

**ЛИТОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ УЧУРО-МАЙСКОЙ МЕЗО-НЕОПРОТЕРОЗОЙСКОЙ ВПАДИНЫ
(СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)**

М.В. Горошко, Г.З. Гильманова

ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, ул. Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск,
680000; e-mail: gilyulya@yandex.ru

Поступила в редакцию 21 октября 2011 г.

Построены схема геологического строения Учуро-Майской впадины, схемы разрывных структур по данным дешифрирования преобразованных цифровых моделей рельефа, обработанной фильтром выделения границ (модуль градиента рельефа), суммарных линейных линеаментов и плотности элементарных линейных элементов. На схемы вынесены положения месторождений и рудопроявлений различных металлов в границах Учуро-Майской впадины. Установлены структурные и литологические факторы контроля рудных проявлений. Проведен анализ положения рудных объектов относительно разломов различного направления, линеаментной сети по данным обработки цифровой модели рельефа и плотности линейных элементов. Важнейшими факторами литологического контроля рудных месторождений являются зоны предмезопротерозойского структурно-стратиграфического несогласия, контакты мезопротерозойских свит с контрастными физико-химическими свойствами и пачки высокопористых (кавернозных) доломитов в юдомской серии венда.

Ключевые слова: мезо-неопротерозой, стратиграфия, тектоника, магматизм, металлогения, цифровые модели рельефа, структурный и литологический контроль руд, Учуро-Майская впадина, Алдано-Становой щит.

ВВЕДЕНИЕ

Мезо-неопротерозойские (рифейские) осадочные бассейны докембрийских платформ мира привлекают к себе внимание геологов в связи с обнаружением во многих из них суперкрупных урановых, никель-кобальт-урановых, медных, полиметаллических, золото-медно-урановых, железо-ниобий-редкоземельных и золоторудных месторождений, играющих ведущую роль в горной промышленности различных стран. Такие месторождения известны на Австралийской, Южно-Африканской, Северо-Американской, Северо-Китайской платформах. Большими перспективами на обнаружение суперкрупных месторождений в мезо-неопротерозойских осадочных бассейнах обладает и пока слабо изученная Сибирская платформа на востоке России, где выявлены многочисленные неоцененные урановые, медные, полиметаллические, молибденовые, золотые, ванадиевые и другие месторождения и рудопроявления.

Нами рассматриваются металлогения и литолого-структурные закономерности локализации месторождений в мезо-неопротерозойской Учуро-Майской впадине на юго-востоке Сибирской платформы.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании использовались дешифрирование преобразованных цифровых моделей рельефа, интерпретация гравиметрических, магнитных и аэроспектрометрических полей, данные кадастров полезных ископаемых производственных организаций, опубликованные научные статьи и геологические карты различных масштабов.

Исходным материалом для дешифрирования и обработки послужили цифровые модели рельефа (ЦРМ) SRTM-03 и Aster Dem. SRTM-03, которые имеют следующие исходные характеристики: размер ячейки 3×3 секунды (примерно 90 м), проекция Lat/Lon на эллипсоиде WGS 84 (World Geodetic System 1984) с исходной отметкой над уровнем моря, определяемой геоидом WGS84-EGM96 (Earth Gravitational Model). SRTM-03 на территории России на севере распространяются до 60° с.ш., поэтому для исследований Учуро-Майской впадины севернее 60° использовалась цифровая модель рельефа, созданная на базе данных ASTER. После соответствующей обработки точность Aster Dem составила примерно 90 м/пиксель.

С целью повышения возможностей визуального дешифрирования, генерализации изображения для выявления отдельных классов объектов О.В. Рыбасом по оригинальной методике была проведена математическая обработка ЦМР [3, 15], суть которой сводилась к применению фильтра выделения границ (модуль градиента рельефа – МГР). Методика основана на алгоритмах, выделяющих точки цифрового изображения с изменяющейся яркостью или другими неоднородностями. Применение фильтра выделения границ существенно уменьшает количество обрабатываемых данных; отфильтрованная часть изображения считается менее значимой, а наиболее важные структурные свойства изображения сохраняются.

Далее обработка велась с применением методики LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), реализованной в программе WinLESSA [23]. Программа позволяет получать единообразное численное описание изображений различного типа схем, цифровых моделей рельефа, выявлять линейные элементы рисунка и описывать их свойства так, как это принято в геологических исследованиях. В процессе поиска линейных элементов в полутоновом изображении выделяются спрямленные участки границ областей разной яркости. При расчетах размер элементарных линейных элементов задается с учетом разрешения исходного изображения, геологических особенностей исследуемой области и поставленных задач. Анализ полученного при расчетах материала позволяет выявить распределение по исследуемой площади локально преобладающих направлений, однородные и аномальные по своим ориентационным свойствам области.

В итоге для изучаемой территории были получены карты: линеаментов различной степени выраженности, роз-диаграмм направлений линеаментов на исследуемой площади, границ смены характера (структуры) роз-диаграмм, линий вытянутости роз, плотности распределения элементарных линейных элементов и др. В данном исследовании, для структурных построений и последующей интерпретации, использована часть полученной информации – распределение линеаментов и плотность распределения элементарных линейных элементов рельефа, которая отражает степень расчлененности рельефа.

Вся информация была интегрирована в проекте ArcGis 9.3, где также были добавлены слой линейной разломной сети, созданный на основе ручного дешифрирования цифровой модели рельефа, обработанной МГР, слой известных месторождений и др.

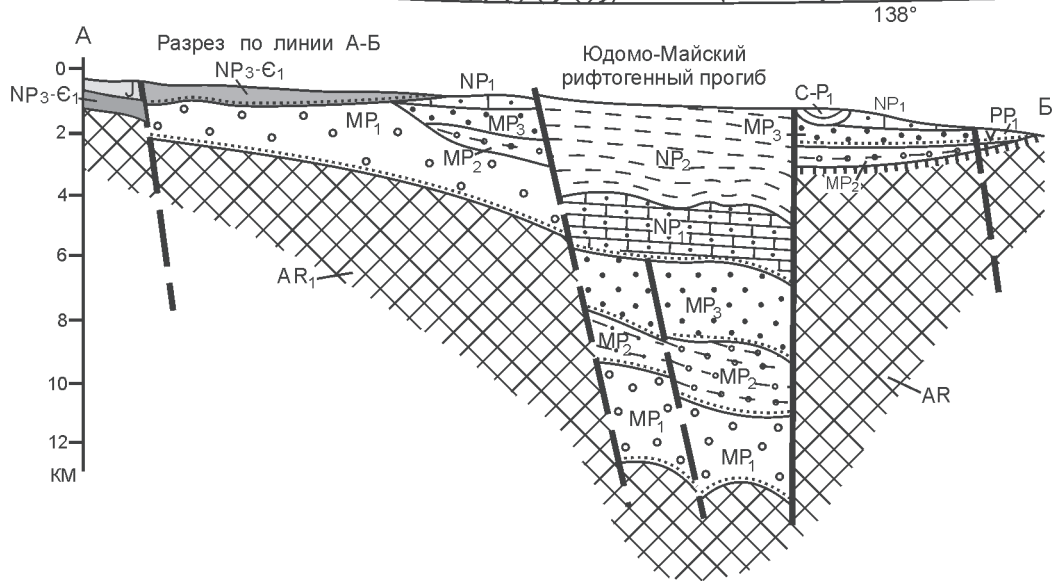
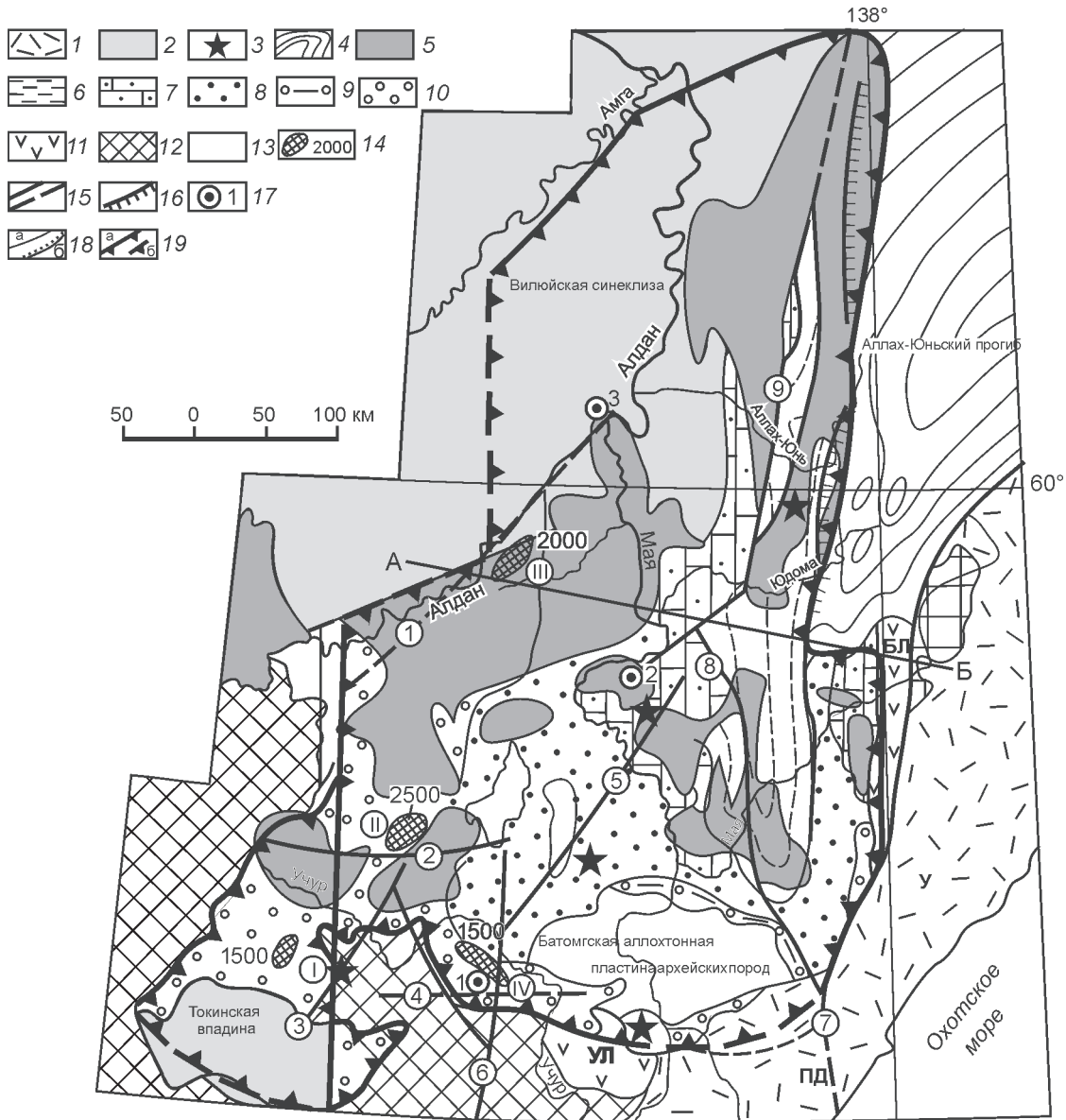
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Фундамент Учуро-Майской впадины представлен домезопротерозойскими метаморфическими образованиями (рис. 1). По данным изучения его выходов на дневную поверхность по обрамлению впадины, он сложен преимущественно глубоко метаморфизованными породами гранулитовой фации метаморфизма и, в меньшей степени, породами амфиболитовой и зеленосланцевой фаций [7, 20, 22].

