
- Gurskaya L.I., Smelova L.V. Platinometal'noe mineralo-obrazovanie i stroenie massiva Syum-Keu (Polyarnyj Ural) // Geologiya rudnyh mestorozhdenij, 2003, 45, 4, 353-371.
- Dodin D.A., Dodina T.S., Zoloev K.K., Koroteev V.A., Chernyshov N.M. Platina Rossii: sostoyanie i perspektivy // Litosfera. 2010. № 1. P. 3-36.
- Mashkovtsev G.A., Konstantinov A.K., Michuta A.K., Shumilin M.V., Shchetochkin V.N. Uran Rossijskih neдр. M.: VIMS, 2010, 850 p.
- Milovsky G.A., Kirsanov A.A., Lipiyainen K.L., Aparin A.D. Prognozirovanie zoloto-serebryanogo orudeneniya v predele Pevenveemskoj rudnoj zony CHukotskogo poluostrova na osnove kosmicheskoy s'emki Resurs, Kanopus i ASTER // Issled. Zemli iz kosmosa. 2023. № 4. P. 26-41.
- JPL (<https://speclib.jpl.nasa.gov/library>).
- USGS (<https://crustal.usgs.gov/speclab/QueryAll07a.php>).