

**НОВЕЙШАЯ СТРУКТУРА СИХОТЭ-АЛИНСКОГО ОРОГЕНА,
МЕТАЛЛОГЕНИЯ СИХОТЭ-АЛИНСКОЙ РУДНОЙ ПРОВИНЦИИ**

Показано, что эндогенная металлогения САПП конформна сложноорганизованной, интерферирующей структуре Сихотэ-Алинского региона (САО). Зоны рудогенеза полихронных, полиэлементных рудообразующих систем этой провинции выведены в приповерхностную зону коры в ходе развития САО, трансформированы его новейшей сдвиго-надвиговой тектоникой и сопряженной с ней эрозией. В максимально эродированной ядерной части орогена с уровнем среза до 2,5 км на поверхность выведены зоны рудогенеза мезозойских и мел-палеоценовых рудно-магматических систем (РМС) с титано-ильменитовой, полиметаллической и золото-редкометалльной специализацией. В менее эродированной северной части САО и в прибортовых частях орогена со срезом до 0,5–1,0 км обнажены зоны рудогенеза кайнозойских и позднемеловых РМС преимущественно золотой, золото-серебряной и полиметаллической специализации. Приведена характеристика плиоцен-раннечетвертичных полиэлементных (Ge, U, Mo, W, Au, ЭПГ, РЗЭ) рудообразующих систем, связанных с действием низкотемпературных «разбавленных» гидротерм в осадочном чехле и структурах фундамента кайнозойских угленосных впадин, расположенных в контуре Сихотэ-Алинского орогена.

Ключевые слова: *новейшая тектоника, металлогения, рудная провинция, рудный район, новейший рудогенез, рудно-магматические системы, «разбавленные» гидротермы, эрозионный срез, реконструкция.*

It has been shown that the SAOP endogenic metallogeny is in conformity with an interfered complicated pattern SAO structure. Zones of ore genesis of polychronous, polyelement ore-forming systems in the province were exposed in the subsurface crustal zone during evolution of the Sikhote-Alin orogen, the latter being transformed by its modern shear-thrust fault tectonics and the associated erosion. In the interior part of the orogen which was eroded to the maximum extent, the level of erosion vertical section attaining to 2.5 km, zones of ore genesis of the Mesozoic and Cretaceous-Paleocene ore-magmatic systems (OMS) with titanium-ilmenite, polymetallic and gold-rare metal specialization were exposed. In a less eroded northern part of SAO and in areas of the orogen close to its edges, where erosion vertical section level reaches to 0.5–1.0 km, zones of ore genesis of the Cenozoic and Late Cretaceous OMS of predominantly gold, gold-silver and polymetallic specialization were exposed. A characteristic is given for the Pliocene – Early Quaternary polyelement – Ge, U, Mo, W, Au, platinum-group elements (PGE), rare earth elements (REE) ore-forming systems. They are associated with an effect of low-temperature “diluted” hydrotherms in the sedimentary cover and basement structures of the Cenozoic coal-bearing depressions, located within the Sikhote-Alin orogen contours.

Key words: *modern tectonics, metallogeny, ore province, ore region, contemporary ore genesis, ore-magmatic systems, ‘diluted’ hydrotherms, erosion section, reconstruction.*

Введение. Статья представляет собой вторую, завершающую часть исследования влияния новейшей структуры Сихотэ-Алинского орогена (САО) на металлогению Сихотэ-Алинской рудной провинции (САПП). Первая, с эволюционной моделью САО, представлена в предыдущем номере (№ 52) журнала. По вполне объективным причинам практически вся континентальная геологическая картография отражает в основном *современное состояние приповерхностной зоны* континентальной коры с ее наиболее выраженными *новейшими* тектоническими и эрозионными процессами. Такое, казалось бы, очевидное обстоятельство должно было найти соответствующий отклик и при составлении металлогенических и прогнозно-поисковых моделей САПП. Информационное поле слабоизученной Сихотэ-Алинской провинции отличается особенно острым дефицитом информации именно по *новейшему*, самому доступному для изучения этапу ее развития. Однако все модели САПП оказались выведенными из эволюционного контекста новейшего этапа, хотя в структуре

данной провинции новейшие процессы проявлены исключительно ярко. Масштаб воздействия новейшей структуры САО на строение САПП обозначен уже достаточно большими (до 3,5 км) суммарными амплитудами новейших вертикальных смещений и значительным (до 2,5 км) уровнем новейшего эрозионного среза.

Без учета влияния САО на структурно-металлогенический план САПП любые геологические и металлогенические построения являются по сути незавершенными. Именно этой незавершенностью может быть в значительной мере объяснена характерная для региона юга Дальнего Востока России (ЮДВР), как и для континентальной геологии в целом, малая результативность мелко-среднемасштабного металлогенического прогноза. Внесение соответствующих поправок на влияние событий новейшего этапа может, по мнению автора, существенным образом повысить эффективность данного прогноза, что весьма актуально для Сихотэ-Алинской провинции с ее слабой изученностью.

Для получения наиболее полного представления о влиянии событий новейшего этапа на металлогению САРП автор предпринял попытку исследовать ее как *единую, направленную эволюционирующую геологическую систему с многообразием формирующих ее процессов*. Потребовалась не совсем традиционная методика комплексного эволюционного моделирования, базирующаяся на методологии синергетики. Такой подход не характерен в целом для геологии с ее глубокодифференцированной структурой. Олвин Тоффлер в предисловии к книге И. Пригожина и И. Стенгерс «Порядок из хаоса» (1986) прокомментировал это как «искусство разложения», свойственное всей современной науке: «Мы изрядно преуспели в этом искусстве, преуспели настолько, что нередко забываем собрать разъятые части в то единое целое, которое они некогда составляли». Со времени этого высказывания степень дифференциации науки, и геологии в том числе, пожалуй, только увеличилась.

Использованная методика исследований ранее разработана в ходе структурно-металлогенического моделирования входящего в состав САРП *Синегорского* ураново-рудного района [4]. Позднее она была дополнена и транслирована на весь юг Дальнего Востока России вместе со структурой САО [7]. Эта достаточно трудоемкая методика существенно осложняет весь процесс исследования, от формирования исходной информационной основы до модельных построений и их апробации, но в конечном счете существенно повышает достоверность создаваемых моделей. Сложность решаемых при этом задач в значительной мере определила предварительный характер представляемых здесь исследований. Ими обозначены пока лишь самые общие закономерности влияния новейшей структуры САО на формирование современного структурно-металлогенического плана САРП.