Наиболее древние образования представлены нижнеархейскими гранат-биотитовыми гнейсами и плагиогнейсами с прослоями известково-силикатных пород, кварцитов, силлиманит- и кордиерит-содержащих гиперстеновых, гиперстен-диопсидовых и гиперстен-диопсид-амфиболовых плагиогнейсов гранулитовой фации метаморфизма [19, 21]. Среди них отмечаются тела чарнокитов, эндербитов, гнейсовидных плагиогранитов. Палеопротерозойские пироксеновые, дупироксеновые, роговообманково-пироксеновые гнейсы и сланцы, гранатовые и силлиманитовые гнейсы, амфиболиты, пириболиты и мраморы, нередко графитосодержащие, отвечают условиям, переходным от биотит-силлиманит-ортоклазовой к гранат-кордиерит-ортоклазовой субфациям гранулитовой фации повышенных давлений. Они прорваны мелкими телами раннепротерозойских ультраосновных пород, аляскитовых и лейкократовых гранитов.

Дизъюнктивная тектоника дорифейского фундамента представлена преимущественно ортогональной и диагональной сетью разломов [6, 7]. Разломы заложены, вероятно, в палеопротерозое и в дальнейшем испытывали неоднократное подновление. Они выражены в виде широких (до 30–49 км) сближенных субпараллельных, кулисообразных, нередко ветвящихся крутопадающих зон катаклаза и милонитизации, с признаками неоднократного подновления, трассируются дайками и гидротермально-метасоматическими образованиями разного состава и возраста [5, 6].

Учуро-Майская впадина [1, 7] представляет собой крупную, площадью около 200 тыс. км², длительно развивающуюся депрессионную структуру (рис. 1). Описание геологического строения впадины приводится на основании геологических карт третьего поколения м-ба 1:1 000 000 и 1: 200 000 2009–2010 гг. выпуска. Разрез впадины является одним из наиболее полных и хорошо палеонтологически охарактеризованных опорных разрезов верхнего протерозоя в Северной Евразии [9, 16]. В составе осадочного чехла Учуро-Майской впадины выделяются мезо-неопротерозойский и венд-кембрийский структурные ярусы.



Мезо-неопротерозойский структурный ярус

Мезо-неопротерозойские отложения формировались в период 1670 ± 50 млн лет–690 млн лет назад [7, 16]. Они расчленены на шесть серий: уянскую, учурскую (биякчанскую), аймчанскую, керпыльскую, лахандинскую и уйскую (рис. 2).

Уянская серия [9] с угловым несогласием залегает на породах кристаллического фундамента и кислых эффузивах палеопротерозоя, отделяясь от тех и других образований корой выветривания мощностью до 40 м. Общая мощность отложений – 580–1510 м. В нижней части разреза серия сложена красноцветными конгломератами и песчаниками с покровами миндалекаменных субщелочных оливинных базальтов и лейкобазальтов. Средняя часть разреза представлена темно-красными полевошпат-кварцевыми, аркозовыми песчаниками с редкими прослоями гравелитов, аргиллитов и кварцевых песчаников. Верхняя часть разреза объединяет толщу пестроцветных карбонатно-терригенных пород, согласно залегающих на красноцветных песчаниках. Низы разреза уянской серии вмещают дайки и силлы щелочных базальтоидов и трахибазальтов гарындинского комплекса [7]. Раннерифейский возраст даек доказывается наложением на них гидротермально-метасоматических изменений с урановым оруденением, возраст которого по уран-свинцовому и свинец-свинцовому методам составляет 1325–1300 млн лет [5].

Породы учурской серии (на востоке впадины – биякчанской) перекрывают с размывом отложения уянской серии, а там, где они отсутствуют, залегают непосредственно на архейском кристаллическом фундаменте. Особенностью нижней части разреза серии является интенсивная красноцветная окраска пород, примерно одинаковое соотношение песчаников (55 %) и алевропесчаников, алевролитов (40 %), при резко подчиненном количестве доломитов (5 %). Мощность нижней части разреза – около 600 м. К-Аг возраст пород по глаукониту – 1520–1450 млн лет [16].

Средняя часть разреза учурской серии сложена светло-серыми, кремовыми кварцевыми, реже кварц-полевошпатовыми и известковистыми песчаниками, переслаиваемыми со строматолитовыми, оолитовыми и массивными доломитами и мергелями. Мощность – 250–300 м. Радиологический возраст глауконита из этой части разреза – 1400 млн лет [16].

В верхней части разреза картируются сиренево-красные и красновато-серые полевошпат-кварцевые, аркозовые и кварцевые песчаники. Изредка встречаются маломощные прослои доломитов. Мощность этой части разреза – 140–180 м. Общая мощность учурской серии – от 990 до 2480 м. Среди пород учурской серии в бассейнах рек Гонам и Алгама распространены дайки долеритов и габбро-долеритов сиваглинского комплекса. К-Аг датировки возраста дайковых тел – 1486–1350 млн лет [7].

Биякчанская серия выделяется на юго-востоке Учуро-Майской впадины, на границе с Ульяновским мезозойским вулканогенным прогибом. По данным [11], биякчанская серия скоррелирована с учурской серией нижнего рифея западной части впадины. Представлена песчаниками, алевролитами, доломитами, аргиллитами, известняками, гравелитами, конгломератами, кремнистыми породами и кварц-хлорит-серицитовыми сланцами. Мощность серии – 500–2000 м.

Аймчанская серия залегает на северном и северо-восточном склонах Батомгского поднятия и представляет собой крупный седиментационный трансгрессивный ритм. В базальных горизонтах серии залегают светло-серые, средне- и крупнозернистые кварцевые, иногда слабо глауконитовые, песчаники, содержащие линзы кварцевых гравелитов, пласты железистых песчаников, и в верхней части – прослои алевролитов.

Выше залегают темные алевролиты, песчаники кварцевого и кварц-полевошпатового состава, редко – аргиллиты. На поверхности напластований пород в

Рис. 1. Схема геологического строения Учуро-Майской впадины.

