

На правах рукописи



Коковкин Александр Александрович

**ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАЙНОЗОЙСКОГО ЭТАПА
РАЗВИТИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ ЮГА ДАЛЬНЕГО
ВОСТОКА РОССИИ И УРАН-ПОЛИЭЛЕМЕНТНОЕ
РУДООБРАЗОВАНИЕ**

Специальность 25.00.11 – геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

A handwritten signature in black ink is centered on the page. The signature is written in a cursive style and appears to read 'A. Kokozyan'.

Москва, 2007

Работа выполнена в Институте тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН.

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
профессор Белов Сергей Викторович
(Геофизический Центр РАН)

доктор геолого-минералогических наук,
профессор Данковцев Рафаэль Федорович
(ФГУП ВИМС)

доктор геолого-минералогических наук
Ван-Ван-Е Анатолий Петрович
(Институт Горного дела ДВО РАН)


Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский
геологический институт им. А.П. Карпинского,
г. Санкт-Петербург

Защита состоится 30 марта 2007г. в 11 час. на заседании диссертационного совета Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья им. Н.М. Федоровского по адресу: г. Москва, 119017, Старомоетный пер., 31, ВИМС.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВИМСа.

Автореферат разослан « 16 » февраля 2007г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат геолого-минералогических наук

 Т.Н. Шурига

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Основным объектом исследования является континентальная часть региона юга Дальнего Востока России (ЮДВР) с о. Сахалин - территория, расположенная к югу от 56-й параллели, восточнее 122-го меридиана (рис.1). По мере необходимости, в процесс изучения включалась информация по ближней и дальней периферии – по Монголии, Забайкалью, северо-востоку Китая, Японии, Курилам и северо-востоку Азии. Работа над диссертацией была начата в ФГУП «Таежгеология», где автор занимался прогнозными и поисковыми работами на уран, и завершена в Институте Тектоники и геофизики ДВО РАН.

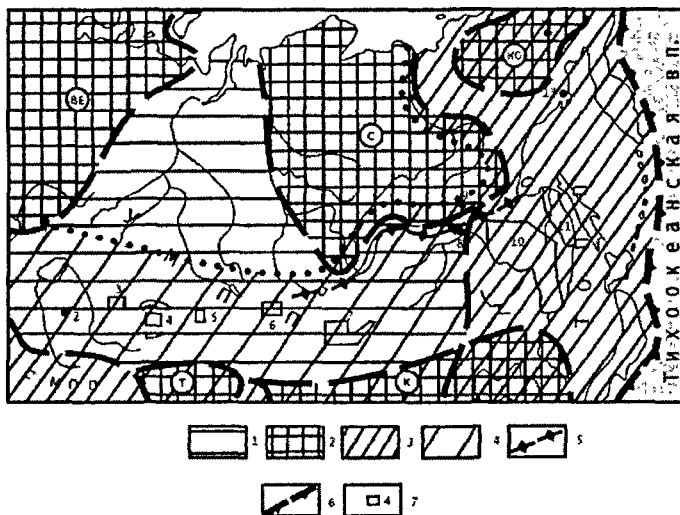


Рис. 1. Обзорная схема подвижных поясов востока Евразии (по Е.Е. Милановскому [1989], с дополнениями автора).

1 Урало-Монгольский пояс. 2. Реликтовые блоки протоплатформы: ВЕ - Восточно-Европейский, С - Сибирский, КО - Колымо-Омолонский, К - Китайский, Т - Таримский. 3. Мезозойско - кайнозойские подвижные пояса СМПП - Среднеземноморский, ТОПП - Тихоокеанский, 4 Зона активного мезозойско-кайнозойского морфо-генеза в южной части Урало-Монгольского пояса 5 Осевая часть Байкальской рифтовой зоны 6 Тихоокеанская впадина 7. Площади работ автора с полевыми наблюдениями 1. Южные Мугуджары, 2 Букантау (Учкудук), 3. Чу-Сарысуйская депрессия; 4 Нижне-Илийская впадина . 5 Алакольская впадина; 6 Западно-Монгольский район; 7 Монгольская Гоби, 8. Уруша-Ольдойское междуречье, 9 Плато Ток, 10 Морфоструктуры Буреинского и Ханкайского массивов, 11 Центральный и северный Сихотэ-Алинь; 12 Омолонский массив; 13 Восточное Примагаданье

Актуальность проблемы. Для весьма динамично развивающейся в последние годы экономики региона одним из основных условий ее роста является формирование надежной минерально-сырьевой базы. Диссертация, ориентированная на изучение процессов рудообразования и условий сохранности оруденения, самым непосредственным образом касается этой проблемы. Актуальным представляется и ее акцентированность на уран, поскольку в стране в последнее десятилетие обозначился острый дефицит этого элемента. Актуальность изучения кайнозойского этапа определяется с одной стороны весомостью его вклада в формирование общего баланса минеральных ресурсов планеты в целом и региона ЮДВР, в частно-

сти, а с другой стороны - высокой геодинамической активностью этого этапа, существенным образом преобразовавшего более ранний структурно-металлогенический план региона.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является оценка продуктивности кайнозойского рудогенеза и определение роли кайнозойских геодинамических процессов в преобразовании структуры и металлогении более ранних этапов.

Основные задачи исследования:

1. Разработать методологию и методику исследования.
2. Разработать модель эволюции континентальной коры региона для поздне-мезозойско-кайнозойского этапа ее развития.
3. Составить классификационную схему кайнозойских рудообразующих систем.
4. Выявить характер кайнозойского эндогенного рудообразования и его взаимосвязи с эволюционирующей структурой континентальной коры. Разработать модели основных типов уран-полиэлементных рудообразующих систем эндогенного класса.
5. Определить характер экзогенного рудогенеза во взаимосвязи с региональной зональностью экзогенных процессов. Разработать модели ведущих типов экзогенных уран-полиэлементных рудообразующих систем.
6. Оценить трансформирующее влияние кайнозойского тектогенеза и эрозии на металлогению и структуры более ранних этапов.
7. Оценить роль кайнозойского рудогенеза в формировании промышленных месторождений уран-полиэлементного состава.

Основные защищаемые положения:

1. По разработанной автором модели в позднем мезозое-кайнозое континентальная кора региона последовательно наращивалась к востоку рифтогенными и орогенными системами, развивавшимися в тесной взаимосвязи с глубинными разломами, в условиях трехстороннего пресса Сибирского и Китайского кратонов и Тихоокеанской плиты. Фронт наращивания коры обеспечивали орогенные системы с магматогенным режимом.

2. Региональную эндогенную металлогению кайнозойского этапа определили гидротермальные рудообразующие системы активизированных зон глубинных разломов и рудно-магматические системы кайнозойских орогенных структур с магматогенным режимом. Разработана металлогеническая зональность этого этапа и модели эндогенных рудообразующих систем уран-полиэлементной специализации, проявленных в рыхлом обводненном чехле рифтогенных впадин и в активизированных структурах их фундамента.

3. Условия формирования кайнозойских месторождений экзогенного класса на территории юга Дальнего Востока России, Забайкалья и Монголии подчиняются латеральной экзогенной зональности. Для различных частей этой зональности созданы модели уран-полиэлементных рудообразующих систем, действующих в рыхлом осадочном чехле рифтогенных впадин и в зонах трещинной кислородной инфильтрации.

4. Кайнозойскими тектоническими и эрозионными процессами преобразованы структуры и зоны рудогенеза более ранних этапов, что во многом определило характер региональной металлогении. Созданы модели трансформации структуры и металлогении Сихотэ-Алинской орогенной структуры, Синегорской рудно-магматической системы и модель преобразования структуры Буреинского прогиба.

Научная новизна:

1. Выявлена последовательность наращивания континентальной коры к востоку в ходе взаимодействия рифтогенных и орогенных систем с омоложением возраста геологических процессов – рифтогенеза и седиментогенеза, литификации осадков и нефтегазообразования, гранитообразования и эндогенного рудогенеза.

2. Разработана знакопеременно-сдвиговый механизм формирования структуры коры. Выделены инверсионные структуры – индикаторы знакопеременного сдвига (приразломные впадины в орогенных системах и внутренние поднятия - в рифтогенных), разработаны модели их формирования.

3. Разработана модель саморазвивающихся геологических систем открытого типа. Для кайнозойских рудообразующих систем региона на основе этой модели, с учетом ведущих факторов рудогенеза, составлена классификационная схема.

4. Разработаны модели кайнозойских эндогенных уран-полиэлементных рудообразующих систем, выделены основные ареалы их развития в регионе юга Дальнего Востока России.

5. Для Монголии, Забайкалья и юга Дальнего Востока России разработана модель кайнозойской латеральной экзогенной зональности и увязанные с ней модели экзогенных уран-полиэлементных рудообразующих систем. Для региона ЮДВР выделены основные ареалы их распространения.

6. Установлен характер и масштаб преобразующего воздействия кайнозойских тектонических и эрозионных процессов на структуру и металлогению более ранних этапов, составлены соответствующие модели трансформаций для структуры Сихотэ-Алинского орогена, Синегорской рудно-магматической системы и Буринского прогиба.

Достоверность и обоснованность результатов проведенных исследований обеспечено комплексным характером использованной информации и большим объемом исходного фактического материала. В основу диссертации положены материалы региональных и детальных прогнозно-поисковых работ на уран и другие полезные ископаемые, проведенных автором на территории ЮДВР (Амуро-Зейская, Средне-Амурская, Эхилканская, Сулукская впадины, Приханкайская система впадин и др.) и в Монголии по 20 геологическим заданиям (см. рис.1). В половине из них автор выступал в роли ответственного исполнителя. Работы включали комплекс полевых геолого-геофизических методов с объемом бурения более 600 000м. Автором в том числе было лично задокументировано более 300 000м керна скважин. В последние годы информационная основа диссертации была дополнена результатами исследования новейшей геодинамики и сейсмотектоники региона с полевым изучением кайнозойских дислокаций в структурах Среднего-Нижнего Приамурья (зоны Центрального Сихотэ-Алинского, Петропавловского, Хинганского и Танлу-Курского разломов, Хабаровско-Хехцирская система поднятий и др.).

Практическая значимость диссертационной работы:

1. На основе проведенного автором комплексного моделирования выполнен региональный металлогенический прогноз на уран-полиэлементное оруденение, связанное с кайнозойскими рудообразующими системами различных типов. Выделено 19 рудоперспективных площадей, по которым составлены конкретные рекомендации по направлению дальнейших работ.

2. Составленные автором радиогеохимическая карта, геологические карты и схемы использованы в качестве геологической основы при составлении карт ра-

дононосности Хабаровского края и территории г. Хабаровска.

3. Разработанная эволюционная модель геологической структуры региона использована в качестве основы при составлении карты сейсмотектоники территории Среднего - Нижнего Приамурья, на базе которой уточнена сейсмическая балльность территорий гг. Хабаровска и Комсомольска-на Амуре.

4. Прямым продолжением работ по эволюционному моделированию геологической структуры региона явилась составленная автором модель новейшей геодинамики Хабаровско-Хехцирской системы инверсионных поднятий. На основе этой модели выделены разломы и структурные узлы, перспективные на водоснабжение г. Хабаровска.

5. Составленные автором модели трансформирующего воздействия кайнозойских событий на структуру и металлогеническую зональность предыдущих этапов предоставляют возможность существенным образом скорректировать направление прогнозно-поисковых работ на уран, торий, редкоземельные и редкие элементы, на золото, серебро, полиметаллы и флюорит в Сихотэ-Алинской рудной провинции и в Синегорском рудном районе, на золото, нефть, газ и каменный уголь в Буреинском прогибе.

Апробация работы. Основные положения работы представлены в докладах на ученых советах ВИМС, ИТиГ ДВО РАН, ВСЕГЕИ, на 14 всероссийских и международных симпозиумах, совещаниях и конференциях. Результаты исследований по теме диссертации отражены в 21 геологическом отчете и в 35 научных публикациях, список которых приведен в конце автореферата.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из ВВЕДЕНИЯ, шести глав и ЗАКЛЮЧЕНИЯ. Ее общий объем составляет 271 страницу, включая 62 иллюстрации и 8 таблиц. Список литературы содержит 351 наименование.

Благодарности. Автор выражает глубокую и искреннюю признательность всему коллективу бывшего ФГУП «Таежгеология» за творческую геологическую атмосферу с профессиональным взаимопониманием и взаимным доверием, чему во многом и обязано появление на свет данной диссертации. Автор благодарен сотрудникам Первого отделения ВИМСа и Спецотдела ВСЕГЕИ за теплые товарищеские отношения и тесное творческое сотрудничество при проведении совместных научно-производственных работ на территории Средней Азии, в Монголии и на Дальнем Востоке России, за дружескую помощь и конструктивные советы при подготовке диссертации. Автор благодарит коллектив лаборатории «Сейсмологии и сейсмотектоники» ИТиГ ДВО РАН (персонально заведующего лабораторией к.г.-м.н. В.А. Бормотова, д-ра физ.-мат. наук В.Г. Быкова, сотрудников лаборатории О.А. Калягину, Н.В. Сатонину и Т.В. Меркулову) за всемерную поддержку и практическую помощь в оформлении диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Во «Введении» аргументирована актуальность темы исследования, обозначены его основные цели и задачи, научная новизна и практическая значимость работы, показана обеспеченность ее исходной информацией, сформулированы основные защищаемые положения; представлены сведения по апробации, объему и общей структуре диссертации.

ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Специфика геологической позиции региона, находящегося на активной окраине Азии - на сочленении двух подвижных поясов планетарного уровня (Тихооке-

анского - ТОПП и Центрально-Азиатского – ЦАПП) отразилась на современном срезе континентальной коры большим разнообразием морфоструктур гетерогенного, разнопорядкового, полихронного характера. Этот структурный коллаж, представляющий среду кайнозойского рудогенеза, отражает в то же время характер трансформаций геологических структур и металлогенической зональности более ранних этапов. Расшировка всего этого структурного и металлогенического разнообразия требует последовательного восстановления соответствующей им совокупности взаимосвязанных геологических событий, с использованием комплексного эволюционного подхода. Породившие эти события геологические системы, как и все природные системы, являются самоорганизующимися системами открытого типа, развивающимися по нелинейным законам [Д.В. Рундквист, 1972; Г.Л. Поспелов, 1962-1973; Ф.А. Летников, 1994; Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов, 1994 и др.]. С учетом этих особенностей в диссертации разработана методология исследования таких систем. Методическое выражение она нашла в комплексной прогнозно-металлогенической модели кайнозойского этапа, схема которой представлена на рисунке 2.