Результаты исследований. Прежде всего целесообразно выделить некоторые положения региональной эволюционной модели [6–8], особенно важные для понимания характера воздействия структуры САО на формирование металлогении САРП. В соответствии с этой моделью континентальная кора региона наращивалась в позднем мезозое – кайнозое к востоку, сохраняя активность процесса вплоть до современного этапа. На окраине континента, на смещающемся к востоку фронте структурирования коры функционировали орогенные системы с магматогенным режимом. К олигоцену магматогенный режим с ареалом связанного с ним эндогенного рудообразования сместился в позицию, соответствующую Сихотэ-Алинскому орогену. Орогенные системы, расположенные в глубине континента западнее орогена, ко времени заложения его структуры уже перешли в режим амагматического развития.

Структура САО была сформирована на неоднородном, полигенном и полихронном субстрате коры, развивалась синхронно и в тесном взаимодействии со структурами новейших рифтогенов – Амуру-Ханкайском на западе и Япономорском на востоке. В конце плиоцена ороген сменил режим на амагматический. Магматогенный режим с ареалом гранитообразования сместился на восток от САО в суперновые структуры Хоккайдо-Сахалинской и Курило-Камчатской орогенных систем. На этом фоне Сихотэ-Алинский ороген вместе со всей структурой региона был дополнительно активизирован в неогене – раннем квартале в рамках гло-

бальной активизации, проходившей одновременно с проявлением траппового магматизма. К концу голоцена в орогене сформировалась сложноорганизованная интерферирующая структура.

Эндогенная металлогения САРП сформирована совокупностью *разновозрастных полиэлементных рудообразующих систем (РОС) – рудно-магматических и гидротермальных*, как ранних (докайнозойских), так и молодых (кайнозойских), функционировавших и в ходе развития САО. На рис. 1, составленном по материалам С. М. Родионова и Н. А. Горячева [1] с небольшим дополнением автора, видно, что *все металлогенические пояса и рудные районы САРП находятся в контуре новейшей структуры Сихотэ-Алинского орогена*. Судя уже только по этому, структура САО оказала самое непосредственное влияние на характер металлогении САРП.

Основная часть САРП в плане соответствует структуре САО, заложенной на неоднородном, мобильном субстрате активной азиатской окраины. Металлогенические таксоны с оруденением *юрско-раннемелового* возраста находятся в наиболее эродированной ядерной части – в центре и на юго-востоке САО, а таксоны с *позднемеловым – кайнозойским* оруденением приурочены к наименее эродированным частям орогена – в основном к северной части и к его бортам. Металлогенические же таксоны юго-западной части провинции с оруденением *палеозойского* возраста – Кабаргинский, Вознесенский, Ярославский и Синегорский – расположены в пределах жесткой структуры Ханкайского массива, существенным образом преобразованной еще в палеозое и мезозое и дополнительно трансформированной новейшей структурой САО.

Представленная на современном срезе *мел-кайнозойская* металлогения САРП (рис. 2) оказалась *конформной* сложноорганизованной новейшей структуре САО. Эту конформность обеспечил ей устойчивый характер развития орогена, сохранившего свою структурную целостность от момента заложения до современного его состояния. При этом различия в структуре и вещественном составе многочисленных локальных рудно-магматических систем (РМС) Сихотэ-Алинской провинции, нелинейность процессов структурирования орогена с пространственно-временной нерегулярностью его новейших тектонических и эрозийных процессов крайне усложнили металлогеническую зональность САРП, придав ей соответствующий внутренней структуре САО *интерферируемый* характер.

В наиболее эродированных в новейшее время (со срезом до 2,5 км) *ядерных* частях орогена на *юго-востоке* и *центре* САО на поверхности были выведены зоны рудогенеза позднемеловых – палеоценовых РМС, обнаруживающих непосредственную связь с гранитоидными комплексами. С ними связаны редкометалльные (с золотом) и полиметаллические месторождения Арминского, Кавалеровского и Дальнегорского районов [1, 11–13, 15]. В менее эродированных (срез до 0,5–1 км) *прибортовых* частях орогена зональность сформирована рудно-магматическими системами золото-серебряной и полиметаллической специализации. Эти РМС связаны преимущественно с кайнозойскими и (в меньшей степени) позднемеловыми вулканоплутоническими комплексами. *На севере* САО эрозией со средним (до 1,5 км) уровнем среза вскрыто золотое (с серебром) и полиметаллическое оруденение близких по возрасту РМС Нижнеамурской металлогенической зоны.