1 – позднемезозойские вулканогенные прогибы: У – Ульяновский, ПД – Преддзугджурский; 2 – юрские угленосные отложения; 3 – неопротерозойские интрузии щелочных ультраосновных пород; 4 – карбон-пермские отложения Аллах-Юньского синклиория Верхояно-Колымского орогенного пояса; 5 – венд-кембрийский плитный комплекс; 6–7 отложения неопротерозоя: 6 – уйской серии, 7 – лахандинской серии; 8–10 – отложения мезопротерозоя: 8 – керпыльской серии, 9 – аймчанской серии; 10 – учурской и уянской серий; 11 – вулканы Уланского (УЛ) и Биякчанского (БЛ) палеопротерозойских прогибов; 12 – архейские метаморфические образования; 13 – архейские образования в аллохтонном залегании; 14 – погружения фундамента по геофизическим данным (римские цифры в кружках): I – Алгомское, II – Мар-Кюельское, III – Аимское, IV – Уяно-Саянское, и глубина погружения в м; 15 – основные крутопадающие разломы (арабские цифры в кружках): 1 – Легденский, 2 – Кет-Капский, 3 – Аимо-Токинский, 4 – Толукский, 5 – Учуро-Майский, 6 – Уянский, 7 – Биякчанский, 8 – Нельканский, 9 – Кыллахский; 16 – надвиги; 17 – структурные скважины: 1 – Уянская скважина №1, 2 – Лахандинская скважина, 3 – Мокуйская скважина № 1; 18 – геологические границы (а) и стратиграфические несогласия (б); 19 – границы Учуро-Майской впадины: а – достоверные, б – предполагаемые.

Система	Отдел	Средний (м/с)	Колонка	Мощность, м	Абсолютный возраст, млн л.	Краткое описание разреза	Рудные элементы																																																														
								1	2	3	4	5	6	7																																																							
Мезо-неопротерозойская	Палеозойская	Кембрийская	Средний	Амгинская-Майская	60-500-100-800		Усть-майская, чайская свиты. Серые, зеленовато-серые, в верхней части белые и желтоватые глинистые плитчатые и комковатые известняки мелкозерн. с редк. просл. мерг. Фауна трилобитов.																																																														
									Нижний	Ботомский-Толонский	120-150		Иниканская свита. Темно-серые битуминозные известняки сланцеватые мергели и известковистые глинистые сланцы с фауной трилобитов.																																																								
															Томский	30-110	553	Пестроцветная свита. Пестроокр. известн., мергели и доломиты с фауной хиолитов, трилобитов.																																																			
																				Юдомская серия.	95-850	± 23 639	Юдомская серия. Известняки, доломиты кирпично-красные, зеленовато-серые, светло-серые со строматолитами и редкими водорослями. В основании – гравелистые песчаники.	Pb, Zn, Zr, TR, Au, Cu																																													
																									Уйская	1550	± 20	Усть-кирбинская свита. Аргиллиты и алевролиты зеленовато-желтые и серые. Споры.																																									
																														Кандьковская свита.	1000-1700	730 ± 80	Кандьковская свита. Песчаники кварцевые светло-серые и белые с прослоями бурых песчаников и алевролитов. Ходы червей, споры.																																				
																																			Лахандинская	600-900	800-820	Серые известняки, бурые аргиллиты, красновато-бурые комковатые известняки, желтовато-бурые и зеленовато-серые аргиллиты. Органич. остатки: споры, строматолиты типа Conophyton и реже Collenia. Проблематика.																															
																																								Керпильская	400-600	1170-970	Ципандинская свита. Доломиты светло-серые и кавернозные, часто – брекчированные, строматолиты типа Collenia.																										
																																													Малгинская свита.	50-300		Малгинская свита. Известняки красные и серые, в верхней части битумин. Споры и проблематики.																					
																																																		Омнинская свита.	250-700		Омнинская свита. Аргиллиты и алевролиты зеленовато-серые и желтовато-бурые, в кровле сидеритизированные. Споры.																
																																																							Аимчанская	140-1980	1210-1230	Кварцевые с/з и к/з песчаники, линзы гравелитов, пласты железистых песчаников, алевролиты, аргиллиты, кварц-полевошпатовые песчаники.											
																																																												Учурская	140-180	1520-1450	Эннинская свита. Песчаники серые, желтовато-серые и белые с прослоями и линзами алевролитов. Строматолиты типа Collenia. Споры, проблематика.						
																																																																	Омахтинская свита.	250-300		Омахтинская свита. Доломиты и доломитизиров. известн. серые, темно-серые, сиреневые и зеленовато-серые, местами окремненные. Строматолиты типа Collenia. Споры, проблематика.	
Уянская	140		Адаргайская свита: песчаники, алевролиты, доломиты.	U, Mo, As, Ag, Ni, Co, Cu, Au																																																																	
					Конкулинская свита.	580-1510	1670	Конкулинская свита. Песчаники красновато-бурые, аркозовые и полевошпатово-кварцевые.	U, V, Pb, Mo																																																												
										Архейская		± 50	Граниты, мигматиты, гнейсы, сланцы, кварциты, песчаники.	Au, U, V																																																							

Рис. 2. Положение рудных проявлений на сводной стратиграфической колонке мезо-неопротерозойских и кембрийских отложений Учуро-Майской впадины.

изобилии видны трещины усыхания и волноприбойные знаки.

Мощность аймчанской серии увеличивается с запада на восток от 140 м в бассейне р. Чумикан до 1980 м в бассейне р. Сев. Уй [11, 16]. К-Аг возраст аймчанской серии по глаукониту – 1210–1230 млн лет [16].

Керпыльская серия представлена кварцевыми песчаниками, битуминозными известняками и доломитами с прослоями алевролитов, невыдержанных по простиранию маломощных линз конгломератов и кремнистых пород. В основании керпыльской серии картируется кора выветривания мощностью 7–15 м, сложенная брекчиями, дресвяниками, глинистыми и кремнисто-карбонатными породами.

Мощность серии – 700–1600 м. К-Аг датировка возраста пород керпыльской серии по глаукониту – 1170–970 млн лет, возраст верхов разреза по Pb/Pb изохроне – 980±20 млн лет [11].

Между нижележащей керпыльской серией и вышележащей лахандинской серией установлен существенный перерыв в осадконакоплении, фиксирующийся развитием коры выветривания, представленной дресвяниками, брекчиями доломитов с суглинистой связующей массой и глинисто-железистыми бокситоносными породами мощностью до 17 м [11]. Возраст границы лахандинской (средний рифей) и ципандинской (верхний рифей) серий по Pb-Pb методом оценивается в 1025±40 млн лет [17].

Лакандинская серия мощностью 600–900 м состоит из аргиллитов с подчиненными прослоями строматолитовых и онколитовых доломитов и известняков. Представления о позднерифейском возрасте лахандинской серии, закрепленное в решениях четвертого ДВ МРСК, основывается на данных геохронологических исследований и результатах определения широко распространенных в ее отложениях растительных микрофоссилий, строматолитов и микрофитолитов, выявленные комплексы которых позволяют достаточно уверенно коррелировать разрезы верхнего рифея Учуро-Майской впадины с рифейскими разрезами других регионов Сибири. По данным Ян-Жин-Шин (1990) и Семихатова [17], нижняя граница лахандинской серии датируется цифрами 980–1000±50 млн лет, верхняя – 800–820 млн лет.

На породах лахандинской серии без видимого перерыва залегают породы уйской серии. Серия состоит из терригенных пород – алевролитов, песчаников и аргиллитов, залегающих без видимого несогласия на горизонте битуминозных доломитов лахандинской серии. Максимальный Rb-Sr возраст пород средней части уйской серии по валовым пробам ар-

гиллитов, по данным Подковырова и др. [14], 730±80 млн лет. Мощность разреза по легенде Дальневосточной серии листов Госгеолкарты-1000 [11] – 2500–3250 м. В уйское время произошло крупное излияние базальтовых траппов и внедрение интрузий и даек долеритов, габбро-долеритов, габбро и базальтов улаханбамского долеритового комплекса, залегающих среди пород лахандинской и уйской серий позднего рифея. Нижняя возрастная граница комплекса в районе определяется тем, что силлы и дайки основных пород прорывают позднерифейские отложения лахандинской и уйской серий и несогласно перекрываются песчаниками и гравелитами венда с рубидий-стронциевым возрастом 639±20 млн лет [11, 18].

Венд-кембрийский структурный ярус

Венд-кембрийские отложения развиты на площади восточной части Сибирской платформы значительно шире мезо-неопротерозойских. Вендские отложения выделены в юдомскую серию аргиллитов, доломитов, доломитистых известняков и алевролитов, имеющую мощность 95–850 м. Rb-Sr возраст нижней части вендских отложений – 639±20 млн лет, а возраст верхневендских карбонатных отложений Pb-Pb методом оценивается в 553±23 млн лет [12]. Кембрийские отложения мощностью 72–2860 м представлены цветными известняками и доломитами, глинистыми битуминозными известняками, переслаивающимися с кремнистыми известняками и мергелями.

Породы венд-кембрийского структурного яруса, как и всего рифея, дислоцированы слабо. Они выполняют широкие пологие мульды, и только в зонах разломов в приразломных синклиналиных складках углы падения пород превышают 20°.

Ордовик-силурийские образования картируются за пределами рассматриваемой территории и здесь не описаны.