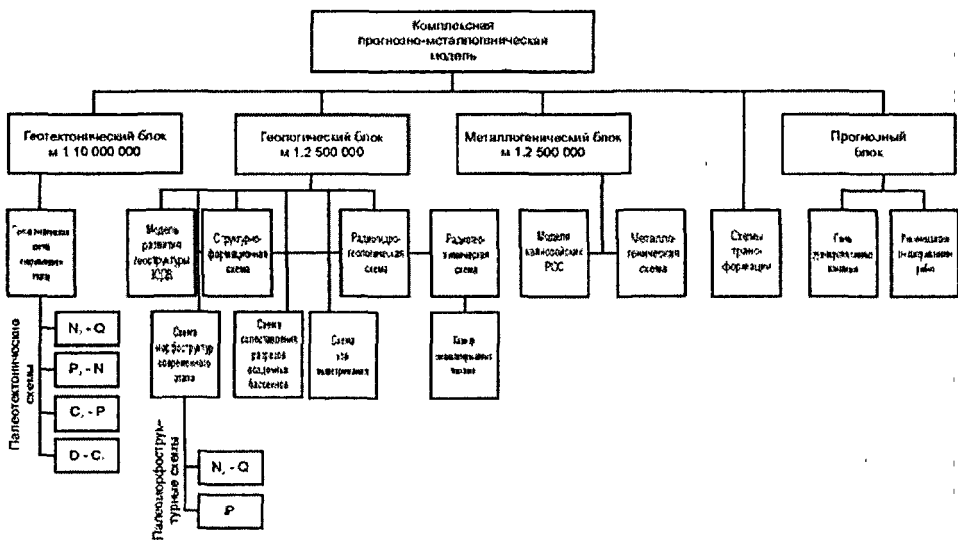


Рис. 2. Блок-схема комплексной прогнозно-металлогенической модели кайнозойского этапа

ГЛАВА 2. ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Данная глава представляет систему доказательств первого защищаемого положения, ориентированного на характеристику закономерностей формирования континентальной коры региона – среды кайнозойского рудогенеза. Особенности ее формирования во многом определил *Тихоокеанский подвижный пояс (ТОПП)*, который рассматривается автором как *структура взаимодействия Тихоокеанского суперплюма с окружающими его континентальными структурами* (рис.3). Для данного региона такими структурами являются Центрально-Азиатский пояс с обрамляющими его Сибирским и Китайским кратонами. Характер взаимосвязи региональной геологической структуры со структурами планетарного уровня отражен в синтетической модели, сформированной автором с учетом разработок В.И.

Вернадского, П.Н. Кротокина, Е.Е. Милановского, Ю.М. Пушаровского, Ю.А. Косыгина, В.Е. Хаина, Л.П. Зоненшайна, А.Е. Ходькова, Р.Л. Ларсона и ряда других исследователей. В основу этой модели положены представления о планете как открытой системе, развивающейся в условиях глобального сжатия, реализующегося в режиме сложноорганизованной пульсации. Земная кора вместе с газовой оболочкой является частью барьерной зоны на границе Планета-Космос, структурирующейся в геологическом времени по нелинейным законам открытых само-развивающихся систем.

В раннем мезозое ход планетарной эволюции был нарушен импульсным внешним (космогенным) воздействием. Результатом этого воздействия стало появление Тихоокеанского суперплума (ТОСП) с одноименной впадиной. Глобальным следствием появления ТОСП явилась сохранившаяся до настоящего времени асимметрия Земли, достаточно подробно охарактеризованная Ю.М. Пушаровским [1997, 2005]. Структура планеты развивалась в дальнейшем по линии компенсации возникшей асимметрии. Компенсационные эффекты предполагают в том числе и горизонтальные перемещения литосферных плит. Структура постепенно деградирующего ТОСП действовала (и продолжает действовать) по классической схеме открытых (диссипативных) систем, с выносом из нее во внешние оболочки Земли огромного количества флюидов, энергии и тепла.

Эволюционировала она в весьма специфическом режиме, характеризующемся наращиванием океанической коры по схеме «сверху вниз». Именно этим можно объяснить известные феномены, заключающиеся в устойчивом (преимущественно, юрском) возрасте пород поверхности океанической коры внутри Тихоокеанской впадины [П. Лонсдейл, 1992] и в практически полном отсутствии там осадков, а также в поразительно свежем облике структур ложа впадины. Последнее достаточно убедительно иллюстрируют материалы Международного геолого-геофизического атласа Тихого океана [2003]. Взаимодействие суперплума со структурой континентальной коры выразилось в формировании Тихоокеанского подвижного пояса, существенную роль в котором играли периферические системы суперплума и локальные зоны субдукции. В течение мезозоя и большей части кайнозоя континентальная кора в пределах пояса системно наращивалась по латерали (к центру Тихоокеанской впадины) и по вертикали (по схеме «снизу вверх» - полярной по отношению к схеме коры суперплума).

В эволюции геологической структуры рассматриваемого региона можно выделить три основных этапа: протоплатформенный этап, этап внутриконтинентальных подвижных поясов и Тихоокеанский этап.

ПРОТОПЛАТФОРМЕННЫЙ ЭТАП. Его структурный план сохранился в регионе лишь фрагментарно, в виде древних реликтовых блоков фундамента протоплатформы с глубоко метаморфизованными породами архея - раннего протерозоя и протерозой-нижнепалеозойскими образованиями ее чехла. Этими блоками являются Сибирский и Китайский кратоны с системой расположенных между ними более мелких массивов остаточного типа (Ханкайский, Буреинский, Мамынский, Гонжинский, Аргунский). В региональном радиогеохимическом поле структурно-формационные комплексы (СФК) фундамента протоплатформы выделяются устойчиво повышенным содержанием урана в 3.5-5 г/т (местами до 7.5 г/т и более). Для СФК чехла протоплатформы, представленных пестрым формационным набором мелководно-морских молассоидов, терригенных и кремнисто-терригенно-

карбонатных образований, характерен разброс величины концентрации урана с интервалом в 1-3.5 г/т (до 5.5 г/т на Буреинском массиве - в Малохинганском блоке и в Мельгинском прогибе).

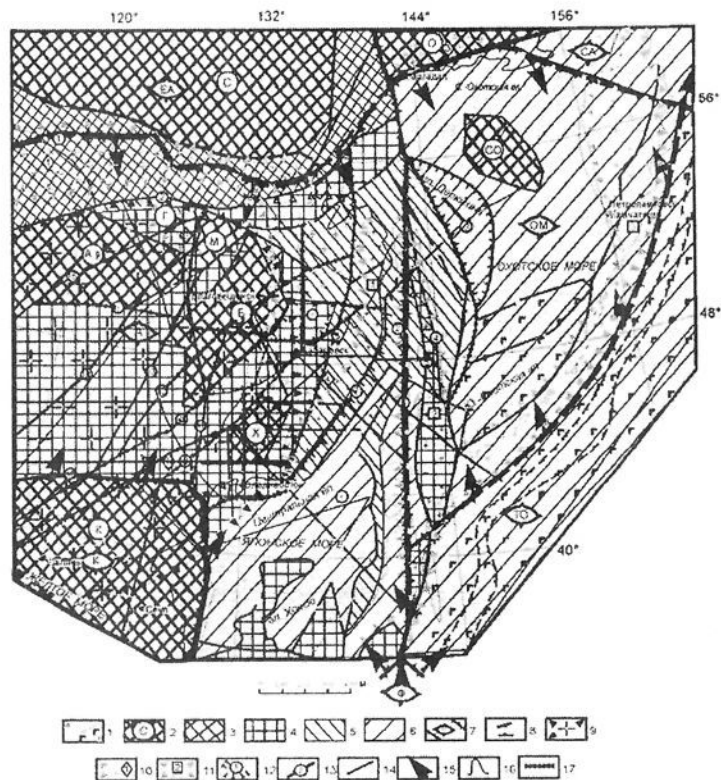


Рис 3 Геотектоническая схема области сочленения Тихоокеанского и Центрально-Азиатского подвижных поясов. Составлена по материалам А.В. Пейве, А.Л. Яншина, Ю.А. Косыгина, Л.И. Красного, С.М. Тильмана, А.С. Вольского, Р.И. Соколова, Л.П. Зоненшайна, А.А. Смыслова, Э.Л. Рейнлиба.

1. Области развития коры континентального (а) и океанического (б) типов. 2. Жесткие блоки с докембрийской корой, рама Центрально-Азиатского пояса (С-Сибирский и К-Китайский кратоны) и остаточные массивы внутренней части пояса (Г-Гонжинский, М-Мамынский, Ар-Аргунский, Б-Цзямусы-Буреинский, Х-Ханкайский, О-Охотский, СО-Северо-Охотоморский). 3. Фрагменты докембрийской коры, частично переработанной в мезозое-кайнозое. 4-6. Кора подвижных зон: 4. позднелазеозойских; 5. мезозойских; 6. кайнозойских. 7. Литосферные плиты: ЕА-Евразийская, СА-Северо-Американская, ТО-Тихоокеанская, ОМ-Охотоморская, А-Амурская, К-Китайская, Ф-Филиппинская. 8. Курильский глубоководный желоб. 9-11. Структуры сжатия. 9. Аргуно-Ханкайский мегасвод; 10. Позднемезозойские орогенные системы (1. Алдано-Становая, 2. Северо-Буреинская, 3. Охотская, 4. Сихотэ-Алинская, 5. Ляохинская). 11. Кайнозойские орогенные системы (1. Восточно-Сихотэ-Алинская, 2. Хоккайдо-Сахалинская, 3. Курило-Камчатская). 12. Основные рифтогенные системы кайнозоя: 1. Амуро-Ханкайская, 2. Татарского пролива, 3. Впадина Дерюгина, 4. Ялономорская впадина. 13. Основные зоны глубинных разломов: 1. Становая, 2. Монголо-Охотская, 3. Центральная Сихотэ-Алинская, 4. Восточно-Сахалинская, 5. Центрально-Сахалинская, 6. Западно-Сахалинская, 7. Татарского пролива, 8. Фушунь-Мишань - Алчанская, 9. Танлу-Курская, 10. Сино-Корейская, 11. Муданьцзян-Мельгинская, 12. Инкоу-Хинганская, 13. Шанси-Селемджинская, 14. Большого Хингана, 15. Дербур, 16. Намурх-Бирская, 14. Прочие зоны разломов. 15. Направление движения литосферных плит. 16. Береговая линия. 17. Разломы с проявленной в новейшее время сдвиг-раздвиговой компонентой.

ЭТАП ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ (каледонско–герцинский) связан с развитием Центрально-Азиатского подвижного пояса (ЦАПП), являющегося восточным фрагментом Урало-Монгольского пояса. На *раннем* этапе ЦАПП представлял собой мобильную, длительно функционирующую структуру своеобразного литосферного дренажа, разгружающую мантийно-коровые флюидопотоки. На современной поверхности коры реликтовая структура ЦАПП весьма контрастно выделяется на фоне жесткой структурной «рамы», образованной Сибирским и Китайским кратонами. По данным Ю.Ф. Мальшева [2002, 2006] для пояса (по отношению к кратонам) характерна в целом сокращенная мощность и пониженная плотность коры. Корни кратонов, по материалам сейсмомографии [А.И. Киселев и др., 1998], прослеживаются в глубину литосферы более чем на 200км. Внутренняя структура пояса, в соответствии с представлениями большинства его исследователей (М.С. Нагибина, Е.Е. Милановский, Л.И. Красный, Ю.А. Косыгин, Н.А. Логачев, А.Н. Леонтьев, Ю.Ф. Мальшев, Н.П. Романовский и др.), образована системой подвижных зон (структур геосинклинального типа, преимущественно с незавершенными циклами развития). Современные реликты этих зон выполнены интенсивно дислоцированными породами терригенно-карбонатной, кремнисто-терригенной и вулканогенно-терригенной формаций. В радиогеохимическом поле эти породы характеризуются содержанием урана 1.5 – 3.0г/т (до 5г/т в терригенно-карбонатных образованиях Норско-Сухотинской зоны). В пределах жестких блоков в этот период развиваются процессы сводообразования и гранитизации, сопровождающиеся внедрением массивов калиевых гранитов. Примером является структура Приханкайского свода с внедрившимся в него кольцевым гранитным батолитом [6,8]. Граниты отличаются достаточно большим разбросом содержания урана (3-5г/т, до 20г/т в массивах лейкогранитов центральной части свода).

В *девоне-карбоне* развитие ЦАПП определили условия нарастающего сжатия, вызванного встречными движениями Сибирского и Китайского кратонов. На Ханкайском массиве в этот период продолжались процессы сводообразования. Это привело к расколу апикальной части Приханкайского свода и к проявлению рифтогенеза. Рифтогенез сопровождался развитием контрастно дифференцированной, специализированной на уран базальт-андезит-трахириолитовой формации.

К концу *герцинского* этапа, в условиях нарастающего сжатия, на востоке ЦАПП была сформирована крупная магматогенно-сводовая структура - Аргуно-Ханкайский мегасвод (АХМС). АХМС объединил группу упомянутых остаточных массивов с локализованными между ними подвижными зонами в единую и достаточно жесткую структуру, аккрецировавшуюся затем к Китайскому кратону. На современном срезе мегасвод выделяется ареалом препарированных эрозией массивов герцинских гранитоидов. Содержание урана в них составляет, преимущественно, 2.5-4.5 г/т. На этом фоне весьма контрастно выделяются специализированные массивы аляскитов и субщелочных лейкогранитов с концентрациями 5-7.5 г/т и более.

ТИХООКЕАНСКИЙ ЭТАП. С ним связано формирование Тихоокеанского пояса, в наибольшей мере определившего характер геологического строения региона. Структура пояса была выделена С.С. Смирновым [1946] и несколько позднее Г. Штилле [1964]. Названия пояса в работах различных исследователей весьма разнообразны – Тихоокеанский рудный (С.С. Смирнов, Е.Н. Радкевич), Циркум-тихоокеанский (Г.Штилле, Э. Ог, Т. Мацумото), Тихоокеанский тектонический (Ю.М. Пуцаровский), Тихоокеанское кольцо (Н.А. Богданов) и, наконец, Тихоокеанский подвижный. Последнее название, присвоенное поясу П.Н. Кропотки-

ным [1965], представляется наиболее удачным, поскольку в наибольшей мере отражает геодинамическую напряженность и пространственно-временную изменчивость его структуры. На современной поверхности коры кольцевая структура ТОПП весьма контрастно выделяется на фоне более древних континентов. Это свидетельствует об относительной сохранности пояса в ходе всей его позднемезозойско-кайнозойской эволюции.

Начальная стадия этапа (поздний триас – ранний мел) характеризуется интенсивными раздвиговыми движениями, инициированными давлением на Евразийский континент со стороны Тихоокеанской плиты – фрагмента структуры ТОСП. В рассматриваемом регионе раздвиг сопровождался активной трансгрессией, распространявшейся по сохранившей свою подвижность зоне между Сибирским кратоном и структурой АХМС. Западная граница позднемезозойского океанского бассейна реконструируется по положению реликтовых структур позднемезозойского возраста (Средне-Тукурингский, Удской и Буреинский прогибы; Чульманская, Токинская, Тырминская и другие впадины). Все перечисленные структуры сложены осадками карбонатно-терригенной, терригенной и угленосной терригенной формаций [Л.И. Красный, Геологическая карта Приамурья..., 1999]. В этом ряду, направленном в глубину континента и характерном для всех перечисленных структур, закономерно повышается доля пресноводных осадков. Содержание урана в породах этих формаций составляет 1-3.5 г/т.