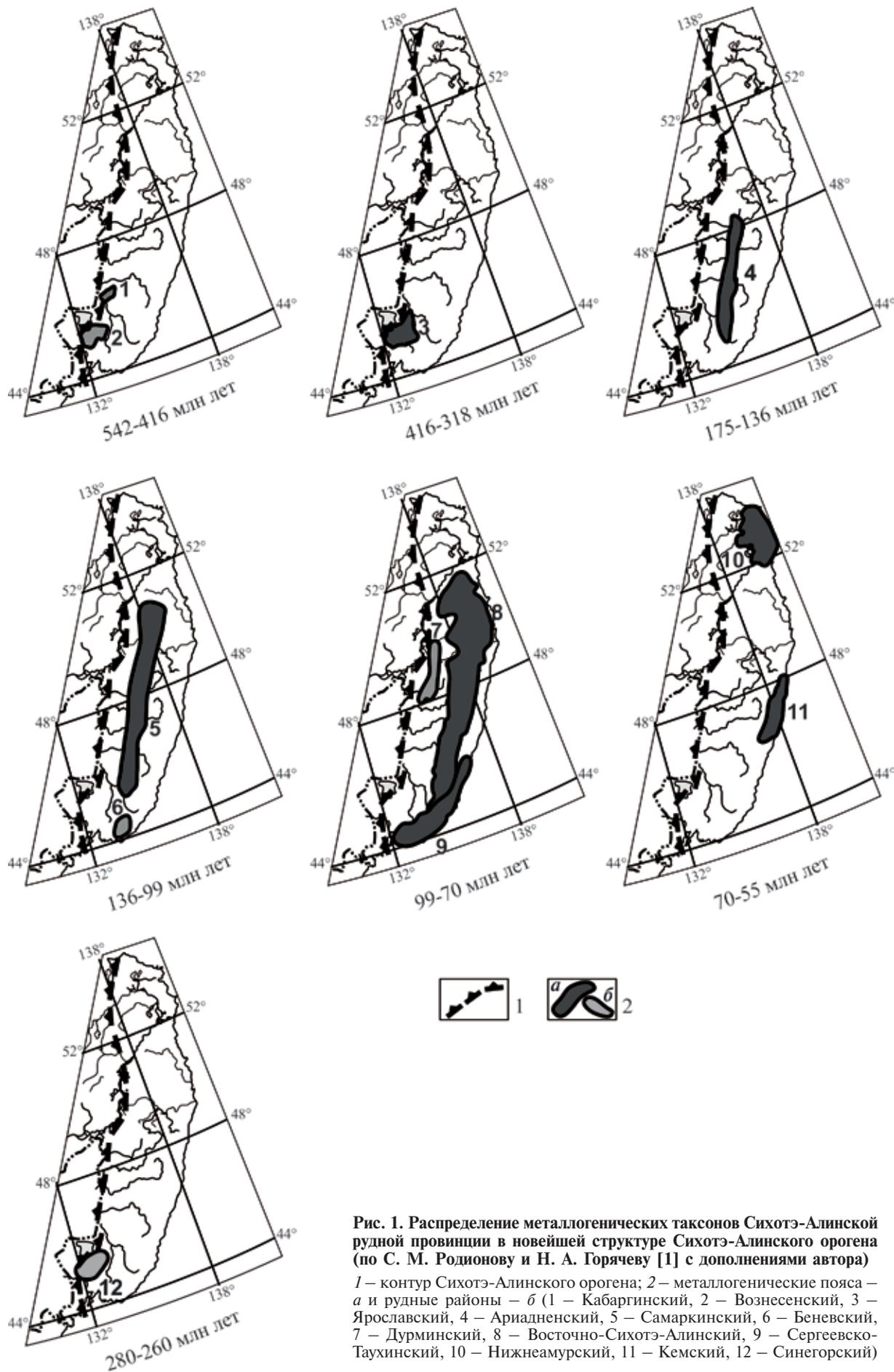


Рис. 1. Распределение металлогенических таксонов Сихотэ-Алинской рудной провинции в новейшей структуре Сихотэ-Алинского орогена (по С. М. Родионову и Н. А. Горячеву [1] с дополнениями автора)

1 – контур Сихотэ-Алинского орогена; 2 – металлогенические пояса – а и рудные районы – б (1 – Кабаргинский, 2 – Вознесенский, 3 – Ярославский, 4 – Ариадненский, 5 – Самаркинский, 6 – Беневский, 7 – Дурминский, 8 – Восточно-Сихотэ-Алинский, 9 – Сергеевско-Таухинский, 10 – Нижнеамурский, 11 – Кемский, 12 – Синегорский)

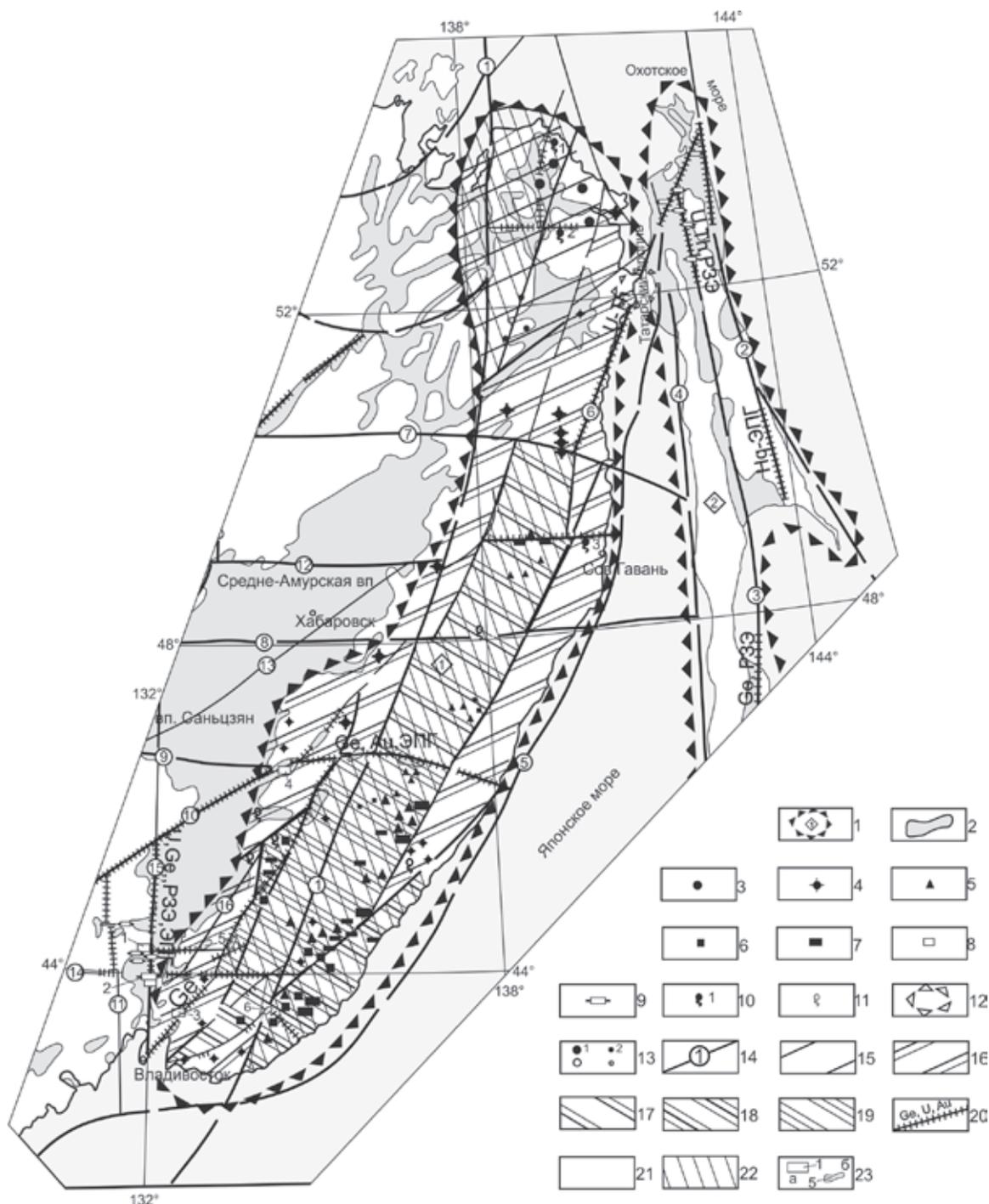


Рис. 2. Схема мел-кайнозойской металлогенической зональности САРП, по [7] с использованием материалов [1, 10–15], (М. В. Мартынюк, 2000)