Наиболее крупным структурным элементом Учуро-Майской впадины является Юдомо-Майский рифтогенный прогиб [19, 22], вытянутый в меридиональном направлении на 700 км при ширине 40–100 км, расположен в восточной части впадины. По данным сейсморазведочных и гравиметрических работ, проведенных якутскими и дальневосточными геологами и геофизиками, докембрийский фундамент прогиба опущен на глубины 8–15 км. Южный фланг прогиба выклинивается в пределах платформы, а северный уходит под структуры Верхояно-Колымского орогенного пояса (рис. 1). Прогиб заложен в мезопротерозое на опущенной окраине Северо-Азиатского кратона. Формирование мезо-неопротерозойских отложе-

ний происходило в мелководном бассейне (волноприбойные знаки, трещины усыхания, следы дождевых капель встречаются во всех комплексах пород, включая и самую молодую усть-кирбинскую свиту. С запада он ограничен Нельканским и Кыллахским глубинными разломами, а на востоке – Бурхалинским разломом, отделяющим прогиб от верхнепалеозойских образований Верхояно-Колымского орогенного пояса.

Прогиб отличается магмопроявлениями, характерными для формаций континентальных рифтов. Представление о ведущей роли рифтогенеза в мезо-неопротерозойском тектоническом развитии Юдомо-Майского авлакогена подкрепляется широким развитием в нем магматических пород субщелочного и щелочного состава (даек и силлов долеритов, ультракалиевых высокомагнезиальных базитов, массивов ультраосновных-щелочных пород), прорывающих породы неопротерозоя (лахандинская и уйская серии) [11, 19].

По данным предыдущих исследователей и дешифрирования, в прогибе выявлено большое количество крутопадающих разломов и пологих тектонических нарушений надвиговой природы, которые прослеживаются с юга на север практически по всему авлакогену.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ УЧУРО-МАЙСКОЙ ВПАДИНЫ

На территории Учуро-Майской впадины (рис. 3) известны месторождения тантала, ниобия, циркония, апатита, редких земель, полиметаллов, меди, молибдена, ванадия, золота и урана [2, 4–6, 8, 12, 19, 21].

Металлогения зоны предрифейского структурно-стратиграфического несогласия

В зоне предрифейского структурно-стратиграфического несогласия (ССН) локализованы рудопроявления U, Au, Ba, Ag, Mo, V, Cu [5, 6] и других металлов, что говорит о значительной ее роли в качестве рудоконтролирующей структуры (рис. 2–4). Они установлены как в дорифейском фундаменте, так и в корях выветривания и песчаниках базальных горизонтов платформенного чехла. В фундаменте вблизи зоны ССН проявления золота, урана и ванадия тяготеют к максимально проработанным долгоживущим разломам северо-западного, субширотного и субмеридионального простирания и локализованы в участках развития интенсивных адуляр-гидрослюдистых, березитовых и аргиллизитовых изменений и сульфидизации [6].

Золоторудная минерализация локализуется в зонах пирит-адуляр-гидросерицитовых метасомати-

тов среди дробленых и катаклазированных гнейсов ниже уровня ССН. К-Аг возраст метасоматитов – 1185 ± 35 млн лет [8].

На урановых рудопроявлениях в кристаллическом фундаменте в зонах ССН, по данным минералого-петрографического изучения руд и околорудно измененных пород, установлен многостадийный характер гидротермально-метасоматических преобразований: альбитизация, окварцевание, калишпатизация, аргиллизация. Наиболее интенсивно аргиллизация проявлена вдоль зоны субширотного Толукского разлома. В полосе шириной до нескольких десятков метров исходные породы почти полностью замещены глинисто-гидрослюдистым агрегатом. Аргиллизация сопровождалась привнесом U, Ni, Co, V, Mo, Pb, Zn, Ag, As, Sc и Ba [6].

Золоторудная минерализация в базальных горизонтах платформенного чехла выявлена по южному, западному и северо-восточному обрамлению Идюмо-Хайканского выступа кристаллического фундамента на протяжении 100–110 км [6]. Золотосные песчаники характеризуются новообразованиями кварца, адуляра, эпидота, гематита, кальцита, фуксита, графита, халькопирита. Из слоистых силикатов присутствуют иллит, монтмориллонит, каолинит. Распределение золота по простиранию неоднородное; обогащенные участки установлены в узлах пересечения субширотных и северо-западных разломов с северо-восточными. Содержания Au в метасоматически измененных песчаниках, доломитах и гравелитах колеблются от 0.1 до 18.3 г/т, Cu – до 0.1 %, Ag – 10 г/т, Ba – 0.1 %.

Проявления урана в базальных горизонтах платформенного чехла установлены в бассейнах рек Гивун и Беглянка, а также в верховьях р. Хангас-Муналы и на водоразделе рек Угдан–Верх. Конкули (рис. 3). Уран локализуется в зонах разломов, выполненных тектоническими брекчиями. В породах фундамента и платформенного чехла вдоль разлома проявлены многостадийные гидротермально-метасоматические изменения: хлоритизация, карбонатизация, аргиллизация. Широко развита баритизация, захватывающая породы фундамента, коры выветривания и базальные слои мезопротерозойского осадочного чехла. Из рудных минералов в зоне нарушения присутствуют настуран, вульфенит, халькопирит, горсейксит, гидромусковит, пирит, гидроксиды железа и барит. К-Аг возраст гидротермально измененных пород по иллиту – 1324 ± 52 млн лет [6].

Металлогения нижнерифейских отложений

Рудные проявления, залегающие в нижнерифейских отложениях выше уровня ССН, тяготеют, как

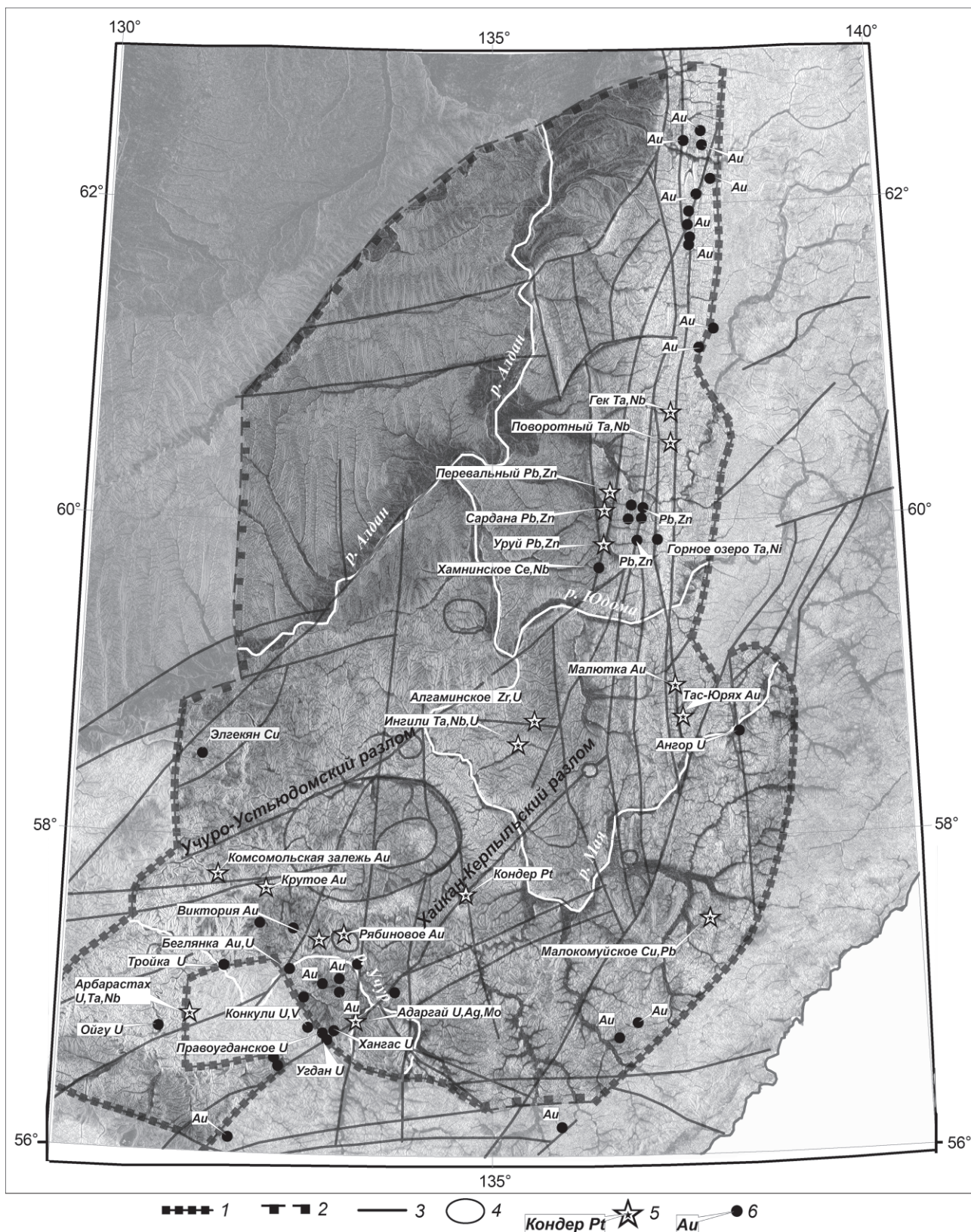


Рис. 3. Цифровая модель рельефа Учуро-Майской впадины, обработанная МГР, и местоположение месторождений и рудопроявлений.