В юре-раннем мелу на фронте нарастающих раздвиговых движений по границам с Сибирским кратоном и структурой АХМС формировались волны сжатия, выразившиеся в развитии линейно-дуговых зон орогенеза и гранитообразования (магматические дуги по Б.А. Натальину [1986]). Под *орогенезом* здесь и далее понимается совокупность геологических процессов, реализующихся в условиях регионального сжатия и сопровождающихся формированием морфоструктур положительного знака. Соответственно, под *рифтогенезом* понимаются процессы полярной направленности, формирующие морфоструктуры отрицательного знака. Орогенные системы этого этапа нарастили структуру АХМС и окончательно аккретировали ее к Китайскому кратону. В этом расширенном контуре она известна как Амурская ядерно-сводовая [М.Г. Золотов, 1976] или Амурская [Н.П. Романовский, 1998] мегаструктура.

В материковой части ЦАПП, прилегающей к региону с запада, широкое распространение в этот период получили процессы тектоно-магматической активизации, сформировавшие систему рифтогенных впадин и противоположных им по знаку вулканоплутонических структур, контролирующихся субширотной и (в меньшей мере) меридиональными системами разломов. Эти активизационные процессы захватили большую часть территории современной Монголии и Забайкалья, соединив планетарные системы Тихоокеанского и Средиземноморского поясов (см. рис.1). Для северной части Китайского кратона они получили название структур «дива» [Чень-Го-Да, 1960]. На ранней стадии развития рифтогенов в формировании этих структур заметную роль играла вулканогенная составляющая. С границы *юра – ранний мел* в их развитии обозначились устойчивые амагматогенные черты, что подтверждается выпадением вулканитов из мел-кайнозойского разреза рифтогенных впадин Монголии.

В регионе ЮДВР продолжающийся рост АХМС привел к расколу его апикальной части. По системе субмеридиональных глубинных разломов здесь закладываются линейные рифтогены, послужившие началом формирования крупнейшей в

регионе Сунляо - Амуро-Зейской континентальной рифтогенной системы. К западу, во взаимодействии с ней в это время развивались вулcano-плутонические структуры Большого Хингана. Ориентировка этих, полярных по знаку, синхронно развивающихся систем свидетельствует о возрастающем влиянии на региональный морфогенез субмеридионального - северо-восточного структурного плана Тихоокеанского пояса. Позднемезозойские гранитоиды, принадлежащие к батолитовой и лейкогранитовой формациям, характеризуются значительной вариацией концентрации урана (2.5-7.5 г/т). Близкие величины отмечены и для юрских-раннемеловых вулканитов. Осадки, выполняющие континентальные рифтогены этого возраста, отличаются еще более значительным колебанием содержания урана - от $1-3 \times 10^{-4}$ до 1×10^{-3} г/т (черные гумусовые глины дзунбаинской свиты раннего мела, Монголия).

В позднем мелу - палеогене региональная геодинамика характеризуется дальнейшим нарастанием режима трехстороннего пульсационного сжатия. Действие этого механизма усиливалось соответствующими смещениями Индийской и Филиппинской плит. Воздействие жестких литосферных блоков (кратонов и Тихоокеанской плиты) на расположенный между ними относительно подвижный субстрат Амурской и Охотоморской плит определило здесь своеобразие процессов структурирования коры, выраженное во взаимодействии синхронно развивающихся орогенных и рифтогенных систем. Фронт их эволюционирующего взаимодействия был подчеркнут развитием гранитообразования в орогенах, постепенно смещающегося к востоку. Результат этого взаимодействия выразился в системном наращивании континентальной коры в этом направлении. К концу рассматриваемого этапа граница континента заняла крайнее восточное положение. В состав континента в это время входили территории Сахалина и Японии [К. Вакита, 1992]. Заметную роль в формировании региональной структуры на этом этапе продолжали играть ортогональные структурные элементы Центрально-Азиатского пояса, несмотря на все усиливающееся влияние субмеридиональной - северо-восточной тихоокеанской системы. Сформированные на данном этапе морфоструктуры выражены на современной поверхности уже достаточно контрастно.

Ареал континентального орогенеза и гранитообразования, фиксирующий процесс стабилизации континентальной коры, занял в мелу достаточно обширное пространство к востоку и северо-востоку от АХМС. В результате структура мегасвода была дополнительно наращена орогенными системами этого возраста. На западной периферии ареала гранитообразования по субширотной Монголо-Охотской системе разломов, также по зоне северо-восточного Инкоу-Хинганского разлома в это время развивались линейные зоны тектоно-магматической активизации, в которых формировались вулcano-плутонические структуры положительного и отрицательного знаков. В состав позднемеловых магматических СФК входит ряд интрузивных (гранитовая, диорит-гранодиоритовая, лейкогранитовая), осадочно-вулканогенных и вулканогенных, в разной степени дифференцированных (риолитовая, риодацитовая, андези-риолитовая и др.) формаций. Диапазон содержания урана в их породах достаточно широк - от 1-1.5 г/т в разностях среднего-основного состава до 5 г/т и более в кислых-субщелочных вулканитах Каменушинской, Таланджинской, Сутарской и других ВТС Буреинского массива. На северо-востоке региона выделяется группа специализированных на уран позднемеловых гранитных массивов. С внедрением подобных массивов в кремнисто-терригенные породы девона на восточном фланге Монголо-Охотской зоны разломов связано масштабное перераспре-

деление урана, сопровождавшееся формированием одного из наиболее дифференцированных в регионе ЮДВР радиогеохимических полей с содержанием металла от 1 до 7.5 г/т и более.

Во впадине *Сунляо*, подвергшейся надвигающемуся с запада прессу аридизации, наряду с сероцветными угленосными аллювиальными осадками в это время отлагаются известковистые красно- и пестроцветы озерных и пролювиальных фаций [Г.Л. Кириллова, 1999]. В Амуро-Зейской впадине в этот период господствует гумидный климат, формируются преимущественно сероцветные осадки аллювиальной угленосной формации. Частичная аридизация была проявлена здесь лишь в начальную фазу, в самой южной части этой структуры. Это отразилось в появлении прослоев пестроцветных глин в низах завитинской свиты верхнего мела. Их разрез был изучен автором [1976] по профилю скважин в интервале г. Благовещенск - с. Тамбовка. В регионе ЮДВР отложения позднего мела-палеогена отличаются невысоким уровнем специализации на уран (1.5-3.5 г/т). В палеогене Амуро-Зейский блок начал обособляться от *Сунляо* под влиянием правостороннего сдвига по субширотной системе разломов Намурхэ, с конечной амплитудой горизонтального смещения около сотни километров. Развитие сдвиговых дислокаций, проходивших в условиях сжатия, сопровождалось формированием субширотного валообразного поднятия [11]. На современном срезе северный борт этого поднятия на юге Амуро-Зейской впадины трассируют выходы верхнемеловых – палеоценовых осадков.

В конце этапа магматогенный режим в ареале континентального орогенеза смещается на современную окраину континента, где закладывается линейная субмеридиональная структура *Сихотэ-Алинского* орогена. В олигоцене в контуре орогена (в основном в его приосевой части) широкое распространение получили массивы калиевых гранитов. На севере орогена отдельные из этих массивов выделяются повышенной специализацией на уран (до 9 г/т). Все орогенные системы Тихоокеанского этапа, располагающиеся к западу от *Сихотэ-Алиня*, к этому времени развиваются уже в амагматичном режиме. Синхронно и во взаимосвязи со структурой *Сихотэ-Алинского* орогена к западу от него формируется *Амуро-Ханкайская* рифтогенная система, выполняющаяся осадками аллювиальной угленосной формации с невысокими концентрациями урана (1.5-2.5 г/т). В зоне перехода континент-океан в это время начинает развиваться *Восточно-Азиатская* рифтогенная система [В.Г. Варнавский, 1994].

На новейшем этапе (в миоцен-четвертичное время) в регионе произошла инверсия континентального корообразования. Она связана с фазой активизации планетарного сжатия [П.Н. Кропоткин, В.Н. Ефремов, 1992], сопровождавшегося усилением трехстороннего регионального пресса. На границе континент-океан в это время активизируется система периферических плюмов ТОСП [Е.Н. Меланхолина, 1997]. Инверсия выразилась здесь в деструкции молодой подвижной коры, в ходе которой были активизированы структуры Восточно-Азиатской рифтогенной системы. Интенсивное накопление осадков идет в это время в наиболее погруженных частях рифтогенных структур зоны перехода (до 8-11 км в Татарском проливе и в Япономорской впадине). Время раскрытия Япономорской впадины относится многими авторами к числу дискуссионных вопросов [Ю.А. Мартынов, 1999]. По данным К. Вахита [1992], начало ее раскрытия датируется средним миоценом. Е.Н. Меланхолина [1993] датирует это событие эоценом – ранним олигоценом. По мне-

нию автора, судя по времени и характеру развития граничащих с впадиной новейших орогенных структур (Сихотэ-Алинской и Хоккайдо-Сахалинской), а также возрасту, характеру литификации и дислоцированности осадков в Татарском проливе, раздвиг Японского моря с достаточно большой вероятностью мог начаться в раннем миоцене. В процессе раздвиг восточная часть Сихотэ-Алинского орогена была частично переработана, в результате чего береговая линия континента была смещена к западу. В это же время в зоне перехода синхронно с рифтогенезом развивались и орогенные процессы - в локальных линейных структурах Хоккайдо-Сахалинского и Курило-Камчатского орогенов. Наличие в них режима современного сжатия подтверждается, в частности, данными С.Л. Юнги с соавторами [1998]. Своим современным обликом зона перехода континент – океан обязана, по сути, завершающим событиям этого (новейшего) этапа.

На континенте в новейшее время еще более активизировались процессы орогенеза, но развивались они уже преимущественно в амагматичном режиме. Магматогенный режим сохранялся здесь до раннего плиоцена лишь на крайнем востоке - в Прибрежной зоне Сихотэ-Алинского орогена. Узлы пересечения глубинных разломов субширотной и меридиональной - северо-восточной ориентировки контролировали в нем развитие вулканоструктур с породами дифференцированных формаций. В Амуро-Ханкайском рифтогене, на сочленении Средне-Амурской впадины и впадины Саньцзян по зоне разломов Намурхэ в этот период начала формироваться система поднятий [20,23], близких по характеру развития к сводовому поднятию на сочленении Сунляо и Амуро-Зейской впадин, но несколько менее выраженная в современном рельефе.

К числу наиболее масштабных и ярких событий новейшего этапа необходимо отнести активизацию всех систем глубинных разломов обоих подвижных поясов. Активизация проходила на мантийном уровне и сопровождалась базальтоидным магматизмом, отразившим проявление самой молодой на планете эпохи траппообразования. Характерно, что в пределах кайнозойских орогенных систем среди базальтоидов преобладают разности щелочной линии, а в рифтогенных системах – толеитовые [С.В. Рассказов и др., 2000]. Платобазальтами в плиоцене - раннем плейстоцене в регионе была покрыта едва ли не основная часть поверхности континентальной коры. Фрагментарный, отчетливо реликтовый характер их распределения на современной поверхности объясняется слабой устойчивостью базальтов к выветриванию и относительно малой мощностью их покровов, которая в основном не превышала 100м.

Для кайнозойских базальтов характерны значительные вариации содержания урана – от менее 1 г/т до 7.3 г/т. Высокие его концентрации установлены автором, в частности, в щелочных базальтах жерловых фаций, насыщенных мантийными ксенолитами (плато Ток на Становике; Ханкайский массив, район пос. Свягино). Максимальные же содержания урана выявлены в базальтах субвулканических фаций в пределах специализированных на уран рудно-магматических систем – в Синегорской (4г/т, Приморье) и Лазаревской (7.3г/т, север Сихотэ-Алиния).

В зонах активизированных разломов в этот период получили широкое развитие приразломные впадины в орогенах и внутренние поднятия в рифтогенах, а также сдвиг-надвиговые дислокации. После излияния базальтов формирование континентальной структуры коры в регионе было продолжено по инверсионному сценарию, с тенденцией к общему наращиванию орогенеза. Об этом свидетельствует сокращение

контуров рифтогенных систем предыдущих этапов. Нарращивание орогенных процессов сопровождалось подъемом, блокировкой и эрозией новейших приразломных впадин в Становой, Инкоу-Хинганской и Танлу-Курской зонах разломов, взламыванием и эрозией расположенных в контуре орогенов базальтовых плато (Раздольнинское, Шкотовское, Совгаванское, Сулукское, Хинганское, Ток и др.). Амплитуда вертикальных перемещений в приосевых частях новейших орогенов достигала при этом 1.5-2.5км. Рифтогенный режим на континенте сохранился до современного этапа лишь на крайнем востоке Амуру-Зейской впадины, в центре и на севере Амуру-Ханкайского рифтогена, также в наиболее молодых приразломных впадинах на востоке региона (Боконская, Торомская, Нижнее- и Средне-Хорская и др.).

Представленную эволюционную модель, отражающую направленность и системность формирования континентальной коры востока Азии, дополнительно иллюстрирует характер омоложения (к востоку) возраста целой совокупности геологических процессов Тихоокеанского этапа – гранитообразования в орогенах и седиментогенеза в рифтогенных системах, литификации осадков и нефтегазообразования, эндогенного рудообразования (рис.4). На графике, составленном по широтному профилю, возраст гранитообразования «скользит» от юры-раннего мела в магматических комплексах Монголии, Забайкалья и Алдано-Станового орогена до олигоцена-плиоцена в Сихотэ-Алинском орогене, неогена-плейстоцена на Сахалине и голоцена на Курилах. В строгом соответствии с этим из глубины континента к его окраине омолаживается и возраст рудно-магматических систем с продуцируемым ими оруденением. Согласно с изменением возраста гранитообразования в орогенах меняется и возраст заложения континентальных рифтогенов – от юры в Монголии до плиоцена на севере Сахалина. Коррелятно возрасту рифтогенов «скользит» и верхняя возрастная граница литификации их осадочного выполнения. Если в рифтогенах Монголии нелитифицированной является часть осадочного разреза, начиная с раннего мела (с дзунбаинской свиты), то в Амуру-Зейской впадине не литифицирован разрез, начиная уже с позднего мела (завитинская свита), а в Амуру-Ханкайском рифтогене – начиная с эоцена. На Сихотэ-Алине литификацией не затронут уже разрез, начинающийся с миоцена, а на Сахалине – с плиоцена (с нутовской свиты). При этом обнаруживается прямая корреляция «скольжения» возрастных границ с уровнем теплового потока, и обратная – с мощностью коры, что указывает на связь соответствующих процессов с ее проницаемостью. На границе Азиатского материка характер омоложения всех этих процессов приобретает градиентный характер, фиксируя тем самым положение фронта современного континентального корообразования.