1 – контуры новейших орогенов с магматогенным режимом (1 – Сихотэ-Алинский, 2 – Хоккайдо-Сахалинский); 2 – контуры новейших рифтогенных впадин; 3–7 – специализация мел-кайнозойских рудных объектов САРП в породах докайнозойского фундамента (3 – золото, 4 – золото, серебро, 5 – олово, 6 – вольфрам, 7 – полиметаллы, медь); 8, 9 – специализация рудных объектов в новейших впадинах (8 – Ge-Au-P3Э-ЭПГ, 9 – U-Mo-W-Ge-Au-P3Э-ЭПГ); 10, 11 – радио-гидрохимические аномалии: 10 – в термальных источниках (1 – Прибрежный, 2 – Анненский, 3 – Тумнинский), 11 – в трещинно-жилвных и грунтовых водах; 12 – контур Лазаревской РМС; 13 – ранг рудных объектов (1 – месторождения, 2 – рудопроявления); 14 – основные глубинные разломы (1 – Центральный Сихотэ-Алинский, 2 – Восточно-Сахалинский, 3 – Центрально-Сахалинский, 4 – Западно-Сахалинский, 5 – Татарского пролива, 6 – Восточный Сихотэ-Алинский, 7 – Гур-Комсомольский, 8 – Намурхэ-Амурский, 9 – Наолихэ-Бикинский, 10 – Фушунь-Мишань-Алчанский, 11 – Западно-Приморский, 12 – Намурхэ-Бирский, 13 – Хабаровско-Хехширский, 14 – Южно-Приморский, 15 – Западно-Ханкайский, 16 – Синегорский); 15–19 – специализация металлогенических зон позднемерловых – кайнозойских РМС (15 – золото, 16 – золото, серебро, 17 – редкие металлы, полиметаллы, медь, золото, 18 – полиметаллы, редкие металлы, 19 – редкие металлы, полиметаллы, золото, серебро); 20 – фрагменты глубинных разломов с новейшими РОС «разбавленных» гидротерм и их специализация; 21, 22 – возраст оруденения Сихотэ-Алинских РМС (21 – олигоцен-неогеновый, 22 – мел-палеоценовый); 23 – рудные объекты РОС глубинных разломов: а – месторождения (1 – Павловское германиевое, 2 – Раковское урановое и Раковское германиевое, 3 – Шкотовское германиевое, 4 – Нижнебикинское германиевое), б – проявления минерализации во впадинах (5 – Реттиховская, 6 – Приоблачная)

Трансформации структуры Синегорского ураново-рудного района [4, 7]

Этапы рудогенеза	Геологический возраст	Этапы развития		Геологические реперы	Уровень трансформаций, км
Новейший (с экзогенными РОС)	Q ₁₋₄	Синхронное формирование Амуро-Ханкайского рифтогена и Сихотэ-Алинского орогена	Рост Сихотэ-Алинского орогена, сдвига-надвиговая тектоника, эрозия положительных морфоструктур САО и впадин южной части АХР	Коры выветривания, платобазальты, осадки кайнозойских впадин	Аверт. до (+1) Эрозионный срез до 0,5
	N-Q ₁		Активизация глубинных разломов с развитием траппового магматизма. Низкотемпературный метасоматоз	Коры выветривания, платобазальты, аргиллизация в кайнозойских базальтоидах и осадках	А = +n·10 м Эрозионный срез до 0,5
P ₂	Заложение АХР и САО. Эрозия Синегорской горст-антиклинали с препаацией интрузии		Коры выветривания, осадки кайнозойских впадин, Синегорская интрузия, субинтрузии кленовского комплекса	Аверт. до (-2) в АХР, до (+1) в структуре САО, Эрозионный срез до 1,5	
Герцинский	K ₂ -P ₁		Орогенез с магматогенным режимом. Внедрение Синегорской интрузии с формированием одноименной горст-антиклинали	Гранодиориты Синегорской интрузии, осадки Раздольнинской впадины	Аверт. до (+1) Эрозионный срез до 1,0
	J ₃ -K ₁		Тихоокеанская трансгрессия с формированием Раздольнинской впадины		Аверт. до (-1,5) в Раздольнинской впадине
Каледонский	P ₂		Пограничная активизация Ханкайского массива с формированием ВТС	Вулканы Горно-Хуторской ВТС, образования вулканогенно-карбонатно-терригенной формации Арсеньевского прогиба	А = +1,0
	C ₃ -P ₁		Эрозия поднятых блоков СРМС Среднеамплитудная активизация в условиях общего роста ПХС	Субвулканы и малые интрузии светляровского, лунзенского и кленовского комплексов	Эрозионный срез на севере СРМС до 1 км, А = 1,5
	D ₂ -C	Раскол и эрозия ПХС. Формирование системы вулканотектонических структур (ВТС)	Покровные и субвулканические фации вулканитов базальт-трахириолитовой формации, моласса базального слоя девон-карбонных ВТС	А = (-3,5) внутри ВТС, 0,5 – срез на их обрамлении	
	S ₂ -D ₁	Формирование кольцевого гранитного батолита и структуры Приханкайского свода (ПХС)	Массивы силурийских гранитов батолитовой формации	А = (+2,5)	

Металлогеническая схема мел-кайнозойского этапа с акцентированной на новейшее время мелкомасштабной (м-б 1 : 2 500 000) структурной основой (рис. 2) является моделью первого уровня приближения. Она отражает лишь самые общие закономерности воздействия новейшей структуры САО на формирование «поверхностной» металлогенической зональности Сихотэ-Алинской провинции. В то же время для данного масштаба эта модель обладает достаточно высоким уровнем соответствия, что, в частности, подтверждают результаты моделирования структуры и металлогении Синегорского района, выполненного автором в масштабах 1 : 200 000–1 : 50 000, с реконструкциями от протерозоя до квартера [4, 7]. Реконструкции позволили восстановить трансформирующее воздействие САО и АХР на каледонские и герцинские РМС, а также исследовать влияние этих структур на ход новейшего рудогенеза (таблица).