1–2 – границы впадины: установленные (1) и предполагаемые (2), 3 – разломы, 4 – кольцевые структуры, 5 – месторождения, 6 – рудопроявления.

правило, к контактам свит или пачек с контрастным литологическим составом. Особенностью этих проявлений является их контроль субсогласными и косо секущими тектоническими нарушениями. Литогеохимические ореолы U, Ni, Co, V, Mo, Pb, Zn, Ag, As, сопровождающие эти проявления, вытягиваются практически вдоль напластования пород на значительные расстояния. Такие проявления выявлены в южной части впадины (рис. 3). На левобережье нижнего течения р. Уян в зоне контакта конкулинской и адаргайской свит (рис. 2), в полосе шириной 100–180 м прослеживаются мощные швы интенсивно гидротермально-метасоматически измененных дезинтегрированных, рассланцованных и брекчированных пород с гетитовыми, вернадитовыми, баритовыми и сульфидно-кварцевыми жилами и прожилками. Зона главного, изученного бурением, тектонического нарушения в подошве адаргайской свиты имеет северо-западное простирание и падение в северо-восточном направлении под углом 3–7°. Основная часть геохимических ореолов контролируется полями интенсивных метасоматических изменений пород, происходивших в следующей последовательности: альбитизация, окварцевание, калишпатизация (адуляризация), гидрослюдизация, карбонатизация, хлоритизация и баритизация. В висячем боку вдоль зон трещиноватости северо-восточного и субширотного простирания наблюдаются структуры растворения и обрушения пород с формированием грубых брекчий, сцементированных баритом, кварцем и карбонатами. В аргиллизированных породах установлены иллит, монтмориллонит, альбит, парагонит, бариевый ортоклаз, галлуазит, графит, турмалин и углеродистое вещество. В лежащем боку тектонического нарушения, в самом тектоническом нарушении и в его висячем боку на мощность 33–45 м установлены аномальные содержания: U, Pb, Cu, Zn, Mo, Ni, Co, Ag, Mn, P, Au. Минерализация представлена настураном, пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, халькозином, галенитом, блеклой рудой, герсдорфитом, литиофоритом, атакамитом, малахитом, брошантитом, азуритом, хризоколлой, отенитом и карнотитом. Марганцевые минералы: вернадит, псиломелан, браунит. Минералы фосфора: апатит, фторапатит, штрэнгит. Литохимическим опробованием коренных и элювиально-делювиальных отложений выявлен интенсивный обширный комплексный геохимический ореол площадью до 32 км². Наиболее крупные геохимические ореолы образуют U, Ag, Mo, As, Ni, и Ва. Протяженность ореолов в плане – до 19 км при ширине 1–6 км. Барит слагает сопряженные в пространстве метасоматические скопления и жильные тела [6]. По

данным термобарогеохимии, метасоматические изменения проявились в низкотемпературных (не выше 110–120°) условиях при участии водных растворов с магниево-калиевой катионной специализацией, возможно, с участием натрия и железа. Анионная специализация была хлоридной. Изотопный состав кислорода и серы баритов – $\delta^{18}\text{O} - 13.5\%$, $\delta^{34}\text{S} - 16.1\%$ – ниже значений, характерных для известняков и эвапоритов мезо-неопротерозоя, что может свидетельствовать о вкладе глубинной составляющей в формировании рудной минерализации в ореолах гидротермально-измененных пород.

На западном фланге аномальной зоны установлено несколько комплексных (U, Cu, Pb, Zn, V, Ni, Co, Mo, Au, Ag) литогеохимических ореолов размером от 360×60 до 200×1900 м, приуроченных к узлу пересечения пологих тектонических нарушений с крутыми субмеридиональными и северо-восточными структурами на контакте адаргайской и конкулинской свит (рис. 2). Узел контролирует ореолы гидротермально-метасоматических изменений площадью более 2 км². Здесь широко развиты гидрослюдизация пород, гематитизация, сульфидизация, жильная баритизация и карбонатизация. Преобладают пологие зоны минерализованных нарушений, но установлены и крутые северо-западные и северо-восточные.

Заканчивая описание рудных проявлений в зоне контакта адаргайской и конкулинской свит, отметим следующее. Открытые в мире в последнее время крупные и сверхкрупные месторождения (Олимпик-Дам, Мак-Артур и др.) связаны с нетрадиционными обстановками – зонами ССН, с мощными телами рудных брекчий в основании платформенного чехла и др. Такая нетрадиционная обстановка характерна для проявлений междуречья Уян-Муналы с комплексными контрастными геохимическими ореолами и проявлениями U, Pb, Ni, Co, Ag, Zn, Mo, V, Cu и Au [6]. Без надлежащей оценки таких ореолов не следует ожидать крупных открытий.

В поле распространения пород учурской серии в бассейне р. Учур, в нижнем течении рек Онне, Алгома, Идюм и Улахан-Комкуй выявлены урановые рудопоявления Ойгу, Тройка и ряд проявлений минерализации. Все проявления локализуются в зонах ССН, в базальных горизонтах гонамской свиты (рис. 2, 3). В платформенном чехле нарушения представлены зонами брекчирования, дробления и трещиноватости сбросового характера, а также пологими швами рассланцевания, реже милонитизации, сопряженными с крутопадающими разломами.

Узлы пересечения субширотных и субмеридиональных разломов контролируют ореолы гидротер-

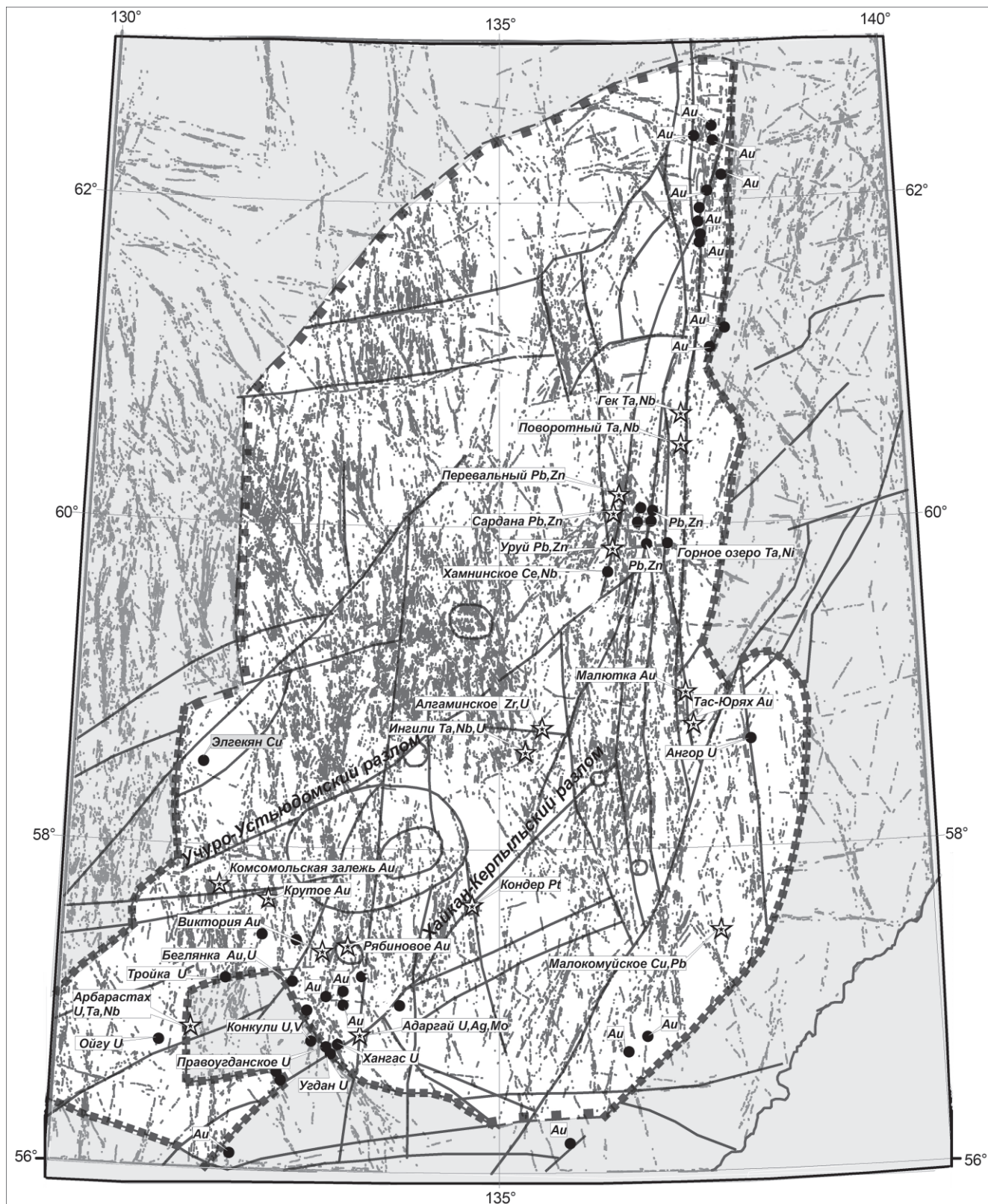


Рис. 4. Схема распределения линейментов Учуро-Майской впадины по результатам обработки по программе WinLessa (серые прерывистые линии) и основные месторождения и рудопроявления.