Таким образом, в конце этапа на современную земную поверхность оказался выведенным полихронный, интерферируемый, мозаичный коллаж структур, общий план которого определяют морфоструктуры кайнозойского возраста, а структуры предыдущих этапов представлены отчетливо реликтивными формами. Действие механизма трехстороннего пресса привело к формированию в континентальной коре региона конформной этому механизму рифтогенно-орогенной структуры, омолаживающейся от поздней юры в глубине материка до голоцена на его окраине (рис.5). В пределах континента она включает Сунляо – Амуру-Зейскую, Амуру-Ханкайскую и Верхнее-Зейско - Удскую рифтогенные системы с обрамляющими и разделяющими их орогенами – Большого Хингана., Алдано-Становым, Северо- и Восточно-Буреинским, Сихотэ-Алинским.

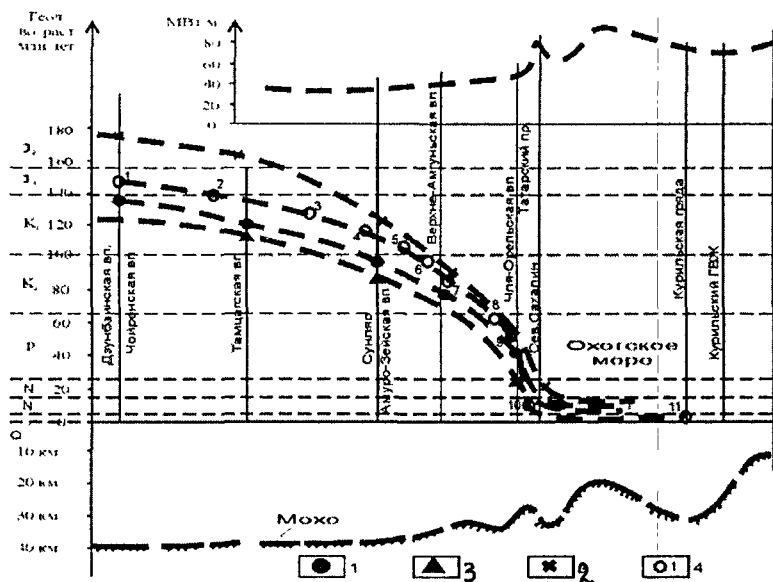


Рис. 4 "Скольжение" возраста геологических событий по профилю континентальной коры на востоке Азии

1 - верхний предел возраста литификации; 2 - верхний предел возраста гранитообразования; 3 - возраст нефтигазонакопления; 4 - возраст эндогенного оруденения. Месторождения: 1. Бороундур (СаF₂); 2. Бачское (Au); 3. Покровское (Au); 4. Токур (Au); 5. Пони (Au). 6. Собалиное (Sn); 7. Многовершинное (Au); 8. Белая Гора (Au); 9. Хисикари (Au); 10. Вулкана Кудрявого (Re).

Отмеченная выше системность формирования континентальной коры подчеркивается характером развития ее гипергенной оболочки. Это, в частности, выражено в изменении условий континентального седиментогенеза – в устойчивом смещении к востоку фациальных зон с аридным профилем осадкообразования на доинверсионном этапе и в относительном отступлении аридизации к западу на этапе инверсии (в новейшее время). Так на территории центральной Монголии красно- и пестроцветные осадки с высоким уровнем известковистости и заглипсованности занимают разрез верхнемеловой-кайнозойской части разреза рифтогенов (начиная с сайншандинской свиты верхнего мела). Восточнее же, в Амуро-Зейской впадине и в структурах Приморья слабые признаки аридизации проявляются уже только в образованиях позднего мела (завитинская свита и коркинская серия, соответственно). В осадках же кайнозоя признаки аридизации на большей части региона ЮДВР полностью отсутствуют. Эволюция зоны гипергенеза сопровождалась адекватными изменениями биологической оболочки континентальной коры. Это видно на примере поведения биоты динозавров – под прессом аридизации с конца мезозоя она системно мигрировала к востоку. Возраст ископаемых остатков динозавров, захороненных в сероцветных осадках смещавшейся в этом направлении гумидной зоны, меняется от раннего мела в Монгольской Гоби до дания на восточном борту Амуро-Зейской впадины [Флора и динозавры, 2001].

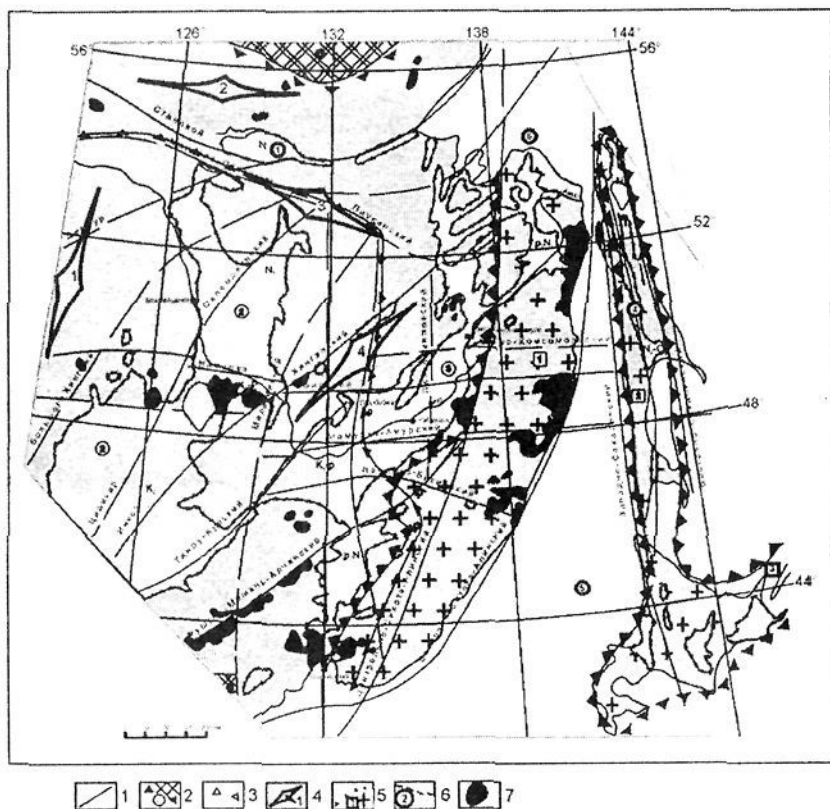


Рис.5. Кайнозойские структуры области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов. 1 - зоны глубинных разломов. 2 - блоки краионов (С Сибирского, К Кингайского). 3 - контур герцинического Аргунь-Ханкайского мегаблока. 4 - оси кайнозойских орогенных систем с амгаматичным режимом (1 - Большого Хингана, 2 - Алдано-Становая, 3 - Северо-Бурейская, 4 - Восточно-Бурейская). 5 - кайнозойские орогенные системы с магматогенным режимом (1 - Сихотэ-Алинская, 2 - Хоккайдо-Сахалинская, 3 - Курило-Камчатская). 6 - (мезозойско-)кайнозойские рифтогенные системы (1-Верхне-Зейско-Удская, 2-Сунляо-Амуро-Зейская, 3-Амуро-Ханкайская, 4-Сахалинская, 5-Япономорская, 6-Охотоморская). 7 - поля неоген-четвертичных плагобазальтов.

КАЙНОЗОЙСКАЯ СТРУКТУРНАЯ ТРИАДА СРЕДНЕГО - НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ.

На примере этой территории более детально рассмотрены особенности развития структуры региона в условиях сложноорганизованной ритмики горизонтальных и вертикальных движений. В кайнозое формирование континентальной коры здесь определила субмеридиональная орогенно-рифтогенная структура, включающая Амуро-Ханкайскую рифтогенную систему в центре и взаимодействующие с ней орогенные системы - Сихотэ-Алинскую на востоке и Восточно-Бурейскую на западе. Структура триады была заложена в эоцен-олигоценное время, о чем свидетельствует наличие континентальных осадков этого возраста в наиболее опущенных блоках ее рифтогенной системы и вскрытых эрозией массивов олигоценных гранитов в осевой части Сихотэ-Алинского орогена. Формирование внутренней структуры триады определили глубинные разломы субширот-

ной и меридиональной - северо-восточной систем. По модели автора [22,23,34], разломы развивались в режиме знакопеременного сдвига, с цикличной сменой активности на режим относительного тектонического покоя. Именно такая организация сдвиговых процессов и обеспечила пространственно-временную устойчивость структуре триады, эволюционировавшей в достаточно напряженном геодинамическом режиме.

Амуру-Ханкайский рифтоген выполнен рыхлыми обводненными осадками угленосной аллювиальной формации эоцен-четвертичного возраста, мощностью до 2000м. Строение формации достаточно подробно отражено в работах В.Г. Варнавского [1988, 1998]. Внутреннюю структуру рифтогена определяют многочисленные грабенообразные погружения, разделенные синхронно с ними развивающимися разноамплитудными поднятиями. Эти поднятия весьма контрастно выражены в рельефе докайнозойского фундамента и на современной поверхности рифтогена, характеризуются тектоническими взаимоотношениями с выполняющими его кайнозойскими осадками [5]. Но если погружения вполне соответствуют общему структурно-эволюционному портрету рифтогена с его результирующим раздвиговым режимом, то для формирования таких поднятий необходим полярный ему режим сжатия.

Данные поднятия, отражающие нелинейность структурирования коры, получили у автора название *инверсионных* [5,23,24]. Они формируются в фундаменте рифтогена на участках аномального расширения активизированных в кайнозой разломных зон и в узлах их пересечения – раскрытых, сильно дезинтегрированных и обводненных. Сохранившиеся на этих участках относительно ненарушенные блоки пород докайнозойского фундамента в условиях сопровождающего сдвиг сжатия выталкиваются из обводненного (и по этой причине практически несжимаемого) субстрата наверх. При этом обводненность вмещающей среды существенным образом снижает возникающее при сдвиге трение, облегчая процесс подъема этих блоков. «Всплывающие» блоки испытывают при сдвиге дополнительное горизонтальное смещение, в комбинации с вращением. В пределе они превращаются в «бескорневые».

Орогенная система Сихотэ-Алиния в качестве самостоятельной кайнозойской структуры стала выделяться отдельными исследователями со сравнительно недавнего времени [С.М. Тащи, 1991; Н.И. Корчуганова, 2000; 22,23]. Структура орогена весьма контрастно выражена в современном рельефе. Она развивалась (и продолжает свое развитие) в теснейшем взаимодействии с Амуру-Ханкайской рифтогенной системой на западе и рифтогеном Татарского пролива и Японского моря на востоке. Ороген уверенно картируется субмеридиональным линейным ареалом вскрытых эрозией массивов олигоценовых гранитоидов и вулкано-тектоническими структурами неогенового возраста. Его борта подчеркнуты реликтовыми линейными шлейфами неоген-четвертичных платобазальтов. Для осевых частей орогенов характерны отрицательные аномалии гравитационного поля. В нарушение этой закономерности, к северной части Сихотэ-Алиния приурочена контрастная (до 60 мГл) гравитационная аномалия положительного знака. Ю.Ф. Малышевым [2002] она интерпретируется как фидерная структура. По мнению автора эта аномалия может соответствовать структуре, относящейся к упомянутой выше системе периферических пломов ТОСП.

Восточно-Буреинская орогенная система отделяет кайнозойский Амуру-Ханкайский рифтоген от находящейся западнее мезозойско-кайнозойской рифтогенной системы Сунляо - Амуру-Зейской впадины. В отличие от Сихотэ-Алинского орогена с его магматогенным режимом, более удаленная от континентальной окраины

система этого орогена функционировала в кайнозойское как амагматическая.

Характерным для обеих орогенных систем триады является то, что отдельные фрагменты их разломов функционировали в кайнозойское в режиме *раздвига*. Об этом свидетельствует наличие вложенных в них приразломных впадин, выделенных автором в качестве *инверсионных структур второго типа* [23]. Они распространены в зонах Инкоу-Хинганского (Верхне-Амгунская, Сулукская, Эхилканская), Намурхэ-Бирского (Сутарская), Танлу-Курского (прогиб Тан-Лу, Курский грабен), Фушунь-Мишань - Алчанского (Нижне-Бикинская, Алчанская) и ряда других разломов.

Для формирования лобой впадины необходимым, как известно, *раздвиговой* режим. В пределах орогена со свойственным ему режимом сжатия условия формирования приразломной впадины обеспечивают осложнения морфологии контролирующего ее разлома. Знакопеременный сдвиг с геологически медленным расхождением и возвратом блоков фундамента впадины и создает на таких участках условия устойчивого раздвига, необходимые для формирования впадины. В перспективе эволюция орогена и контролирующего впадину разлома ведет к выравниванию плоскости сместителя с деградацией локализованной в нем структуры. Это и подтверждает реликтовый характер подавляющего большинства внутриконтинентальных приразломных впадин региона, вовлеченных здесь в активную современную эрозию.

Для приразломных впадин региона характерна разная их ориентировка и нередко большая (до $px100$ км) протяженность, а также значительная (до 2000м и более) мощность выполняющих их осадков. Судя по возрасту этих осадков, данные впадины развивались синхронно с основными рифтогенными системами региона (Амуру-Ханкайской и Сунляо – Амуру-Зейской). Это указывает на высокую пространственно-временную устойчивость рифтогенных (а вместе с ними и орогенных) систем континентальной коры на кайнозойском этапе их развития и на устойчивость структуры Тихоокеанского пояса в целом. Обязательным условием такой устойчивости является *ограниченность амплитуды горизонтальных смещений по структурирующим континентальную кору глубинным разломам*. В условиях сдвиговых дислокаций, характерных для новейшего этапа развития коры, это может обеспечить именно *знакопеременный* режим сдвига.

Анализ структурного плана этой кайнозойской триады позволяет с высокой долей уверенности оценить амплитуду однонаправленной горизонтальной составляющей сдвига в среднем величиной не более чем в 5-10км. В то же время, по отдельным системам разломов имеются признаки резкого усиления горизонтальных движений с увеличением их амплитуды до 20-30км. Проявление таких некомпенсированных сдвигов характерно, в частности, для Хинганского, Танлу-Курского и Намурхэ-Амурского разломов. Для более ранних этапов эта величина может быть и значительно большей (пример упомянутого выше сдвига по системе Намурхэ в зоне сочленения Амуру-Зейской впадины и Сунляо).

С моделью знакопеременного сдвига вполне согласуется и феномен большой мощности зон глубинных разломов рассматриваемого региона. Мощность отдельных зон (Хинганской, Танлу-Курской, Намурхэ, Становой) достигает 50-100км. В соответствии с этой моделью, наращивание мощности разломной зоны происходит при переходе ее в состояние относительного покоя, в результате некомпенсированного сдвига по пересекающим ее разломам другой ориентировки. В дальнейшем, при возобновлении активности разлома его отдельные фрагменты объединяются в зону значительно большей (по отношению к первоначальной) мощности. Внутренняя струк-

тура более поздней разломной зоны осложняется, приобретает нередко кулисообразное строение. Развитие кайнозойских сдвиговых систем неизбежно сопровождается проявлением *надвиговых дислокаций*. Более подробно это рассмотрено в главе 6.