Неплохо соответствует металлогенической схеме САРП и характер золото-торий-урановой *Лазаревской* рудно-магматической системы (ЛРМС), выделенной автором на северо-востоке САРП (в районе мыса Лазарева) по результатам геологосъемочных работ [2] и собственных маршрутных исследований [7]. ЛРМС (рис. 3) приурочена к золото-серебряной (с полиметаллами и алунином) металлогенической

зоне с новейшим возрастом оруденения. Заложена она на препарированных эрозией массивах олигоценных гранитов и представлена серией сопряженных вулканотектонических структур с пестрым набором пород базальт-трахириолитовой формации неогена. Контролируется ЛРМС узлом пересечения субмеридиональных нарушений Восточного Сихотэ-Алинского глубинного разлома с нарушениями северо-восточного – субширотного направления. Особенности этой РМС – необычно высокое (4,7–7,3 г/т по данным рентгеноспектрального анализа лаборатории ФГУП «Таежгеология», 2000) содержание урана в андезибазальтах субвулканических и экструзивных фаций (т. н. 476, 477, 480). Это в 5–10 раз превышает уровень фона урана для кайнозойских базальтоидов региона [4, 7] и в 2–4 раза уровень его концентраций в породах соответствующего состава в ближайших к региону ураново-рудных районах Забайкалья и Монголии [15]. Для слабоизученной структуры ЛРМС это может рассматриваться как свидетельство ее перспективности на выявление новейшего уранового оруденения.

В 10 км южнее пос. Лазарев обследована система субмеридиональных зон интенсивного кварц-гидрослюдистого метасоматоза. По данным минералого-петрографических исследований, выполненных в ФГУП «Таежгеология», в составе

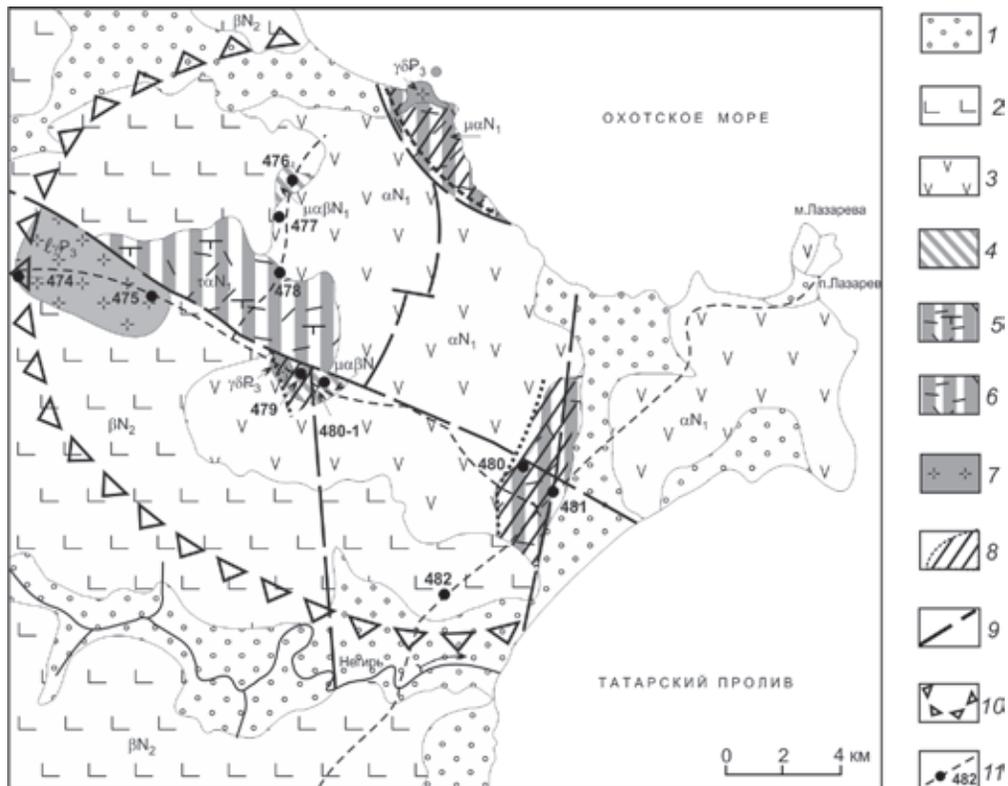


Рис. 3. Схема Лазаревской РМС (по [3] с дополнением автора)

1 – четвертичный аллювий; 2, 3 – покровы неогеновых платобазальтов базальтоидного (2) и андезитовидного (3) состава; 4–6 – неогеновые субинтрузии и экструзии андезитобазальтов (4), трахидацитов (5) и риолитов (6); 7 – лейкограниты и гранодиориты олигоцена; 8 – зоны кварц-гидрослюдистых метасоматитов; 9 – зоны разломов; 10 – контур Лазаревской РМС; 11 – линии рекогносцировочных маршрутов автора (2000)

метасоматитов преобладают кварц и гидросерицит с характерным для них повышенным (1–3 г/т) содержанием висмута (данные полуколичественного спектрального анализа). В отдельных пробах спектрохимическим анализом установлены аномальные (до 1 г/т) концентрации золота. В полотно карьера (т. н. 481) выявлена серия локальных (протяженностью до первых десятков метров) радиометрических аномалий интенсивностью до 3000 мкР/ч. Содержание урана 3–30, тория от 3 до 1500 г/т (данные РСА). Максимальные концентрации тория приурочены к гидросерицитовому (с лимонитом) заполнителю зон дробления. Несмотря на высокие содержания тория в пробах, рудная микроскопия и рентгеноструктурный анализ не выявили в них его минеральных форм, что может быть связано либо с высокой дисперсностью выделений, либо (что более вероятно) с присутствием тория в составе катионных комплексов, сорбированных гидросерицитом и лимонитом. В обоих случаях это указывает на высокую подвижность тория в новейшем рудообразующем процессе, отличавшемся, по-видимому, невысокой температурой и повышенной кислотностью.

Самые молодые РОС Сихотэ-Алинской провинции отнесены к группе *полиэлементных (Ge, U, Mo, W, Cu, Pb, Zn, F, PЗЭ, Sc, Ag, Au, ЭПП) рудообразующих систем*, связанных с действием «разбавленных» гидротерм [5]. Данные РОС связаны с этапом плиоцено-раннечетвертичной активизации и получили весьма широкое распространение в кайнозойских впадинах, расположенных и в контуре Сихотэ-Алинского орогена. Характер этих рудообразующих систем исследован во впадинах Приханкайской группы и в

первую очередь на примере *Раковской* впадины, использованной в качестве эталонного объекта (рис. 4).