мально-метасоматических изменений, которые проявились в несколько этапов: 1) окварцевание и флюоритизация, 2) калишпатизация (адуляризация), 3) глинисто-гидрослюдистая аргиллизация, 4) карбонатизация, 5) хлоритизация. Иногда в них отмечается совместное нахождение барита, апатита и углеродистого вещества. Урановое оруденение сопровождается привнесением Ni, Co, V, Mo, Cu, As, Pb и Zn. Тесные корреляционные связи U с Co, Ni, As, V и Pb сближают эти рудопроявления по геохимическим параметрам с объектами, расположенными в зоне контакта адаргайской и конкулинской свит в бассейне р. Уян.

Медное рудопроявление Элгекян расположено на правом берегу нижнего течения р. Учур в зоне ССН (рис. 3). Базальный горизонт сероцветных минерализованных конгломератов, песчаников и гравелитов конкулинской свиты мощностью до 2.5 м содержит борнит, халькозин, малахит и азурит. Вместе с Cu (до 4 %) в рудах присутствует Bi (до 0.1 %). Выше по разрезу сероцветные песчаники сменяются красноцветными, в которых концентрация меди резко снижается.

Нашими исследованиями впервые установлена повышенная баритонность конкулинского и гонамского бассейнов осадконакопления [6]. При общей широкой зараженности баритом осадочных пород конкулинской и гонамской свит, на отдельных участках в зоне ССН наблюдаются линзо- и пластообразные тела баритизированных пород с высокими содержаниями бария.

Металлогения верхнего рифея и венда

Месторождения ниобия, тантала с ураном, цирконием и редкими землями установлены в позднепротерозойских ультраосновных щелочных интрузиях центрального типа. Они сосредоточены в массивах Арбарастах, Ингили, Горное Озеро, Поворотном и Гек [4, 21].

Выявлено несколько типов рудоносных пород: карбонатиты, пироксен-апатит-флогопит-магнетит-кальцитовые метасоматиты и интенсивно альбитизированные породы [4]. Комплекс минералов включает циркон, флюорит, гатчеттолит, пироксид, бадделит, перовскит, бетафит, дизаналит, монацит, циркон, цирконолит, бастнезит, колумбит. Содержание ниобия в рудных зонах среди карбонатитов и метасоматитов первого типа колеблется от 0.2 до 0.5–1.2 %, тантала – 0.002–0.1 %, урана – 0.003–0.3 %, тория – 0.005–0.03 %, стронция – 0.7–1 %, фосфора – превышает 10 %.

Руды в альбититах являются новым для района типом. Они выявлены в западном эндо- и экзоконтакте Арбарастахской интрузии и характеризуются более высокими содержаниями урана (до

0.28 %), ниобия (до 2.5 %) и тантала (до 0.12 %) по сравнению с рудами, связанными с пироксен-апатит-флогопит-магнетит-кальцитовыми метасоматитами и карбонатитами.

В бассейне р. Ингили выявлено стратиформное Алгаминское циркониевое месторождение [2], локализованное в верхней части разреза юдомской серии венда, сложенной мраморизованными доломитами. Месторождение представлено субгоризонтально залегающими минерализованными зонами, выполненными рыхлыми рудами кварц-доломитового состава с высоким (3 % и более) содержанием ZrO_2 . Отложение циркониевых руд сопровождалось выщелачиванием доломита, с образованием каверн и карстовых пустот, привнесением кремнезема и его отложением в виде коллоидных образований (гелей) [2].

Цирконийсодержащие руды Алгаминского месторождения сопровождаются ураном, с содержанием в тонкой фракции руды до 0.1–0.157 %. Уран присутствует в виде изоморфной примеси в цирконе, а также в виде мелких включений коффинита в гелцирконе и бадделеите. По условиям образования и минеральному составу руд (преимущественно бадделеитовых) месторождение является уникальным.

Редкоземельная минерализация цериевой группы выявлена на месторождении Хамна карбонатитового типа, расположенном в Юдомо-Майском прогибе в бассейне одноименной реки. Рудные тела представлены крутопадающими жилами и штокверками флюорит-карбонатного состава среди метасоматически измененных терригенно-карбонатных пород лахандинской серии неопротерозоя, прорванных дайками и штоками щелочных сиенитов и щелочных автобрекчий. Оруденение вкрапленное, прожилково-вкрапленное, представлено бастнезитом, паризитом, галенитом. Содержание суммы редких земель цериевой группы – 0.2–1.93 %, ниобия – 0.03–0.26 %.

В Юдомо-Майском рифтогенном прогибе, в восточной части Учуро-Майской впадины выявлены полиметаллические месторождения Сардана, Перевальное, Уруй и целый ряд рудопроявлений и проявлений минерализации [19]. Выделяется два морфологических типа свинцово-цинкового оруденения: стратиформный и жильный. Большинство рудных объектов относятся к стратиформному типу, локализованному в карбонатных породах венда. Лишь незначительная часть пунктов минерализации относится к жильному типу.

Возраст оруденения не установлен. Изотопные определения свинца дают возрастной диапазон рудной минерализации от позднего протерозоя до раннего палеозоя.

В мезозое в Учуро-Майской впадине проявился интенсивный вулканизм и интрузивный магматизм, сформировавший Кет-Капскую вулканоплутоническую золотоносную зону [8, 21]. Зона отличается пестрым набором морфологических типов руд (штокверки, стратиформные залежи в силицитолитах, аргиллизит-серицитовых метасоматитах). Формационными типами золотого оруденения являются: золото-сульфидно-скарновый, жильный золото-кварцевый, золото-кварц-гидрослюдистый и золоторудный в силицитолитах (джеспериодах) венда. Здесь разведано не менее десяти преимущественно мелких месторождений рудного золота. Высокая продуктивность этой структуры на золото предопределена своеобразными условиями ее формирования. Большинство золоторудных объектов Кет-Капской зоны тесно связано с массивами меловых субщелочных и щелочных интрузивных пород кет-капского комплекса, но есть объекты, где эта связь не столь очевидна. Перспективы обнаружения крупных стратиформных месторождений “карлинского типа” связываются с силицитолитами в вендских отложениях.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При всем разнообразии металлических полезных ископаемых и их широком развитии на территории Учуро-Майской впадины наблюдаются четкие литологические и структурные закономерности их локализации.

Связь рудных проявлений с литологией

Все рудные проявления закономерно локализуются в определенных осадочных и интрузивных образованиях:

- а) в зоне структурно-стратиграфического несогласия между домезопротерозойским кристаллическим фундаментом и мезопротерозойским платформенным чехлом,
- б) в зоне стратиграфического контакта мезопротерозойских конкулинской и адаргайской свит,
- г) в нижней части юдомских отложений венда,
- д) в интрузиях основных щелочных пород с карбонатитами.

В зонах докембрийских структурно-стратиграфических несогласий рудные месторождения локализуются выше или ниже поверхности несогласия с графитсодержащими породами фундамента. Контроль месторождений графитсодержащими породами фундамента в зоне ССН может быть обусловлен несколькими причинами. Если источником урана являлись окисленные метеорные воды, содержащие растворенные рудные элементы, то графитсодержащие гнейсы фундамента иг-

рали роль восстановителей, способствовавших выпадению руд из растворов. Если же источником рудных элементов являлись ювенильные гидротермальные растворы восстановительного характера, поступающие по разломам в фундаменте, то графитсодержащие породы могли возникнуть при предрудном углеродистом метасоматозе [19]. Рудоотложение в этом случае происходило при резкой смене восходящих движений растворов на горизонтальные при одновременном резком падении давления и температуры в базальных горизонтах обводненных кислородсодержащих проницаемых песчаников и гравелитов базальных горизонтов осадочного чехла. Та или другая картина в тех или иных случаях могла иметь место. Крупные скопления богатых руд связаны, вероятно, с длительным (сотни миллионов лет) процессом рудообразования в спокойной тектонической обстановке, характерной для рифея Учуро-Майской впадины. В зонах ССН Учуро-Майской впадины выявлены проявления урана, золота, меди, ванадия, бария, никеля, кобальта, характерные для зон ССН мезо-неопротерозойских впадин в Канаде, Австралии и Африке.

В осадочном чехле нижнего рифея особенно благоприятен для развития оруденения стратиграфический контакт контрастных по составу конкулинской и адаргайской свит по двум причинам. На контакте этих свит развиты субсогласные с напластованием разрывные нарушения, развитие которых объясняется разрядкой напряжений на контакте песчаников конкулинской и пластичных тонкозернистых песчаников, доломитов и алевролитов адаргайской свит. С другой стороны, при гидротермальном рудообразовании породы адаргайской свиты служили надежным экраном для рудных растворов, которые разгружались в их лежащем контакте. Такие же особенности присущи и нижним горизонтам гонамской свиты.