Подводя итоги эволюционного моделирования структуры континентальной коры региона юга Дальнего Востока России, можно сделать следующие выводы:

1. Характер развития геологической структуры региона в позднем мезозое – кайнозое определило динамичное взаимодействие континентальных структур Евразии с Тихоокеанским суперплюмом. В результате этого взаимодействия возникла структура Тихоокеанского подвижного пояса, эволюционировавшая далее в весьма напряженном геодинамическом режиме, с системным наращиванием континентальной коры к востоку.

2. Формирование внутренней структуры коры происходило в регионе в условиях трехстороннего пульсационного сжатия, в ходе взаимодействия полярных по режиму и своему морфоструктурному выражению рифтогенных и орогенных процессов. Роль орогенных процессов на континенте при этом устойчиво повышалась. На фронте структурирования коры развивались орогенные системы с магматогенным режимом.

3. На новейшем этапе (с миоцена) усиление планетарного сжатия вызвало инверсию корообразования, с формированием зоны перехода континент-океан, усилением рифтогенеза на мобильной континентальной окраине и доминантой орогенеза на самом континенте. Инверсия сопровождалась активизацией системы континентальных глубинных разломов и развитием трапшового магматизма.

4. Рифтогенные и орогенные структуры развивались под влиянием глубинных разломов, функционировавших в режиме знакопеременного сдвига. Это обеспечивало пространственно-временную устойчивость развития рифтогенных и орогенных систем региона (и структуры ТОПП в целом).

5. Отличительным признаком кайнозойского морфогенеза является формирование инверсионных структур (внутренних поднятий в рифтогенах и приразломных впадин в орогенных системах) – индикаторов знакопеременного сдвигового режима и нелинейности процесса структурирования коры.

6. Ход позднемезозойско-кайнозойской эволюции континентальной коры отразился в системности омоложения к востоку целой совокупности взаимосвязанных геологических процессов – рифтогенеза и орогенеза, гранитообразования и эндогенного рудогенеза, седиментации, литификации осадков и нефтегазообразования.

7. В результате в регионе была сформирована сложнопостроенная, омолаживающаяся к востоку рифтогенно-орогенная структура – своего рода волновая структурная гармоника, конформная системе трехстороннего пресса двух кратонов и Тихоокеанской плиты. На поверхность коры оказался выведенным полихронный, интерферированный, мозаичный коллаж структур, различающихся по своей геодинамической природе, по вещественной наполненности, степени жесткости и сохранности. Общий план этого структурного коллажа, определившего характер среды кайнозойского рудогенеза, в значительной мере определяют структуры кайнозойского возраста, а структуры предыдущих этапов представлены в нем отчетливо реликтовыми формами.

РАДИОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК. Особенности региональной гидрогеологии иллюстрированы в диссертации радиогидрогеологической схемой региона и таблицей радиогидрохимических аномалий. Они составлены по данным прогнозно-геологических работ автора [1976-98] и по материалам других исследователей [К.П. Караванов, 1978; Е.Н. Куцель, И.Л. Князева, 1976ф и др.]. В пре-

делах российской части региона расположено 12 артезианских бассейнов, занимающих около 30% его территории. На долю гидрогеологических массивов (бассейнов трещинных вод) приходятся остальные 70%. Для всех артезианских бассейнов характерно наличие ультрапресных – пресных вод. Пластовые воды с повышенной минерализацией появляются в них лишь на глубинах более 1000м. Верхние горизонты подземных вод отличает высокая (до п мг/л) содержание растворенного железа, что характерно для глеевой среды.

В полном соответствии с низким уровнем общей минерализации подземных вод находится и невысокая фоновая концентрация радиоэлементов. Фоновое содержание урана не превышает в них 6×10^{-7} г/л (трещинно-жильные воды гранитов и гранитизированных метаморфитов). В то же время, в водах различных комплексов пород известны достаточно многочисленные радиоаномалии разной степени контрастности и различной природы. Часть этих аномалий, приуроченных к термальным источникам, к ареалам и зонам восстановительного эпигенеза, может быть связана с рудообразующими системами эндогенного класса (см. рис. 6). Среди них вполне конкретный прогнозно-поисковый интерес представляют аномалии южной части Амуро-Зейской впадины, а также аномалии Быссинского и Тырминского (Восточно-Буреинский ороген), Прибрежного и Тумнинского (Сихотэ-Алинский ороген) термальных источников. Перспективной представляется и группа аномалий, приуроченных к специализированным на уран гранитам Буреинского массива. Они указывают на потенциальную продуктивность процессов окислительного эпигенеза, которые развиваются здесь в трещинно-инфильтрационных системах и во вложенных в эти массивы кайнозойских палеодолинах.

ГЛАВА 3. КАЙНОЗОЙСКИЕ РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Эта глава обеспечивает доказательствами второе и третье защищаемые положения в части, касающейся систематики рудообразующих систем (РОС) кайнозойского этапа. Разработанная автором классификационная схема этих РОС представлена в таблице.

Под *рудообразующей системой (РОС)* здесь понимается *саморазвивающаяся природная система открытого типа, способная сформировать концентрации полезных компонентов промышленного или потенциально промышленного уровня.*

В рамках разрабатываемой автором модели РОС включает в себя пять основных элементов: 1) источник энергии и вещества; 2) среда-транспортер полезного компонента; 3) рудовмещающая среда; 4) барьер-осадитель полезного компонента; 5) зона стока энергии и вещества. Показателем устойчивого функционирования системы является положительный диссипативный (вещественный и энергетический) баланс ее первого и последнего элементов. РОС развивается, пока импорт энергии и вещества преобладает над стоком системы и прекращает свое развитие (консервируется либо подвергается размыву) при изменении их соотношения на обратное. Регулировка баланса в эволюционирующей РОС осуществляется через механизм обменных реакций среды-транспортера, вмещающей среды и барьерной зоны. Особая роль в функционировании РОС принадлежит барьерам-осадителям, носящим как правило комплексный характер. Обозначенная здесь модель в целом соответствует принципам структурирования рудообразующих процессов, использованным в работах Г.Л. Пospelova [1962-1973] и Д.В. Рундквиста [1972], и получившим дальнейшее развитие в исследованиях Ф.А.Летникова и ряда других авторов.

РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ В КАЙНОЗОЙСКОМ

Класс РОС	Тип РОС	Основные элементы РОС			Факторы-регуляторы динамики рудогенеза
		Источники энергии и вещества	Агенты и формы переноса	Тип барьера* и среда-осадитель	
ЭНДОГЕННЫЙ	1. Кор выветривания 1.1 Собственно	Материнские породы положительных морфоструктур	Катионные комплексы поровых и трещинно-капилляр-	Динамические Ен, Рн-барьеры	Морфология рельефа, климат, петрогенития материнских пород
	1.2. Элювиальные россыпи	То же для специализированных блоков и массивов пород		Гр-барьер	Устойчивость первичной минерализации в зоне пегенеза
	2. Седиментогенный 2.1 Россыпа-	Коры выветривания специализированных блоков и массивов пород	Твердая фаза поверхностных водотоков	Гр-барьер в системе осадочно-континентия поверхностных водотоков	Морфология рельефа, тектоника, климат, динамика водотоков, петрогенития материнских пород и кор выветривания
	2.2 Хомогенный	Зона гипергенеза на положительных морфоструктурах	Катионные комплексы и коллоидная фаза поверхностных водотоков и подземных водосадочных бассейнов	Гр-рн, Ен, МБ-барьеры зоны седиментогенеза	Климат, морфология рельефа, тектоника, динамика и солевой режим бассейнов седиментации
	3. Дистегенитовой	Водная среда аккумуляционных ландшафтов	Катионные комплексы и коллоидная фаза бассейнов седиментации	С-, Ен-, рн-, ЭХ-, МБ-барьеры зон седиментационно-диагенеза	Климат, солевой режим бассейна седиментации, динамика сопряженной ТИС
	4. Экзодригетивной	Рыхлые обводненные осадки	Процессы диффузии, сорбции и катионного обмена в подземных водах	Локальные С-, Ен-, рн-, ЭХ-, МБ-барьеры в пестроцветях подгорно-верного шлейфа	Солевой режим и динамика подземных водоснабжительно-восстановительные свойства осадков
	5. Зон поверхностного и грунтового окисления	Рыхлые обводненные осадки	Катионные комплексы подземных вод осадочных бассейнов	С-, Ен-, рн-, ЭХ-, МБ-барьеры на границах зон окисления	Динамика и солевой режим подземных вод петрогенития осадков и пород фундамента/климат
	6. Зон трещинной кислородной инфильтрации	Вмещающие породы и подземные воды трещинно-инфильтрационных систем (ТИС)	Катионные комплексы подземных вод ТИС	С-, Ен-, рн-, ЭХ-, МБ-барьеры на нижней границе зоны окисления	Морфология рельефа, проницаемость и петрогенития ТИС, климат, солевой режим подземных вод
	1 Рудно-магматические системы (РОС) очагов	Мантийные флюиды, очаги и гранитизации, вмещающие породы	Катионные комплексы гидротермальных систем, в том числе "разбавленных"	Тд-, ЭХ-, С-, рн-, Ен-барьеры в осадочных бассейнах и породах фундамента	Специализация и внутренняя структура РМС, динамика гидротермальных процессов
	2 РОС зон глубинных разломов. 2.1. РОС в рыхлых обводненных осадках	Мантийные флюиды, вмещающие породы, подземные воды	Катионные комплексы "разбавленных" гидротермальных систем, мантийные флюиды	Тд-, ЭХ-, С-, Ен-, рн-барьеры	Петрогенития пород фундамента и осадочного чехла, состав мантийных флюидов, солевой состав подземных вод, динамика гидротермальных процессов
2.2 РОС в литифицированных породах докайнозойского фундамента	Мантийные флюиды вмещающие породы, подземные воды	Катионные комплексы гидротермальных систем, мантийные флюиды	Тд-, Ен-, рн-барьеры		

* Типы барьеров-осадителей: МБ – микробиологический, ЭХ – электрохимический,
 ** - в скобках – второстепенные элементы; А* - алмазы.

РУДОГЕНЕЗЕ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Типоморфные признаки оруденения		Проявленность оруденения на территории ЮДВ и промышленные аналоги	Промышленная значимость	
Полезные компоненты*	Морфо-структурные			Минералого-геохимические
Кассит, минеральные россыли (U)	Плащевидные, ленточные и ленточные залежи	Слюдово-черниевая минерализация и сорбционные формы урана в линейных корях выветривания, каолинит, гидрослюда	Р-е Чалысское (Ю Приморье), аномалия участка Шурловского (Бурейский массив) и др. Промышленные аналоги неизвестны	Непромышленный
Sn (TR, W, Au, U, Pt, U, Th)	Аллювиальные, делювиальные, пролювиальные, дельтовые и морские россыли	Реликтовая минерализация подзон "усадки" в корях выветривания	Оловянные россыли с Вислювской, Павловской впадинами (Ю Приморье); TR-месторождение Тонггор (Амурской широт)	Потенциально промышленный
As, Sn, W, Pt, TR, U, A* другие драгоценные камни		Фосфорит, карбонат, оксиды и сорбционные формы урана, гидроксиды Fe и Mn, сидерит	Золото- и оловянно-россыльные узлы ЮДВ, месторождение Кондер (Р*); алмазы россыльного узла Ушуй (КНР)	Промышленный Потенциально промышленный
P, (U), Mn, Fe	Плассовые и ленточные залежи в слабопроницаемых литолого-фациальных комплексах	Фосфорит, карбонат, оксиды и сорбционные формы урана, гидроксиды Fe и Mn, сидерит	Фосфориты Амуро-Зейской и Боконской впадин; проявления марганца Понсковой (Ю, П. Приморье) и Средне-Амурской впадин	Неясной значимости
U, TR, Th	Субпластовые залежи	Металло-органические соединения, оксиды урана	Аномалии участков Ягдынь, Илестый (Бурейский массив)	Непромышленный
U, Ge, TR	Субпластовые залежи в слабопроницаемых серо- и черноцветных осадках		Р-е Березинское; отдельные залежи м-я Раковского, р-я Ригорьевского (Ю Приморье); Промышленные аналоги неизвестны	Непромышленный
U, (Mo, Se, Ge, TR, Re, Sc)	Линзы, ленты и роллы, преимущественно, в проницаемых серо- и черноцветных осадках	Слюдово-черниевая минерализация, металло-органические соединения, коффеинит, миннеит	Аномалия скважины №56 (Самарский грабен) М-я Витимского района (Забайкалье)	Потенциально промышленный
U, (TR, Mo)	Уровневые плащевидные залежи вблизи уровня грунтовых вод	Слюдово-черниевая минерализация, сорбция урана в глинистом материале и гидроксидов железа	Р-е Вассонское (Ю Приморье), гр-я Бурейского массива (участки Крутой, Мостовой и др.) М-я Северное, Катунское, Бульгинское	Потенциально промышленный
Al, Pb, Cu, Zn, U	Ленточные залежи с пролювиальными (до дисперсии в рыхлых осадках) и шельфовыми рудами	Al, оксиды урана, коффеинит, миннеит, сульфиды, карбонаты, каолинит, гидрослюда	Al-м-я Многовершинное Белая Гора (север Сихотэ-Алиня) U-м-я Нинге-Тегэ (д. Хонско)	Промышленный Потенциально промышленный
Ca, U, (TR, Mo, As, Bi, Ra, Sc, Pt, F, V, Th)	Субпластовые залежи и линзы афакциального характера	Металло-органические соединения, оксиды урана, коффеинит, миннеит, церралит, ратонит, карбонаты, сульфиды, гидрослюда, каолинит, кварц	М-я Раковское, Павловское (U, Ge) и Палласовое, Шкотовское (Se); U-Th-TR-осаждение в неогенных осадках Сев. Саянии, флюоритовое и урановое оруденение вл. Сунлю (КНР); м-я Богучанское (F), Соложан (Sb) Бурейский массив, м-я Миньшэ, Ляохин (A*, КНР); гр-я Pt о.о. Саянии, Хонжако	Потенциально промышленный
F, Sb, Hg, U, Pt, A*	Пролювиально-араллювиальное и шельфово-зильное оруденение	Оксиды урана, коффеинит, миннеит, сульфиды, карбонаты, каолинит, гидрослюда, кварц, флюорит, сурьмяно-рутная минерализация, платиноиды, алмазы		Потенциально промышленный

ТД - термодинамический, С - сорбционный, Гр - гравитационный, рН - кислотно-щелочной, Eh - окислительно-восстановительный.

РОС экзогенного класса. В качестве источника энергии и вещества для этих РОС выступает объединенный потенциал зоны гипергенеза, накопленный в ней за все предыдущие этапы развития. Для этих РОС характерны «мягкие» термодинамические параметры с вариацией температуры в интервале сезонных колебаний земной поверхности и давления - в пределах первых атмосфер. Основное внимание в диссертации уделено системам, формирующим гидрогенное уран-полиэлементное оруденение. Данные системы связаны с развитием окислительного эпигенеза. Уран-полиэлементные месторождения, сформированные РОС зон пластового окисления в регионах Средней Азии, Казахстана, Приуралья и Забайкалья, относятся к числу наиболее изученных среди гидрогенных урановых объектов. Именно на примере этих месторождений были разработаны теоретические основы гидрогенного уранового рудогенеза и адекватная им методика прогноза с уникально высоким (положительным) прогнозным выходом.