По разработанной автором модели источника энергии и вещества для данных РОС служат кора и мантия, транспортировку рудных элементов обеспечивают корово-мантийные флюидопотоки, движущиеся по «раскрытым», водонасыщенным структурам новейших глубинных разломов. Позицию Раковского месторождения определяет узел пересечения меридионального Западно-Ханкайского и широтного Южно-Приморского разломов. Признак глубинной природы флюидов – присутствие в их составе фтора, гелия, углекислоты, сероводорода, предельных и непредельных углеводородов. Оруденение формируется на комплексном (Р-, Т-, рН-, Eh- и сорбционном) геохимическом барьере, действующем на выходе флюидопотока из зоны разлома (из фундамента) в дислоцированный новейшей тектоникой осадочный чехол впадины.

В условиях градиентного снижения давления и температуры на границе фундамента с обводненными, насыщенными углефицированной органикой осадками гидротермы разгружаются, приобретая «разбавленный» характер. Здесь они формируют объемные зональные очаги низкотемпературного метасоматоза с изменениями аргиллизитового ряда, представленными гидрослюдами, сульфидами (преимущественно пирит), флюоритом, карбонатами (сидерит, кальцит), монтмориллонитом, каолинитом и опалом. Основная часть урана сбрасывается в обводненных, «раскрытых» структурах новейших разломов в верхней части фундамента впадин и в проницаемых, водонасыщенных осадках базально-

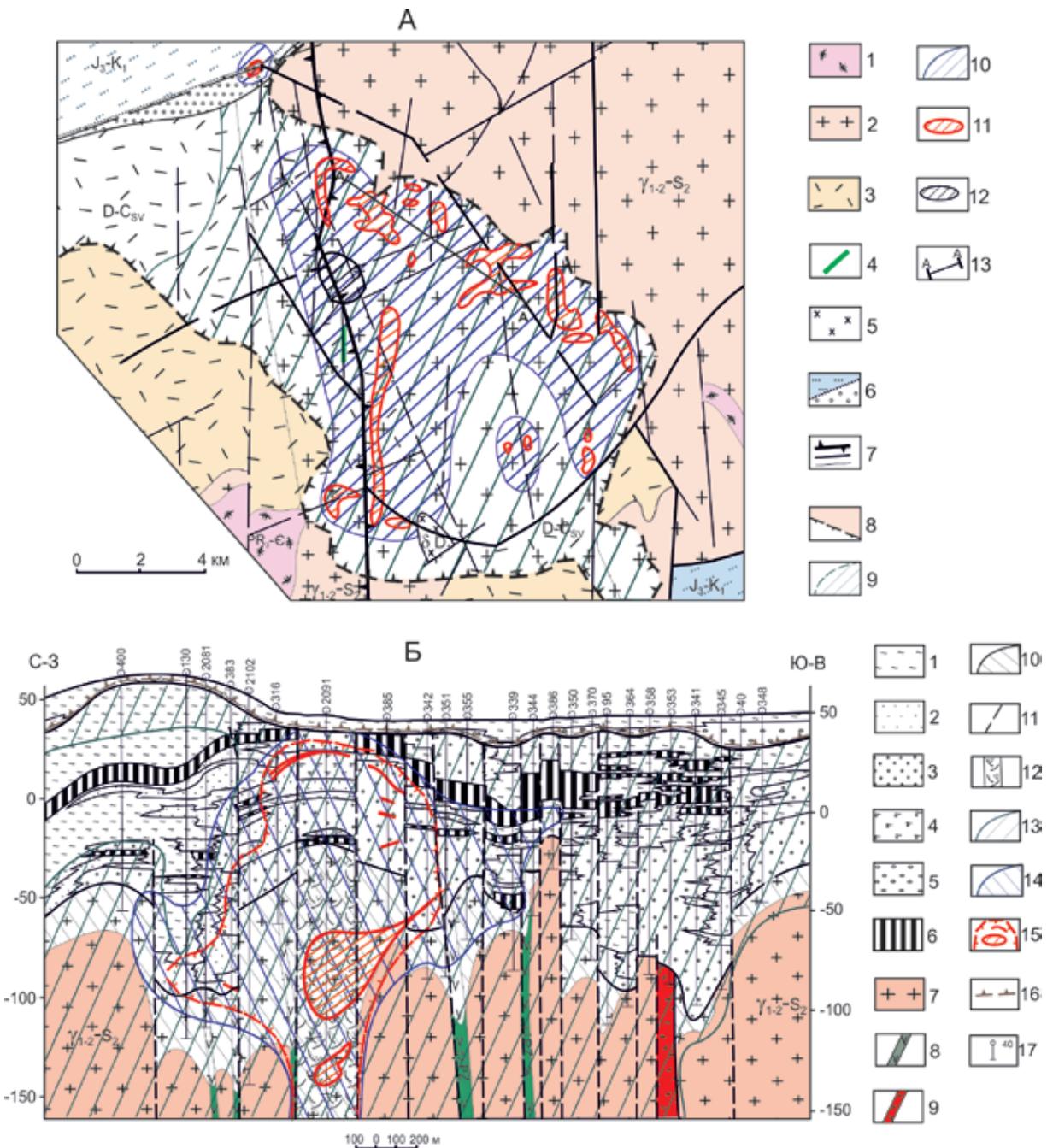


Рис. 4. Раковская впадина (по [4])

А. Карта докайнозойского фундамента впадины с данными по ураноносности: 1–6 – образования докайнозойского возраста в контуре впадины не закрашены (1 – ксенолиты протерозой-нижнекембрийских сланцев, 2 – лейкограниты гродековского комплекса, 3 – кислые вулканиты девона – карбона, 4 – дайки андезитовых порфиров, 5 – малые интрузии диоритов, 6 – песчаники и конгломераты верхнего мезозоя); 7 – разломы первого и второго порядка; 8 – контур впадины; 9 – контур зоны аргиллизации (ранняя стадия); 10 – то же, поздняя стадия; 11 – ураново-рудные залежи; 12 – контур германиевого месторождения; 13 – линия разреза по северному борту впадины.