Отчетливо установлена приуроченность рудных концентраций свинца, цинка, меди, циркония, редких земель и золота к нижней части юдомской серии венда (рис. 2). Руды локализуются в виде субгоризонтальных, согласных с вмещающими породами залежей. Доломитовые рудоносные горизонты мощностью до 40–50 м обладают неравномерной зернистостью с новообразованиями пятнистой, линзовидно-полосчатой, сфероидальной и брекчиевой текстур, повышенной кавернозностью, насыщенностью кварц-кальцитовыми осадочно-диагенетическими секретами, прожилками и просечками карбонатов и кварца. В рудных полях соответствующих месторождений они отличаются значительно более высокими фоновыми содержа-

ниями свинца, цинка, золота, серебра, циркония, чем за пределами рудных полей.

Доломиты отличаются повышенным содержанием кремнезема и углеродистого вещества (0.0–1.21 %). Устанавливается тенденция прямой зависимости средних содержаний золота, свинца, серебра и меди от содержания органического вещества.

Связь рудных месторождений с разрывной тектоникой.

Для выявления связи рудных проявлений Учуро-Майской впадины с интенсивностью развития разрывной тектоники были построены и проинтерпретированы карты линеаментов и плотности элементарных линейных элементов (рис. 3–5). На все карты вынесены выявленные в предыдущие годы месторождения и рудопроявления редких, цветных и радиоактивных металлов и проанализирована их связь с разрывной тектоникой.

Анализ карты визуального дешифрирования (рис. 3) показал различия восточной и западной частей впадины как в плане развития разрывных структур различных направлений, так и в интенсивности их проявления по площади.

В восточной части впадины наиболее широким развитием пользуются меридиональные и субмеридиональные разрывные нарушения. Они развиты преимущественно в контурах Юдомо-Майского прогиба и практически не выходят за его пределы. С разломами этого направления устанавливается четкая связь золотой, урановой и полиметаллической минерализации. Кроме того, они контролируют тела ультраосновных щелочных пород с тантало-ниобиевыми и редкоземельными месторождениями (Горное Озеро, Поворотное, Гек, Хамнинское). Следовательно, с небольшой долей условности, можно говорить о связи выявленных месторождений с меридиональными и субмеридиональными разломами.

В центральной и западной частях территории впадины рудные объекты локализуются в северо-восточной полосе шириной 100–150 км и протяженностью около 400 км, ограниченной Учуро-Устьюдомским и Хайкан-Керпыльским глубинными разломами (рис. 3, 4). Внутри полосы рудная минерализация контролируется субмеридиональными и северо-восточными тектоническими нарушениями. Наиболее четкая рудоконтролирующая роль принадлежит Хайкан-Керпыльскому разлому. На протяжении 180 км с северо-востока на юго-запад он контролирует платиновое месторождение Кондер, золотые месторождения Василек и Томптокан, Адаргайское аномальное поле с комплексной U, Mo, Ag, Ni, Co, Cu, As-минерализацией, урановые рудопроявления Хангас и Уг-

дан, золотые проявления бассейна р. Амуликан. Значительная часть объектов этой полосы локализуется в пологих срывах в зоне предрифейского структурно-стратиграфического несогласия или в скарнах в экзоконтактах мезозойских гранитоидов.

На рис. 4, построенном по данным математической обработки цифровой модели рельефа, наблюдаются линейные линеаменты различного направления: меридионального, северо-восточного и северо-западного. Наиболее широко развиты меридиональные и субмеридиональные нарушения. Они являются наиболее древними, так как контролировали заложение вытянутой в меридиональном направлении Учуро-Майской впадины. По площади впадины они распределены неравномерно. Наблюдаются восточная и западная полосы сгущения меридиональных линеаментов. Отчетливый контроль рудных месторождений и рудопроявлений меридиональными и субмеридиональными линеаменами наблюдается в Юдомо-Майском прогибе и в юго-западной части впадины. Сами же рудные объекты контролируются в большинстве случаев узлами пересечения меридиональных линеаментов с северо-восточными и северо-западными.

Карта плотности элементарных линейных элементов (рис. 5) по данным обработки цифровой модели рельефа в геологическом смысле отражает интенсивность развития трещин различного направления на единицу площади. Наименее нарушенные участки отражаются светло-серым фоном, наиболее нарушенные – черным. Ареалы максимальной плотности элементарных линейных элементов на площади Учуро-Майской впадины распространены неравномерно (рис. 5). Выделяется несколько ареалов: в северной части Юдомо-Майского прогиба, в центральной части и на юго-западе территории впадины.

Наиболее отчетливая связь рудных проявлений в ареалах с максимумами развития линейных элементов устанавливается в южной части впадины (рис. 5). Практически все выявленные в настоящее время проявления золота, урана и других элементов сосредоточены в контурах этого ареала. В центральной части впадины, в которой выделяется наиболее интенсивный ареал развития линейных элементов, выявлены Алгаминское уран-циркониевое и Ингилийское уран-редкометалльно-редкоземельное месторождения. Скучный набор рудных проявлений в этом ареале объясняется крайне невысокой степенью поисковой изученности этой территории, выдвигаемой нами в разряд перспективных. Практически то же можно отметить и по ареалу в северной части Юдомо-Майского прогиба. Этот район заслуживает пристального внимания, так как к востоку и югу от него

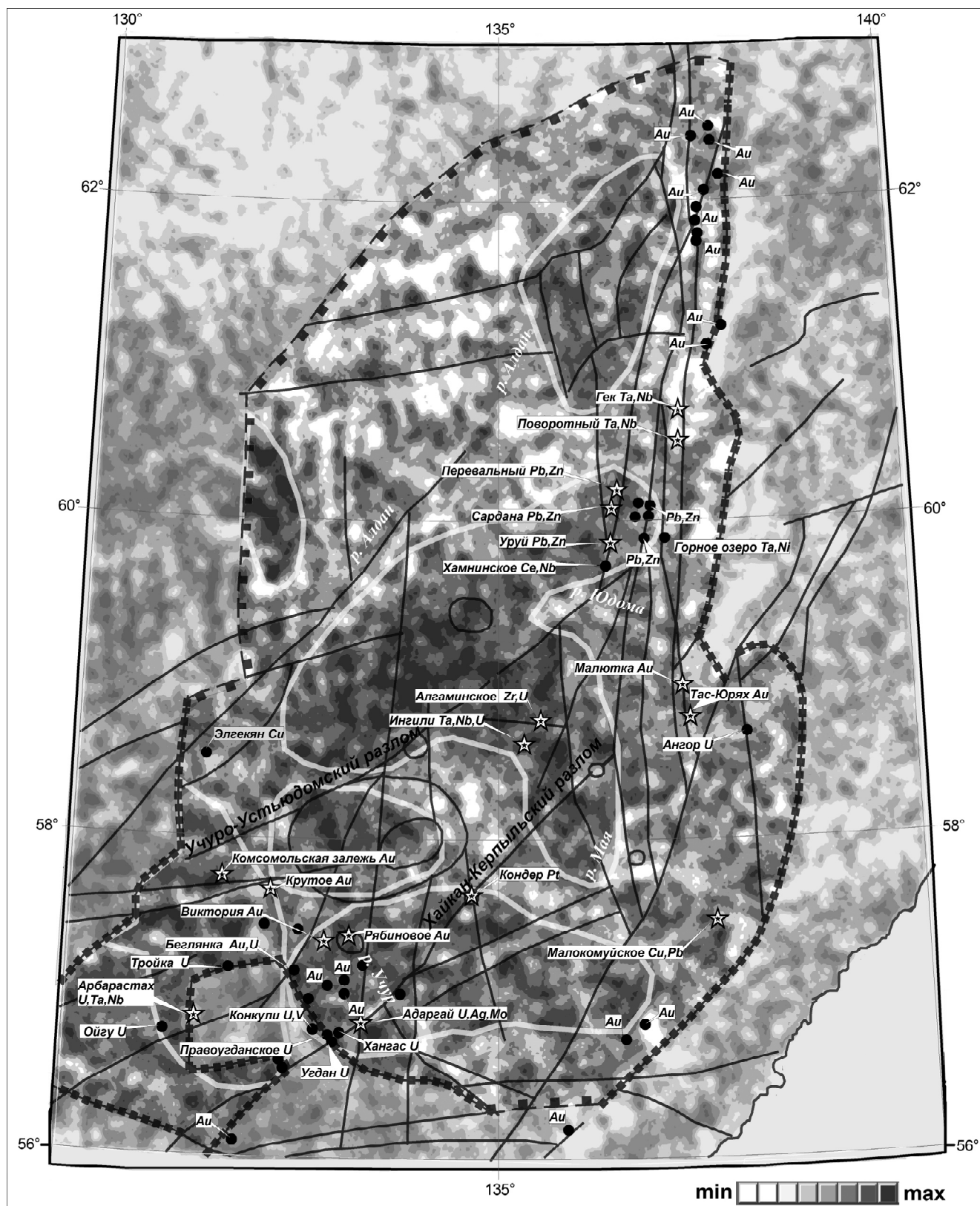


Рис. 5. Схема распределения плотности элементарных линейных элементов Учуро-Майской впадины по результатам обработки по программе WinLessa и основные месторождения и рудопроявления. Светлые контуры ограничивают области максимальной плотности элементарных линейных элементов.