Необходимый уровень снижения Eh (основного барьера-осадителя урана и других элементов с переменной валентностью) у границы зоны окисления в этих РОС обеспечивает высокая восстановительная емкость вмещающей среды, определяющаяся наличием углефицированной растительной органики, битумов и сульфидов железа [Е.М. Шмариович, 1988; Я.М. Кисляков, В.Н. Щеточкин, 2000 и др.]. Функционирование Eh-барьера создает здесь, в свою очередь, условия для формирования микробиологического барьера, действие которого вызывает дополнительное снижение окислительно-восстановительного потенциала. На этом фоне, во взаимосвязи с обеими этими составляющими работают рН-, электро-химический и сорбционный барьеры, дополнительно наращивающие эффективность барьерной зоны. Сорбционный эффект достигается на барьере, в основном, за счет углефицированной органики. В качестве дополнительных сорбентов выступают глинистые минералы и гидроокислы железа.

Комплексный характер барьеров на границах зон окисления и их высокая контрастность, при значительных флуктуациях регулирующих параметров РОС, весьма существенно расширяют диапазон их геохимической специализации. Помимо урана, на барьере происходит сброс целого ряда элементов с переменной и постоянной валентностью (Mo, Se, Re, W, TR, Sc, Ge и др.). Список накапливающихся на комплексных барьерах элементов, по мере вовлечения в исследования новых рудных объектов и совершенствования аппаратной базы лабораторий, постоянно пополняется. Так, появляется все больше сведений об участии в процессах окислительного эпигенеза платиноидов, золота и серебра [Н.А. Созинов, 1996; Г.М. Шор, 1996; Freyssinet Ph. и др., 2000; Mogoni M. и др., 2000].

Для эндогенных РОС, более обеспеченных энергией по сравнению с экзогенными системами, характерен и более динамичный характер их развития. Формирующие их флюидопотоки определяются глубинными источниками энергии и вещества, связанными с очагами гранитообразования и/или с явлениями мантийного уровня. Процесс функционирования этих РОС сопровождается активным обменом энергии, тепла и вещества с вмещающей средой. Диссипативный эффект гасится в эндогенных системах контрастностью термодинамического барьера, дополняющегося действием барьеров других типов, в первую очередь Eh- и Ph-барьерами.

Кайнозойские месторождения эндогенного класса, достаточно широко распространенные по планете в целом [Н.А. Быховер, 1994], получили практически повсеместное развитие и в пределах Тихоокеанского пояса. Наиболее ярко данная эпоха проявлена на восточном его сегменте. Спектр эндогенной металлогении

этой эпохи достаточно широк – это полиметаллы, уран, золото, платиноиды и серебро, черные металлы, редкие и редкоземельные элементы, флюорит. Формируемое оруденение носит, как правило, комплексный характер. Широко проявлен кайнозойский эндогенный рудогенез и в пределах российской части Тихоокеанского пояса [Е.Н. Радкевич, 1984; И.Н. Томсон и др., 1998; В.И. Сухов и др., 2000; С.М. Родионов и др., 1997; В.Я. Данченко, 1999; Н.П. Митрофанов, 2002; Н.Г. Патык-Кара и др., 2005 и т.д.]. При этом следует отметить в целом слабую изученность кайнозойской эпохи на российском сегменте пояса. На основании анализа литературных данных можно сделать вывод, что в кайнозойском рудообразовании здесь принимает участие практически весь набор элементов, характерный для восточной части ТОПП. Необходимо заметить, что комплекс рудных элементов эндогенных кайнозойских РОС стал в последние годы также заметно расширяться. Как и в случае с экзогенными системами, это явилось следствием внедрения в геологическую практику высокоточных лабораторных методик, обеспечивающих возможность количественного определения широкого набора элементов, в том числе и низкокларкового уровня содержания - платиноидов, золота, редких земель, рения, индия, скандия и др.

Отмеченное расширение спектра рудообразующих элементов отражает одну из фундаментальных закономерностей рудообразования, отражающую нелинейный характер его процессов. Следствием этой нелинейности и становится с одной стороны комплексный, а с другой – глубоко индивидуальный элементный состав оруденения, продуцируемого каждой конкретной рудообразующей системой. Учет данной закономерности необходим (или, по крайней мере, желателен) при любых прогнозно-металлогенических построениях, особенно для слабо изученных территорий, к разряду которых в данном случае следует отнести и регион ЮДВР.

ГЛАВА 4. ЭНДОГЕННЫЕ РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ КАЙНОЗОЙСКОГО ЭТАПА

Данная глава обеспечивает доказательство второго защищаемого положения, касающегося характера развития РОС эндогенного класса. Кайнозойские эндогенные РОС представлены здесь двумя типами - рудно-магматическими системами (РМС) и системами зон глубинных разломов. В контексте изложенной выше эволюционной модели их позиция в региональной геологической структуре соответствует основным закономерностям формирования континентальной коры, выраженным в системности ее наращивания к востоку до олигоцена с последующей инверсией на новейшем этапе, сопровождавшейся активизацией региональной системы глубинных разломов. Первое в большей мере повлияло на пространственно-временное распределение рудно-магматических систем, второе, соответственно – на распределение РОС зон глубинных разломов.

Кайнозойскими РМС в регионе сформированы месторождения промышленного уровня. Они распространены в пределах кайнозойских орогенов с магматогенным режимом – в Сихотэ-Алинском, Хоккайдо-Сахалинском и Курило-Камчатском. В соответствии с характером формирования этих структур, данные РМС омолаживаются от олигоцена-миоцена на Сихотэ-Алине до голоцена на юге Хоккайдо-Сахалинского орогена и на Курилах (см. рис. 4).

Кайнозойская металлогения *Сихотэ-Алинского орогена* (рис.6) характеризуется достаточно широкой специализацией (Au, Ag, W, Mo, Cu, Pb, Zn, U, флюорит, платиноиды).

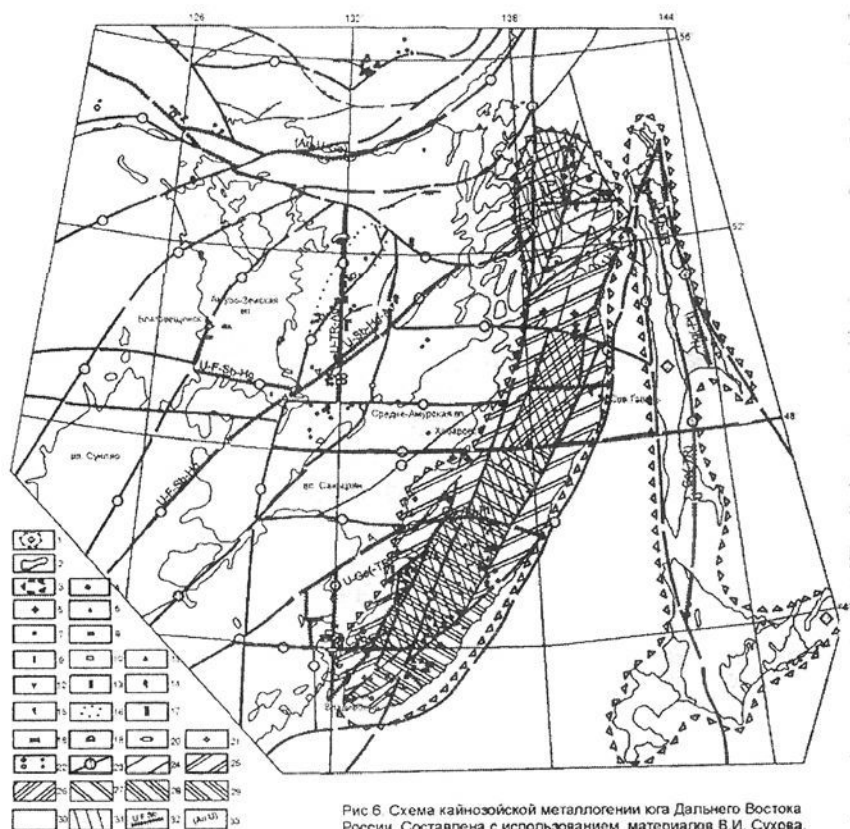


Рис 6. Схема кайнозойской металлогении юга Дальнего Востока России. Составлена с использованием материалов В.И. Сухова, Л.И. Эйриша, М.В. Мартынока.

1 - контуры кайнозойских орогенов с магматогенным режимом (1-Сихотэ-Алинского, 2-Хоккайдского, 3-Курило-Камчатского); 2 - контуры кайнозойских рифтогенов с рыхлым осадочным и вулканогенно-осадочным выполнением; 3 - контур Лазаревской РМС; 4-9 - рудные объекты кайнозойских РМС "неурановой" специализации: 4-золото, 5-золото и серебро, 6-олово, 7-вольфрам, 8-свинец, цинк, медь, 9-платина; 10-12 - рудные объекты РОС зон глубинных разломов "неурановой" специализации: 10-германий, 11-фтор, сурьма (Богучанское месторождение), 12-ртуть, сурьма; 13-проявление битумов Северное; 14-15 - радиогидрохимические аномалии: 14-в термальных источниках, 15-в трещинных и грунтовых водах; 16-контур Акишма-Ниманской аномалии подвижного урана; 17-20 - кайнозойские уран-полиметалльные объекты: 17-трещинно-инфильтрационные, 18-экзодиагенетические, 19-зон грунтового и/или пластового окисления, 20-связанные с РОС зон глубинных разломов; 21-золото-уран-ториевые Лазаревской РМС; 22 - ранг рудных объектов (1-месторождения, 2-рудопроведения и аномалии); 23 - основные зоны глубинных разломов (1- Становая, 2-Монголо-Охотская, 3-Центральная Сихотэ-Алинская, 4-Восточно-Сахалинская, 5-Центрально-Сахалинская, 7-Западно-Сахалинская, 8-Татарского пролива, 9-Фушунь-Мишань-Алчанская, 10-Танлу-Курская, 12-Муданьцзян-Мельгинская, 13- Инкоу-Хинганская, 14-Шанси-Селемджинская, 16- Большого Хингана, 17-Дербурская, 18-Намурхэ- Бирская, 19-Хехцирская, 22-Восточная Сихотэ-Алинская, 23-Гур-Комсомольская, 24-Западно-Ханкайская, 25-Намурхэ-Амурская, 26-Пауканская, 27-Наолихэ-Бикинская, 29-Тунманганская, 30-Эхилканская, 31-Южно-Приморская); 24-29 - металлогения Сихотэ-Алинской РМС: 24 - золото, 25 - золото, серебро, 26 - редкие металлы, полиметаллы, медь, 27 - редкие металлы, золото, 28 - полиметаллы, редкие металлы, золото, 29 - полиметаллы, редкие металлы, серебро; 30-31 - возраст оруденения Сихотэ-Алинской РМС: 30 - олигоцен-неогеновый, 31 - позднемеловой-палеоценовый; 32-33 - РОС зон глубинных разломов и их специализация: 32 - установленные, 33 - предполагаемые).

Как правило, она рассматривается в составе металлогении всей мезозойско-кайнозойской Сихотэ-Алинской геосинклинали [Е.А. Радкевич, 1984; В.Г. Моисеенко, Л.В. Эйриш, 1996; В.И. Сухов, Ю.И. Бакулин, 2000; М.В. Мартынюк, 2000 и др], либо в составе металлогении области мезозойско-кайнозойской коллизии [А.И. Ханчук, 2000]. В то же время, этой кайнозойской структуре соответствует собственная, конформная ей (но при этом и заметно трансформированная) металлогеническая зональность. Особенности преобразования металлогенической зональности Сихотэ-Алиня кайнозойскими пострудными трансформациями рассмотрены ниже (гл. 6).

По уровню насыщенности рудными объектами структура орогена соответствует рангу металлогенической провинции. В нем распространены *два подтипа кайнозойских РМС*. К первому относятся системы, обнаруживающие непосредственную связь с гранитоидными комплексами – производными кайнозойских очагов гранитообразования. Результатом их деятельности являются редкометальные и полиметаллические месторождения Кавалеровского и Дальнегорского районов на юго-востоке Сихотэ-Алинского орогена. Ко второму подтипу отнесены системы, связанные с развитием кайнозойских вулканогенных формаций – продуктов активизации тех же очагов. Именно они и получили в этом орогене наибольшее распространение. Этими РМС сформированы известные золоторудные и золото-серебряные объекты Нижне-Амурской металлогенической зоны (Многовершинное, Белогорское, Бухтянское, Засухинское), золото-серебряные месторождения и рудопоявления Тумнинского и Дурминского узлов, медно-порфировые, молибденовые и полиметаллические месторождения и рудопоявления Прибрежной зоны. Большинство их ассоциирует с бимодальными комплексами вулканитов [С.М. Родионов, Н.А. Горячев и др., 2006]. На отдельных месторождениях золото-серебряной формации Сихотэ-Алиня обнаружено наличие промышленных концентраций платины. В частности, в Оемкинском рудном узле (Тумнинский район), локализованном в ареале палеогеновых гранитов, выделен [В.П. Молчанов и др., 2000] палладий-золото-полиметалльный минеральный комплекс с золото-вольфрамитовой и золото-арсенипиритовой минерализацией, в котором присутствует палладистое золото и садбериит (PISb).

Присутствие урана и тория в металлогеническом спектре Сихотэ-Алиня иллюстрирует пример *Лазаревской РМС*, выделенной автором в северной части его структуры, в ареале специализированных на уран массивов олигоценых лейкогранитов и неогеновых вулканитов базальт-андезит-трахириолитовой формации. Содержание урана в лейкогранитах составляет здесь 9 г/т. В свежих разностях андезито-базальтов субвулканических фаций содержание урана достигает аномально высоких значений (5-7.3 г/т). Это в 5-10 раз превышает уровень регионального фона и в 2-3 раза – уровень концентраций урана в породах того же состава в урановорудных районах Забайкалья и Монголии. В контуре этой РМС развиты зоны интенсивного кварц-гидрослюдистого метасоматоза мощностью до 400м и более. Содержание урана варьирует в этих зонах в пределах 3-30 г/т, тория соответственно - от 3 г/т до 0.15% (данные рентгено-спектрального анализа). Рудная микроскопия и рентгеноструктурный анализ проб с аномальной концентрацией тория, выполненные в лаборатории ФГУП «Тажгеология», минеральных форм этого элемента не выявили. Это свидетельствует о высокой дисперсности ториевых выделений, либо (что более вероятно) о присутствии тория в виде катионных

комплексов, сорбированных гидросерцитом и лимонитом. В том и другом случае это указывает на высокую подвижность тория в рудном процессе, отличающемся, по-видимому, высокой кислотностью. В зонах метасоматоза установлены также высокие концентрации золота (до 2 г/т) и висмута (10-20 г/т). Выявление Лазоревской РМС с ее золото-торий-урановой специализацией представляется тем более важным, что территория Сихотэ-Алинского орогена (за исключением ее южной части) практически не была охвачена специализированными на уран наземными поисками.