Б. Разрез по линии А–А: 1–6 – образования кайнозойского чехла (1 – глины, 2 – пески, 3 – песчано-гравийные отложения, 4 – глины с «мусорной» текстурой, 5 – валунно-галечные отложения, 6 – бурые угли); 7 – граниты фундамента; 8, 9 – дайки (8 – андезитовых порфиров, 9 – риолитов); 10 – кора выветривания; 11 – разрывные нарушения; 12 – зоны дробления; 13, 14 – зональность процесса аргиллизации (зона изменений ранней – 13-й и поздней – 14-й стадий); 15 – ореол рассеяния урана с ураново-рудными телами; 16 – зона поверхностного окисления; 17 – скважины и их номера

го слоя. *Германиевое* оруденение концентрируется главным образом в вышележащих прослоях бурых углей, где действие комплексного барьера усилено их высокой восстановительной и сорбционной емкостью. Непосредственно в контуре урановых залежей германий локализуется на участках, обогащенных углефицированной органикой.

Возраст уран-полиэлементного оруденения Раковского месторождения, по геологическим данным и результатам изотопно-свинцового метода, *плиоцен – ранний квартер* [5]. Наличие упомянутых в первой статье радиогеохимических аномалий в термальных источниках северо-восточной части САО (Анненский, Прибрежный, Тумнинский) ука-

зывает на то, что там уран-полиэлементный рудогенез может продолжаться и сегодня. Это вполне соответствует общему омоложению процессов в структуре орогена к северо-востоку с приближением к современной Охотоморской рифтогенной системе.

Связь уран-полиэлементных РОС с новейшей тектоникой и низкотемпературным гидротермальным метасоматозом достаточно ярко выражена и в структурах Реттиховской и Приоблачной впадин. Реттиховская впадина, в настоящее время уже полностью переработанная угольным карьером, исследована автором в 80-х годах прошлого века [4, 5]. Она представляет собой реликт миоценовых угленосных осадков – фрагмент юго-восточной части Амуро-Ханкайского рифтогена, взброшенной структурой САО в плиоцене – квартере с вертикальной амплитудой не менее 300–400 м. Дислокации, наложенные на впадину, вызваны, вероятнее всего, сдвиговыми перемещениями по активизированной в новейшее время Синегорской зоне разломов, имеющей северо-восточную ориентировку, и по разломам субширотной системы.

В карьере наблюдался небольшой блок первично-красноцветных алевролитов нижнепалеозойского фундамента, внедрившийся в нижний угольный пласт по системе субвертикальных нарушений с формированием сундучной складки, осложненной послынными срывами и разрывными дислокациями. Алевролиты, разбитые открытыми трещинами на фрактальную систему мелких (до 20–30 см и менее) блоков, были восстановлены по трещинам с изменениями сульфидно-карбонатно-гидро-слюдистого состава и приобрели пеструю окраску. На восстановленном светло-зеленом фоне мелкие (до 5–6 см) пятна первичного красно-коричневого цвета сохранились лишь в центральной части блоков-фракталов. Небольшие (первые метры) урановые тела локализованы в передовой части зоны аргиллизации, обогащенной тонкозернистым (глобулярным) пиритом, над блоком алевролитов в подошве, центре и кровле нарушенной тектоникой угольного пласта.

Признаки полиэлементных РОС «разбавленных» гидротерм достаточно хорошо выражены и в Приоблачной (Березовской) впадине. В ее эоцен-миоценовом вулканогенно-осадочном угленосном выполнении широко проявлены, по данным В. В. Середина [13], разрывные и пликвативные дислокации, объемный кварц-цеолитовый метасоматоз и более локальные зоны кварц-серицит-хлоритовых и кварц-каолининовых изменений (иногда с пиритом). Развита полиэлементная минерализация (Ge, W, Zr, Be, Ni, PЗЭ), локализованная на контактах угольных пластов. По материалам аэрогамма-спектрометрической съемки, проведенной предприятием «Таежгеология», впадина характеризуется и аномальными концентрациями урана.

Металлогенический спектр РОС «разбавленных» гидротерм обнаруживает довольно отчетливые признаки корреляции со специализацией пород фундамента новейших впадин. Это, в частности, видно на примере урана и германия. Рудообразующие системы, генерирующие в САО урановое и германиевое оруденение, развивались в основном на активизированном в новейшее время Ханкайском массиве с его специализированными на уран структурно-формационными (докайнозойскими) комплексами. За пределами массива, где доля специализированных

на уран пород резко снижена, ведущую роль в этих РОС начинает играть германий. Так, на юго-востоке САО в дислоцированных новейшей тектоникой аргиллизированных осадках Шкотовской впадины, заложенной на породах мезозойского фундамента, не специализированных на уран, локализовано крупное месторождение германия, но аномальных концентраций урана здесь не установлено.

Весьма интересна ситуация с наложением новейшей тектоники и уран-полиэлементных РОС на зоны рудогенеза более ранних этапов. В частности, зоны каледонского и герцинского рудогенеза, расположенные в пределах САО на Ханкайском массиве за контурами новейших впадин, в значительной мере уничтожены эрозионными процессами. При уровне эрозионного среза, определенного для САО величиной до 2,5 км, вероятность такого сценария достаточно высока. В то же время под чехлом впадин эти зоны не подвергались новейшей эрозии и могли сохраниться в максимальной степени, лишь частично преобразуясь в ходе новейшего рудогенеза.

В Синегорском районе вполне определенный поисковый интерес представляет девон-карбонная Раковская вулкано-тектоническая структура (ВТС) [9]. В ходе новейшего рифтогенеза восточная часть ВТС была сброшена по нарушениям Западно-Ханкайской и Южно-Приморской зон разломов с амплитудой $n \cdot 100$ м и перекрыта осадками Раковской впадины. Анализ позиции локализованного во впадине месторождения урана по отношению к структуре ее фундамента (рис. 4) показывает, что с запада и юга распространение уранового оруденения строго ограничивается трансформированным новейшей тектоникой контуром ВТС. Новейший уран-полиэлементный рудогенез развивался здесь по активизированным структурам фундамента впадины, который одновременно является и фундаментом вулканоструктуры. В данном случае правмерно предположить, что урановое оруденение строго ограничивается трансформированным новейшей тектоникой контуром ВТС. Новейший уран-полиэлементный рудогенез развивался здесь по активизированным структурам фундамента впадины, который одновременно является и фундаментом вулканоструктуры. В данном случае правмерно предположить, что урановое оруденение строго ограничивается трансформированным новейшей тектоникой контуром ВТС. Раковская ВТС – единственная в Синегорском районе вулканоструктура, заложенная на гранитном фундаменте с высокой (до 20 г/т) специализацией на уран.