в прогибе, в полях менее интенсивных ареалов, выявлены полиметаллические, золоторудные и редкометалльные месторождения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований построены схемы геологического строения, разломной тектоники, протяженных линейных элементов и плотности элементарных линейных элементов с вынесенными на них месторождениями и рудопроявлениями полезных ископаемых. Анализ результатов предыдущих геологических исследований и трансформированных цифровых моделей рельефа способствовали выявлению главных закономерностей в локализации руд различных металлов. Литологические факторы заключаются в приуроченности месторождений к определенным горизонтам: зонам структурно-стратиграфических несогласий между сложно дислоцированным кристаллическим фундаментом и субгоризонтально залегающим мезопротерозойским платформенным чехлом; контактам монотонных терригенных толщ мезопротерозоя с вышезалегающими, контрастными по набору пород и химизму горизонтами; пачкам пористых и трещиноватых пород среди однородных по составу массивных карбонатных отложений юдомской серии эдиакария.

Установлен отчетливый контроль месторождений и рудопоявлений разрывными тектоническими нарушениями. В восточной части Учуро-Майской впадины, в Юдомо-Майском рифтогенном прогибе рудная минерализация контролируется зонами протяженных (до сотен километров) меридиональных тектонических нарушений (рис. 3). В центральной и западной частях территории впадины рудные объекты локализуются в северо-восточной полосе шириной 100–150 км и протяженностью около 400 км, ограниченной Учуро-Устьюдомским и Хайкан-Керпыльским глубинными разломами. Внутри полосы рудная минерализация контролируется субмеридиональными, северо-восточными и, реже, субширотными тектоническими нарушениями. Максимумы сгущения месторождений и рудопоявлений наблюдаются на участках с высокой плотностью меридиональных линейных элементов.

Рудные тела, как правило, стратиформные. В крутопадающих разрывах кондиционные руды, за исключением уран-тантал-ниобиевых, отсутствуют.

Связь месторождений с максимальной плотностью линейных элементов выявлена в центральной и юго-западной частях впадины и практически не выражена в Юдомо-Майском прогибе.

Учуро-Майская впадина является перспективной структурой на выявление месторождений золота,

урана, полиметаллов, серебра, молибдена, меди, никеля, платины, редких и редкоземельных элементов нетрадиционных формационных типов, не имеющих аналогов на территории Дальнего Востока России.

Авторы выражают благодарность рецензентам, д. г.-м. н., чл.-кор. В.А. Петрову, д. г.-м. н. А.В. Прокопьеву, дд. г.-м. н. А.К. Худолею за внимательный просмотр рукописи статьи и высказанные ими критические замечания, способствовавшие улучшению качества выполненной работы.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований Президиума ДВО РАН (проекты №№ 12-I-П27-07, 12-I-0-08-004, 16028-21од) и РФФИ (проекты №№ 12-05-0008а, 12-06-591158-ГФЕНа).

ЛИТЕРАТУРА

1. Берзин А. Г., Оболкин А.П., Севостьянов С. Ю. и др. Новые данные по геологии Алдано-Майского прогиба // Отеч. геология. 2011. № 6. С. 21–26.
2. Буряк В. А., Беспалов В. Я., Гагаев В. Н. и др. Новый геолого-промышленный тип циркониевого оруденения (условия образования, перспективы использования). Хабаровск: Изд-во ДВИМСа, 1999. 216 с.
3. Гильманова Г.З., Рыбас О.В., Горошко М.В. Применение преобразованных цифровых моделей рельефа для геолого-структурного районирования крупных блоков земной коры // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 6. С. 34–43.
4. Горошко М.В., Гурьянов В.А. Уран-редкометалльное оруденение в массивах ультраосновных щелочных пород юго-востока Сибирской платформы // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 20, № 6. С. 76–91.
5. Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е. Металлогения урана Дальнего Востока России. М.: Наука, 2006. 372 с.
6. Горошко М.В., Гурьянов В.А. Рудная минерализация зоны предрифейского структурно-стратиграфического несогласия и нижнерифейского платформенного чехла Учуро-Майской впадины (юго-восток Сибирской платформы) // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 6. С. 93–110.
7. Горошко М. В., Гурьянов В. А. Мезо-неопротерозойские комплексы чехла юго-востока Сибирской платформы: условия образования и основные черты тектоники // Геотектоника. 2008. № 2. С. 80–96.
8. Горошко М.В., Гурьянов В.А., Бердников Н.В., Кириллов В.Е. Золотоносность вулканоплутонических зон юго-востока Сибирской платформы и физико-химические условия образования месторождений // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 6. С. 3–22.
9. Карсаков Л.П., Гурьянов В.А., Горошко М.В. Стратиграфия нижних горизонтов Сибирского гипостратотипа рифея (юго-восток Сибирской платформы) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2002. № 1. С. 47–61.
10. Коген В.С., Рунов Ю.Е., Ставцев А.Г. Новые данные по геологии и рудоносности Билякчанской зоны разломов // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1976. № 8. С. 113–123.
11. Легенда Дальневосточной серии листов Госгеолкарты Российской Федерации -1000. Хабаровск. 2002. 164 с.

12. Малышев Ю.Ф., Горошко М.В. Региональный калиевый метасоматоз и металлогения зон докембрийских структурно-стратиграфических несогласий (юго-восток Сибирской платформы) // Докл. РАН. 2008. Т. 423, № 5. С. 663–666.
13. Павлов В. Э., Галле И., Петров Ю. П. и др. Уйская серия и позднерифейские силлы Учуро-Майского района (изотопные, палеомагнитные данные и проблема суперконтинента Родиния) // Геотектоника. 2002. № 4. С. 26–41.
14. Подковыров В.Н., Ковач В.П., Котова Л.Н. Глинистые отложения Сибирского гипостратотипа рифея и венда: химический состав, Sm-Nd систематика источников и этапы формирования // Литология и полез. ископаемые. 2002. № 4. С. 397–418.
15. Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Применение теории масштабируемого пространства для выделения и анализа структур рельефа по радиолокационным данным // Исследование земли из космоса. 2011. № 6. С. 1–8.
16. Семихатов А.М., Серебряков С.Н. Сибирский гипостратотип рифея. М.: Недра, 1983. 223с.
17. Семихатов М.А., Овчинников Г.В., Горохов Б.М. и др. Изотопный возраст границы верхнего и среднего рифея: Pb-Pb геохронология, карбонатных пород лахандинской серии, Восточная Сибирь // Докл. РАН. 2000. Т. 32, № 2. С. 216–221.
18. Семихатов М.А., Овчинникова Г.В., Горохов И.М. и др. Pb-Pb-изохронный возраст и Sr-изотопная характеристика верхнеюдомских карбонатных отложений (венд Юдомо-Майского прогиба, Восточная Сибирь) // Докл. РАН. 2003. Т. 39, № 3. С. 83–87.
19. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Отв. ред. Л.М. Парфенов, М.И. Кузьмин. М.: Наука/Интерпериодика, 2001. 571с.
20. Томсон И. Н. Металлогения рудных районов. М.: Недра, 1988. 215 с.
21. Шнайдер А.А., Малышев Ю.Ф., Горошко М.В., Романовский Н.П. Комплексная минерализация крупных рудных месторождений Дальнего Востока (Россия) // Геология руд. месторождений. 2011. Т. 53, № 2. С. 158–174.
22. Didenko A.N., Goroshko M.V. Uchur-Maya sedimentary basin of southeastern Siberian Craton: stratigraphy, geodynamics and petroleum potential // International Conference. Novosibirsk, 30 June–02 August, 2011 / Proc. of the Conf. Novosibirsk: IPGG SB RAS, 2011. P. 17–18.
23. Zlatopolsky A. Description of texture orientation in remote sensing data using computer program LESSA // Comp.&Geosci. 1997. V. 23, N 1. P. 45–62.

Рекомендована к печати Ю.Ф. Малышевым

M.V. Goroshko, G.Z. Gilmanova

Lithological and structural conditions of location of ore deposits of the Meso-Neoproterozoic Uchur-Maya depression (Siberian platform)

A set of sketch maps has been compiled including a tectonic sketch map of the Uchur-Maya depression, sketch maps of faults based on data interpretation of the digital elevation model processed by the modulus of the topography gradient for discriminating fault boundaries and, also, those of the lineament distribution and the density of elementary linear elements. On these sketch maps, locations of ore deposits and occurrences of various metals are plotted within the bounds of the Uchur-Maya depression. Structural and lithological factors that control ore occurrences have been established. The locations of ore objects with respect to faults of different orientation, the lineament network based on the data of the digital elevation model processing and the density of linear elements have been analyzed. The most important lithological factors that control the ore deposits are the pre-Mesozoic structural-stratigraphic unconformity zones, the contact zones of Mesoproterozoic Formations with contrasting physical and chemical properties and the high-porosity (cavernous) dolomite members in Yudomian Series of the Vendian.

Key words: Mezo-Neoproterozoic, stratigraphy, tectonics, magmatism, metallogeny, digital elevation models, structural and lithological ore control, Uchur-Maya depression, Aldan-Stanovoy Shield.