РОС зон глубинных раломов (см. рис. 6). Формирование этих РОС связано в регионе с новейшим (инверсионным) этапом развития структуры континентальной коры, с мантийной активизацией глубинных разломов, принадлежащих системам обоих подвижных поясов. В пределах жестких блоков раннего заложения развитие РОС данного типа контролируется глубинными разломами, принадлежащими в основном к ортогональной системе активизированных разломов ЦАПП (зона Намурхэ на сочленении Амура-Зейской впадины и Сунляо, зоны Эхилканского и Западно-Приморского разломов). Из структур системы ТОПП в пределах Буреинского массива важное рудоконтролирующее значение имеет зона Инкоу-Хинганского разлома. Восточнее, на Сихотэ-Алине и Сахалине эти РОС контролируются глубинными разломами северо-восточной - субмеридиональной ориентировки, также относящимися к системе ТОПП (Восточный Сихотэ-Алинский разлом и Хоккайдо-Сахалинская система разломов). Высокая мобильность коры и малая ее мощность предполагает здесь усиление роли мантийного источника. Контролирующие эти РОС разломы были в новейшее время активизированы, раскрыты и отличаются по этой причине повышенной водонасыщенностью. В этих условиях гидротермы приобретают «разбавленный» характер. Формируемое ими оруденение во многом напоминает оруденение гидrogenных месторождений с характерными для него вкрапленными (до диспергированных) формами выделений и метамиктными структурами минеральных агрегатов.

Кайнозойские эндогенные уран-полиэлементные РОС получили распространение в активизированных на новейшем этапе зонах глубинных разломов в фундаменте рифтогенов и в их обводненном осадочном чехле (в том числе в палеодолонных системах). В регионе выделено три основных ареала их развития: Приханкайский, Амура-Зейский и Северо-Сахалинский. *Эталонным объектом* для уран-полиэлементных РОС зон глубинных разломов является достаточно детально изученное [А.К. Мигута, 1965, 1966ф; 5,8] *Раковское месторождение урана* (рис. 7). Оно расположено в одноименной впадине, в южной части Амура-Ханкайского рифтогена. Структура впадины была заложена в эоцене на юго-западе Ханкайского массива, в узле пересечения Западно-Ханкайской и Южно-Приморской зон глубинных разломов, на эродированной поверхности специализированных на уран силурийских лейкогранитов и девон-карбонных трахириолитов. По модели автора, оруденение сформировано «разбавленными» гидротермами, поступавшими из активизированных, водонасыщенных структур фундамента в рыхлые обводненные осадки чехла впадины. Распределение рудных залежей подчиняется здесь тройному контролю. Оруденение контролируется структурами фундамента впадин, проницаемостью их осадочного чехла и зоной низкотемпературной аргиллизации. Температура минералообразования, по данным декрептометрии, характеризуется интервалом 40-60⁰С.

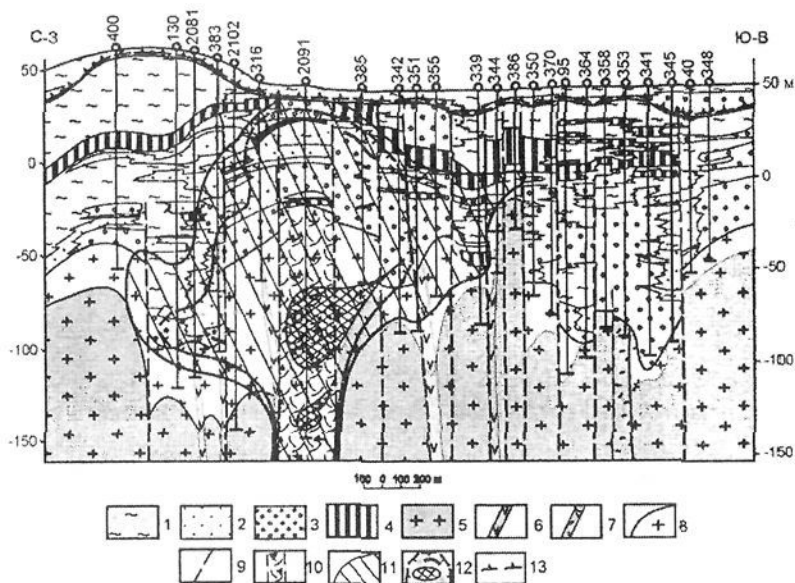


Рис. 7. Раковская впадина (северный борт). Разрез по профилю А-А. 1-5. Образования кайнозойского чехла: 1 - глины; 2 - пески; 3 - песчано-гравийно-галечные и валунные отложения; 4 - бурые угли. 5-7. Образования фундамента впадины: 5 - граниты палеозоя; 6 - дайки андезитовых порфиров; 7 - дайки риолитов. 8 - кора выветривания пород фундамента. 9 - разрывные нарушения. 10 - зона дробления. 11 - зона аргиллизации поздней щелочной стадии. 12 - контур ореола рассеяния урана с урано-рудными телами в масштабе (а) и вне масштаба (б) разреза. 13 - зона поверхностного окисления.

В осадочном чехле впадины оруденение имеет субпластовую морфологию. Среднее содержание урана составляет здесь около 0.1%, мощность – первые метры). В фундамент оруденение прослежено единичными скважинами на глубину до 100-150м от подошвы осадочного чехла. Здесь оно формирует компактные, значительно более мощные (до 30м и более) залежи. Нередко залежи обоих морфологических типов располагаются в контуре единого ореола рассеяния урана и общей для них зоны аргиллизации. Оруденение представлено коффинитом и оксидами урана, реже нингитом. В ассоциации с ними находится тонко-мелкокристаллический и глобулярный пирит. В контуре рудных залежей и во вмещающих их зонах метасоматоза встречаются карбонаты (сидерит, реже кальцит) и флюорит – кристаллический в гранитах и дисперсный (ратовкит) в осадочном чехле. Для большинства минеральных разновидностей характерны тонко-мелкокрапленые и диспергированные формы. Оруденение носит, по сути, комплексный характер. Помимо урана, в его составе присутствует целый ряд других элементов: Мо (до 0.2%), У (до 0.02%), Се (до 0.1%), La (до 0.01%), Sc (до 15 г/т), Ga (до 50 г/т), W (до 0.1%), F (до 1500 г/т), Ge (до $n \times 100$ г/т) и др.

До 50% запасов урана Раковского месторождения приурочено к хорошо проницаемым горизонтам осадочного чехла и к не менее проницаемым структурам фундамента впадины. С учетом особенностей минерального состава и агрегатного состоя-

ния урановой минерализации это предполагает возможность добычи урана методом ПВ. Признаки уранового оруденения в активизированных, обводненных структурах фундамента широко проявлены как в Раковской впадине, так и в других кайнозойских впадинах Ханкайского массива (Вадимовская, Павловская, Поисковая и др.). По мнению автора, именно эти концентрации способны существенным образом увеличить ресурсы урана.

На юге Амуро-Зейской впадины, в зоне ее сочленения с впадиной Сунляо, которая контролируется активизированными в плиоцене глубинными разломами системы Намурхэ, автором выделен ареал уран-полиэлементных РОС, совмещенный с откартированным ранее [1976ф,11] площадным ареалом восстановительного эпигенеза. К ареалу приурочен ряд установленных Е.Н. Куцель [1976ф] групповых радиогидрохимических аномалий, а также водно-газовые ореолы гелия, фтора, углеводородов [3; А.Т. Сорокина, 1993ф]. В контуре ареала расположен ряд аномалий урановой природы и выявленное здесь автором [2001ф] проявление твердых битумов. На востоке этого ареала (в узле пересечения зоны Намурхэ с зоной Хинганского глубинного разлома) расположено *Богучанское* месторождение флюорита кайнозойского [А.А. Черепанов, 1993ф] возраста. Оно приурочено к локальному инверсионному блоку меловых вулканитов, «выбитому» через чехол рыхлых отложений Архаринского прогиба с амплитудой 0.5-1км. Оруденение представлено здесь кварц-антимонит-флюоритовыми жилами, локализованными на тектоническом контакте нижнемеловых вулканитов с рыхлыми осадками позднего мела – кайнозоя. На участке фтора в формировании флюидопотоков зоны Хинганского разлома указывает и высокое (до 800 г/т) его содержание в неогеновых базальтах Хинганского плато [А.И. Бурдэ, 1962ф], а также повышенная концентрация этого элемента в подземных водах в районе с. Сагибово. Юго-западнее Богучанского месторождения (уже в рыхлых меловых осадках впадины Сунляо) структура Хинганского разлома вмещает проявление жильного флюорита и аномалии урановой природы [Г.М. Шор, 1998ф]. Наличие в данном ареале аномальных концентраций гелия и фтора является свидетельством мантийной природы их источника. Позиция Амуро-Зейского ареала на фланге Сунляо - крупнейшей нефтегазоносной провинции Китая обнаруживает вполне определенные черты сходства с Минеральным полем Грантс (США, шт. Нью-Мексико), с его известными уран-битумными месторождениями [Н.П. Лаверов и др., 1983].

Северо-Сахалинский ареал уран-полиэлементных РОС зон глубинных разломов объединил группу слабоизученных радиоактивных аномалий, приуроченных здесь к рыхлым континентальным осадкам плиоцена (нутовская свита). Аномалии расположены в зонах влияния Восточно- и Центрально-Сахалинского глубинных разломов [17]. Все они локализованы в интервале глубин 0-25м и выявлены при каротаже сейсморазведочных скважин, глубина которых не превышала 20-25м, либо поверхностными поисками. На наиболее изученном участке Моховском, где оруденение вскрыто шурфами, оно представлено черными рыхлыми песками. Их цемент, по данным минералогического и рентгено-структурного анализов, выполненных в лаборатории ФГУП «Таежгеология», представлен пылеватым целаритом (метамиктная разность монацита). Содержание урана и тория в рудах достигает 0.07% (данные рентгено-спектрального анализа), редких земель цериевой группы – до 2% и более (полуколичественный спектральный анализ). Общность структурной позиции этих аномалий и характерный состав оруденения позволяют объединить их в единую рудообразующую систему *торий-уран-редкоземельной* спе-

циализации.

Для понимания закономерностей кайнозойского эндогенного уран-полиэлементного рудогенеза важным представляется наличие *урановой минерализации в плиоценовых базальтах*. Так, на ближней (западной) периферии рассматриваемого региона, на Амалатском плато (Забайкалье) известно рудопроявление Вершинное, локализованное в аргиллизированном неке плиоценового вулкана. Здесь оруденение формирует штокверк прожилков настуран-коффинитового состава [П.А. Пешков, 1985ф]. Радиоактивная аномалия интенсивностью в 200Мкр/ч выявлена автором в аргиллизированных базальтах на востоке Монголии в западной части Ульдзуйтинской впадины. В береговом уступе на побережье Желтого моря (район г. Циндао, КНР), в нижней части покрова кайнозойских базальтов наблюдалась жильная настурановая минерализация (устное сообщение А.С. Серых, 1999г.). Там же, в подстилающих базальты неогеновых песках с окремненными стволами деревьев отмечены урановые слюдки. В сходной позиции находится и аномалия (интенсивность около 200 мкР/ч) в платобазальтах на западном побережье Татарского пролива. Она расположена неподалеку от Лазаревской РМС, для которой уже отмечалась высокая урановая специализация кайнозойских базальтоидов. Перечисленные факты указывают на вероятную мантийную природу источника урана в продуцирующих его рудообразующих системах.

Особо следует остановиться на месте в РОС рассматриваемого типа германия и на характере его связи с ураном. В регионе германий формирует достаточно многочисленные самостоятельные промышленные месторождения (вплоть до уникальных). В Раковской и в соседней с ней Павловской впадинах, в Реттиховской впадине, также в КНДР (во впадине Тхон-Чхон) – в структурах, заложенных на специализированном по урану субстрате, германиевое оруденение тесно ассоциирует с урановым. В свое время это послужило автору основанием для объединения их в единую уран-германиевую формацию [8]. Не менее широко германиевые месторождения распространены и в рифтогенах с неспециализированным на уран фундаментом, но в этом случае урановая линия из их металлогенического спектра практически исчезает. Так, рудные концентрации урана отсутствуют на германиевых объектах Шкотовской (юго-восточная периферия Ханкайского массива) и Нижне-Бикинской (северная периферия того же массива) впадин, также на Новиковском месторождении (южный Сахалин), где породы фундамента характеризуются низким (не более 2-3 г/т) фоновым содержанием урана.

Характер специализации рудообразующих систем зон глубинных разломов весьма индивидуален. Элементный состав оруденения в каждой конкретной РОС меняется, в зависимости от специализации вмещающих их блоков континентальной коры и ее проницаемости, от состава и соотношения мантийной и коровой составляющих источника. Наличие урана, как отмечалось, характерно в большей мере для РОС, действующих в глубине континента. Особенно ярко это выражено для жестких, гранитизированных, специализированных на уран блоков коры - в частности, для Ханкайского и Буринского массивов. С приближением же к мобильной континентальной окраине количество урана в данных РОС, в целом, уменьшается. При этом параллельно увеличивается доля рения, индия, галлия и редких земель. Отмеченная системность нарушается для севера Сихотэ-Алиня и северного Сахалина, где урановая линия в их кайнозойских эндогенных РОС выражена еще достаточно ярко.

Следует отметить, что в пределах рассматриваемого региона в активизированных зонах глубинных разломов проявлены прямые признаки и *современного* уранового эндогенного рудогенеза. Выражены они, в частности, в наличии термальных источников с аномальными концентрациями радиоэлементов. Так в термальных водах Быссинского источника, расположенного в контуре реликтовой неогеновой палеодолины в зоне Эхилканского глубинного разлома, установлено высокое (7×10^{-3} г/л) содержание урана, более чем на два порядка превышающее его фоновую концентрацию в подземных водах. Здесь же отмечена каолинизация и пиритизация вмещающих источник неогеновых осадков [А.И. Андреев, 1995ф].

В геохимическом спектре РОС зон глубинных разломов отмечено появление платиноидов и золота. Так, по данным С.И. Арбузова [1999] и В.В. Середина [1995], элементы группы платины в концентрациях промышленного уровня обнаружены в Павловской и Шкотовской впадинах, где проявлен рудогенез, соответственно, с уран-германиевой и германиевой специализацией. Учитывая близость геохимических свойств платиноидов и урана (переменная валентность, миграция в органических комплексах, осаждение на комплексном барьере), данные находки не могут являться случайностью. В выделенной и исследованной автором Эхилканской впадине - инверсионной структуре в зоне Хинганского разлома в нижней части пласта бурого угля по данным опробования керна скважин установлены аномальные (0,2 г/т) концентрации золота. В осадочном чехле этой впадины проявлены объемные процессы низкотемпературного восстановительного эпигенеза, с полным замещением базальтов метаталлузитом, с перераспределением урана, тория и элементов редкоземельной группы [1998ф,15]. Минерагения кайнозоя достаточно обоснованно может быть пополнена в регионе и алмазами. По мнению Тань Чениня [1994], в пределах массива Цзямусы имеются благоприятные условия для образования кайнозойских лампронтов.