По ряду признаков (приуроченность к рифтогенам с высоким содержанием углерода в их осадках, контроль новейшими зонами глубинных разломов, многокомпонентный состав руд) оруденение, сформированное «разбавленными» гидротермами, обнаруживает определенные черты сходства с рудными объектами черносланцевого типа. По мнению автора, оно дополняет «скользящий» во времени и пространстве ряд черносланцевых месторождений (Падма, Мурунтау, Сухой Лог, Наталкинское) [3, 7], направленно омолаживающихся от протерозоя и палеозоя в глубине континента до мезозоя – кайнозоя в молодых окраинно-континентальных структурах активной азиатской окраины. В структуре САО имеется много слабоизученных, потенциально рудоносных кайнозойских впадин (Пограничная, Чернышевская, Малиновская, Монастырская, Приоблачная, Тоголевская, Алчанская, Налевская и др.). Эти впадины вместе с активизированными новейшими процессами структурами их фундамента представляют собой весьма благоприятную среду для развития новейшего полиэлементного рудогенеза.

Заключение. Развитие Сихотэ-Алинского орогена оказало самое непосредственное влияние на характер представленной на современном срезе металлогении Сихотэ-Алинской рудной провинции. Многообразие и масштабность новейших процессов САО обусловили, с одной стороны, конформность металлогенической зональности САРП структуре этого новейшего орогена. С другой стороны, сложноорганизованный, интерферируемый характер внутреннего строения САО определил сложность строения этой зональности с высокой степенью индивидуальности каждой отдельной части САРП.

Основные выводы:

– использование акцентированной на новейший этап методики структурно-металлогенического моделирования показало ее эффективность в условиях Сихотэ-Алинского орогена;

– эндогенная металлогения САРП сформирована совокупностью разновозрастных полиэлементных рудообразующих систем. На поверхности это сложноорганизованная металлогеническая зональность, конформная интерферируемой новейшей структуре САО;

– металлогенические таксоны САРП с титаноильменитовым, золото-редкометалльным и полиметаллическим оруденением юрско-раннемелового возраста приурочены к наиболее эродированной ядерной (центральной и южной) части орогена, а таксоны с позднемеловым и кайнозойским (золото-серебряным и полиметаллическим) оруденением – к наименее эродированным частям САО, в основном к северной части орогена и к его бортам;

– на Ханкайском массиве зоны рудогенеза каледонского (Вознесенский, Ярославский рудные узлы) и герцинского (Синегорский, Кабаргинский районы) возрастов, трансформированные в докайнозойское время, дополнительно и весьма существенно преобразованы также и новейшей структурой САО;

– металлогенический потенциал САРП дополняют новейшие полиэлементные (Ge, U, Mo, W, Au, ЭПГ, РЗЭ) рудообразующие системы, связанные с действием «разбавленных» гидротерм в рыхлом обводненном выполнении кайнозойских впадин и в активизированных, «раскрытых» и обводненных структурах их фундамента. Оруденение этих РОС несет на себе определенные признаки руд черносланцевого типа;

– достоверность средне-, мелко- и тем более крупномасштабных прогнозно-металлогенических моделей в целом слабоизученной Сихотэ-Алинской провинции может быть существенным образом повышена путём реконструкции ее новейших трансформаций на основе системных и более детальных исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 16 «Изменения окружающей среды и климата: природные катастрофы» (проект ДВО РАН 06-1-П 16-061).

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / А.И. Ханчук. – Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 2. – С. 573–981.

2. Кесслер Л.А., Бравина С.Б. Геологическая карта СССР. М-6 1 : 200 000. Серия Нижне-Амурская (N-54-XXII – XXVIII). 1960, 1964.

3. Клер В.Р., Ненахов В.Ф., Сапрыкин Ф.Я. и др. Металлогения и геохимия угленосных и сланецосодержащих толщ СССР. – М.: Недра, 1988. – 256 с.

4. Коковкин А.А. История геологического развития и перспективы ураноносности Синегорской рудно-магматической системы в Южном Приморье. Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – М.: ВИМС, 1990. – 32 с.

5. Коковкин А.А. Эндогенные уран-полиэлементные рудообразующие системы в рифтогенных структурах юга Дальнего Востока России // Отечеств. геология. 2006. № 2. – С. 5–12.

6. Коковкин А.А. Эволюционная модель области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов // Геодинамика формирования подвижных поясов Земли: Материалы Междунар. науч. конф. – Екатеринбург, 2007. – С. 148–152.

7. Коковкин А.А. Геодинамическая модель кайнозойского этапа развития континентальной коры юга Дальнего Востока России и уран-полиэлементное рудообразование. Автореф. дис. ... доктора геол.-минер. наук. – М.: РИС ВИМС, 2007. – 50 с. <http://vak.ed.gov.ru/announcements/geomin/573/>.

8. Коковкин А.А. Область взаимодействия Трансзиатского и Тихоокеанского подвижных поясов: эволюция структуры, новейшая тектоника и сейсмогеодинамика // Проблемы сейсмичности и современной геодинамики Дальнего Востока и Восточной Сибири: докл. науч. симпозиума, 1–4 июня 2010 г., Хабаровск / Под ред. В.Г. Быкова, А.Н. Диденко. – Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2010. – С. 198–201.

9. Коковкин А.А. Новейшие процессы в эволюционирующей структуре Синегорской рудно-магматической системы: тектоника, сейсмотектоника, эрозия и рудогенез // Тектоника, магматизм и геодинамика востока Азии: VII Косыгин. чтения: материалы Всерос. конф. (Хабаровск, 12–15 сент. 2011 г.). – Хабаровск, 2011. – С. 371–374.

10. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 352 с.

11. Радкевич Е.А. Глубинное строение и особенности металлогении юга Дальнего Востока. – М.: Недра, 1984. – 328 с.

12. Середин В.В. Распределение и условия формирования благороднометалльного оруденения в угленосных впадинах Приморья // Геология рудных м-ний. 2007. Т. 49. № 1. – С. 3–36.

13. Сухов В.И., Бакулин Ю.И. и др. Металлогения Дальнего Востока России. – Хабаровск: ДВИМС, 2000. – 217 с.

14. Томсон И.Н., Полякова О.П. Последовательность образования и направление миграции металлогенических зон на примере орогена Приморья // ДАН. 2000. Т. 374. № 6. – С. 809–812.

15. Шатков Г.А., Терентьев В.М., Пинский Э.М., Шор Г.М. Металлогеническое районирование Амурского геоблока (сопредельные территории России, Китая, МНР) в связи с задачами прогнозирования промышленных типов уранового оруденения на Востоке России // Регион. геология и металлогения. 1999. № 8. – С. 35–46.