Анализ результатов исследования эндогенных РОС кайнозойского этапа и их взаимосвязей со структурой континентальной коры региона позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Характер проявленного на юге Дальнего Востока России эндогенного кайнозойского рудогенеза подчиняется региональным закономерностям развития континентальной коры.

2. Кайнозойские рудно-магматические системы связаны в регионе ЮДВР с орогенными структурами, развивавшимися в магматогенном режиме. Возраст этих РМС омолаживается к востоку от олигоцен-миоцена на Сихотэ-Алине до голоцена на Курилах. Они имеют весьма широкую геохимическую специализацию (Au, Ag, W, Mo, Cu, Pb, Zn, U, флюорит, платиноиды). В Сихотэ-Алинском орогене развитие кайнозойских рудно-магматических систем (совместно с РМС мел-палеоценового возраста) привело к формированию полиметальной рудной провинции.

3. Рудообразующие системы зон глубинных разломов связаны с действием «разбавленных» гидротерм, функционирующих в активизированных на новейшем этапе структурах фундамента рифтогенных впадин и в их рыхлом, обводненном, хорошо проницаемом осадочном чехле. Минерагенический спектр этих РОС достаточно широк – это Ge, U, TR, Mo, Re, Sc, In, Ga, Sb, Au, платиноиды, флюорит. Состав продуцируемого этими РОС оруденения и формируемая ими металлогеническая зональность определяются их положением в профиле континентальной ко-

ры, составом мантийных флюидов и специализацией пород докайнозойского фундамента.

4. Уран-полиэлементные рудообразующие системы зон глубинных разломов формируют в регионе три основных ареала: Приханкайский, Амуро-Зейский и Северо-Сахалинский. Формируемое ими оруденение характеризуется преимущественно оксидно-кофферинитовым составом и вкрапленностью (до диспергированной) формой выделения минеральных агрегатов. В сочетании с высокой проницаемостью и обводненностью вмещающей среды это предполагает возможность добычи урана и сопутствующих элементов методом подземного и кучного выщелачивания.

ГЛАВА 5. РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКЗОГЕННАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ И ЭКЗОГЕННЫЕ РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Данная глава ориентирована на доказательство третьего защищаемого положения. Для выявления закономерностей развития экзогенных РОС в разнообразных структурно-ландшафтных обстановках региона ЮДВР потребовалось, прежде всего, изучение региональной зональности экзогенных процессов [3]. Исследуемая территория была при этом значительно расширена к западу – до 80-го меридиана (рис. 8). В результате анализа условий формирования климата, развития эрозии, кор выветривания и окислительного эпигенеза, степени их влияния на экзогенные рудообразующие процессы было выделено четыре эволюционирующих во времени и пространстве группы факторов, взаимодействие которых и определило характер формирования экзогенной зональности.

Первая (эндогенная) группа факторов, связанная с региональными особенностями формирования континентальной коры и рельефа ее поверхности, определила энергетический и вещественный потенциал экзогенных процессов, общее направление их развития и цикличность. *Вторая (экзогенная) группа* связана с развитием поясной (широтной) семиаридно-гумидной климатической зональности и с динамикой планетарных (широтных же) атмосферных течений. Она повлияла, прежде всего, на характер латеральной зональности экзогенных процессов внутренней части континента. *Третья (экзогенная) группа* связана с действием барьерного фронта Тихого океана, формирующего наложенную по отношению к двум первым меридиональную климатическую зональность семигумидно-гумидного профиля. Образованная в результате этого наложения прибрежная («буферная») зона шириной до 1000км выделяется интерферированным, неустойчивым характером климатических условий, с общим ослаблением гумидизации к западу. *Четвертая группа локальных (эндогенных) факторов* связана с воздействием на предыдущие орогенных сооружений новейшего этапа (Алтай, Саяны, Становая система и др.) и поднятий нагорий (Монгольское, Патомское). Они оказывают существенное влияние на формирование местных атмосферных течений, отличающихся турбулентным характером и весьма активной динамикой. В то же время, значительно меняют они и характер латеральной (поясной) ландшафтно-климатической зональности. Так, например, на территории Монгольского нагорья, где средние абсолютные отметки поверхности составляют 800-1200м, пустыня Гоби сменяется к северу на зону горной тайги на отрезке в 250-350км. В то же время в регионах, расположенных западнее (Средняя Азия, Казахстан, Сибирь), с абсолютными отметками в первые сотни метров, подобная смена проходит на расстоянии до 1000км.

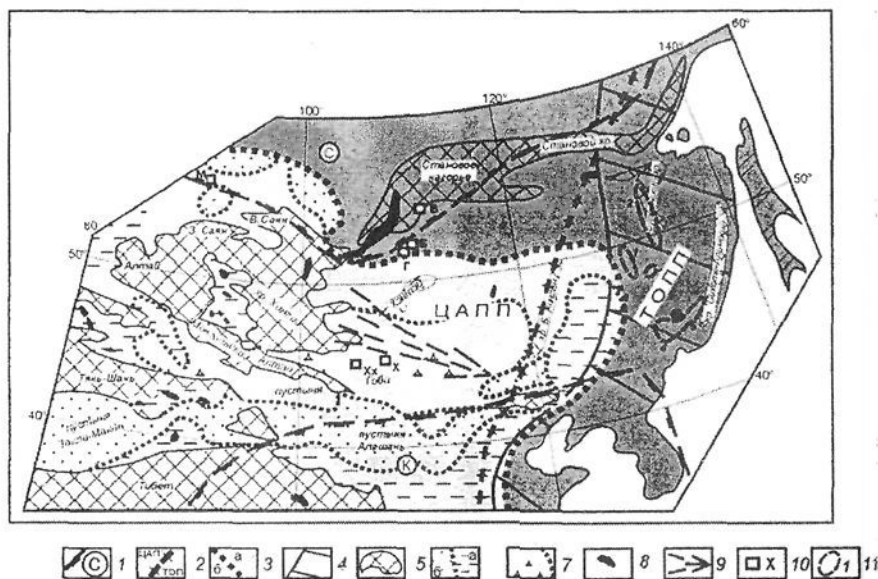


Рис.8. Зональность экзогенных процессов на сочлещении Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов. 1 – граница Сибирского (С) и Китайского (К) кратонов. 2 – граница Центрально-Азиатского (ЦАП) и Тихоокеанского (ТОП) подвижных поясов. 3 – экзогенная зональность: а) зона гумидного седиментогенеза и корообразования; б) зона дефляционной эрозии. 4 – зона буфера Тихого океана. 5 – хребты и нагорья. 6 – ареалы золотого седиментогенеза: (а) лесосевого; (б) песчаного. 7 – ареалы развития каменистых пустынь – гаммад. 8 – основные озера. 9 – преобладающее направление атмосферного переноса. 10 – урано-металлические экзогенные объекты: В-Витимский район, М-Малиновское, Б-Березовое, Г-Горное, Х-Харат, Хх-Хайхран. 11 – ареалы предполагаемых РОС «наледо-долинного и трещинно-инфильтрационного типов: 1-Амуро-Зейский, 2-Хайлапский, 3-Самарский, 4 – Ханкайский.

В этих условиях в ходе кайнозойской эволюции в регионе была сформирована динамично взаимодействующая во времени и пространстве зональность экзогенных процессов, во многом и определившая специфику развития всех рудообразующих систем экзогенного класса. Она включает в себя открытую к западу и югу внутреннюю зону дефляционной эрозии и обрамляющую ее с севера и востока зону корообразования.

ЗОНА ДЕФЛЯЦИОННОЙ ЭРОЗИИ. В профиле поясной климатической зональности данная зона соответствует подзонам аридного-семигумидного типов, в которых наблюдается общее ослабление аридного «пресса» к северу и востоку. Особенности развития и внутреннее строение этой зоны определяются воздействием на земную поверхность взаимосвязанных атмосферных потоков разного иерархического уровня. Это, прежде всего, весьма устойчивое во времени широтное струйное планетарное течение с восточным направлением переноса и внутриконтинентальные циклоны с местными турбулентными системами, характеризующиеся направлением переноса в южных румбах [Х.П. Погосян, 1972; Е.А.Чистякова и др., 1992; В.П. Чичагов, 1998]. Их взаимодействие определило юго-восточную ориентировку результирующего вектора среднегодового атмосферного переноса. В роли внешнего параметра-регулятора

и одновременно дополнительного энергетического источника для саморазвивающейся системы дефляционной эрозии выступает солнечная активность, подверженная значительным флуктуациям разноуровневого характера.

С наибольшей интенсивностью процессы ветровой эрозии проявлены в условиях повышенной аридизации в юго-западной части рассматриваемой зоны, с усилением к югу и на крупных поднятиях. Особенно ярко зона дефляции выражена в Монгольской Гоби, где она трассируется цепочкой каменных пустынь-гаммад. По данным В.Н. Синицина [1980], скорость ветра в кайнозое соответствовала здесь уровню урагана. По реконструкциям, выполненным автором [1992ф,7,14], постплиоценовый эрозионный (дефляционный) срез может быть охарактеризован здесь величиной 0.5-1 км. В центре и на западе Монголии в препарированных дефляцией рифтогенных впадинах с характерным для них вогнутым профилем поверхности обнажены осадки мелового (на западе и юрского) возраста. Направленный, устойчивый во времени вынос эолового материала за пределы зоны дефляции практически исключает формирование в ней площадных кор выветривания, не препятствуя в то же время развитию кор линейного типа.

В соответствии с направлением и динамикой атмосферных потоков – транспортеров эолового материала, на ближней южной периферии региона сбрасывается песчаная фракция, а далее к юго-востоку (в долине Хуанхэ) – часть лессовой составляющей. Основная масса лесса выносится, по-видимому, в океан. Следы эолового переноса у восточной границы континента отмечаются современными пыльными бурями, достигающими гг. Хабаровска, Комсомольска-на-Амуре и Владивостока.

ЗОНА КОРООБРАЗОВАНИЯ с севера и востока обрамляет зону дефляции конформным ей дуговым ареалом. Корообразование развивается в ней в динамичном равновесии с кайнозойским морфогенезом и эрозионно-денудационными процессами. Основной этап формирования кор выветривания (КВ) связывается здесь с палеогеном [А.П. Сорокин и др., 1997; Н.И. Орлова, 1998]. КВ проявлены практически по всему югу российского Дальнего Востока, занимая до 40% его площади. Здесь широко представлены их площадные, линейные и линейно-площадные формы. В геоморфологическом профиле они соответствуют зонам денудационных равнин, фрагментам пенеплена и педиплена, возраст которых меняется в зависимости от особенностей развития конкретной морфоструктуры. Активность корообразования, в целом, нарастает к юго-востоку, с приближением к зоне теплого морского климата, где и отмечается наибольшая мощность площадных КВ. На массивах палеозойских гранитов в южной части Ханкайского массива мощность их, по данным поискового бурения [А.А. Коковкин, 1981ф,8], достигает 40-50 м. Линейные же разновидности КВ прослежены там автором на глубину более 400 м. Высокая активность и пульсационный режим новейших орогенных процессов, с многоактными структурными перестройками, при слабой устойчивости КВ к эрозии, обусловили их мозаичный реликтовый облик на современном срезе.

В ходе корообразования в экзогенный рудогенез вовлекается целый комплекс полезных компонентов. Из специализированного матрикса освобождаются при этом минералы и самородные элементы, участвующие в дальнейшем процессе седиментогенного и элювиального (корового) россыпеобразования. В зону действия окислительного эпигенеза при образовании КВ выводятся элементы с переменной (U, Mo, Se, Re, Fe, W, платиноиды) и постоянной (TR, Sc, Ge, Au) валентностью, определяю-

щие специализацию соответствующих РОС. Мобилизация коровыми процессами значительных масс урана подтверждается высокой долей в КВ его подвижной формы, достигающей 90% и более, [А.К. Мигута, 1962; 4,17]. По мнению автора, именно с коровой мобилизацией связаны в регионе ЮДВР многочисленные площадные аномалии подвижного урана, выделенные по данным АГСМ- и гидро-литохимической съемок. Данные аномалии фиксируют, по-видимому, и наиболее благоприятные условия для функционирования специализированных на уран РОС экзогенного класса. Наиболее крупная из этих аномалий (Акишма-Ниманская), расположенная на северо-востоке Бурейнского массива, соответствует ареалу корообразования, наложенного на гранитоидные (в том числе специализированные на уран) комплексы позднего палеозоя–мезозоя.

В рамках охарактеризованной экзогенной зональности функционирует целое сообщество рудообразующих систем экзогенного класса (см. таблицу).

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ЭКЗОГЕННЫХ РОС. В диссертации с той или иной степенью детальности рассмотрены все типы рудообразующих систем, представленные в классификационной схеме. Седиментогенные РОС являются в регионе основными источниками золота и платины и отличаются, в связи с этим, значительно более высокой степенью изученности по сравнению с другими экзогенными РОС. Процессы россыпеобразования на юге Дальнего Востока в разное время изучались Э.Э. Анертом [1928], Г.П. Воларовичем [1969], Н.А. Шило [1981], С.С. Воскресенским [1985], А.П. Сорокиным [1997] и целым рядом других исследователей. Основное внимание автора обращено на те особенности формирования россыпей (современных и их палеоаналогов), которые касаются взаимосвязей россыпеобразования с кайнозойским морфогенезом, с охарактеризованной выше экзогенной зональностью - вопросов, менее затронутых другими исследователями.

РОС, СВЯЗАННЫЕ С ПРОЦЕССАМИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ЭПИГЕНЕЗА.

Условия функционирования этих РОС меняются, в соответствии с латеральной зональностью экзогенных процессов. Из глубины континента, с приближением к Тихоокеанской окраине, постепенно ослабевает действие аридного «пресса». С переходом на территорию северо-восточного Китая и Монголии, на смену крупным депрессионным структурам Средней Азии и Казахстана с их активным инфильтрационным режимом приходят впадины преимущественно замкнутого типа, с крайне «вялой» гидродинамикой. При смещении к востоку постепенно и, в конечном счете, весьма значительно снижается уровень минерализации подземных вод - от соленых и солоноватых в зоне дефляции до ультрапресных в зоне корообразования. Содержание урана при этом падает более чем на два порядка - от $px10^{-3}$ до $px10^{-7}$ г/л. Это сопровождается соответствующим изменением динамики и морфологии окислительного процесса. Пластовые формы зон окисления, характерные для регионов Средней Азии и Казахстана, постепенно сменяются к востоку и юго-востоку преимущественно грунтовыми и поверхностными. В зоне корообразования зоны пластового окисления проявлены лишь в условиях локальных палеодолин с их достаточно динамичным, концентрированным стоком.

РОС зон поверхностного окисления получили широкое распространение западнее ЮДВР - в зоне дефляционной эрозии, где с ними связано формирование уран-полиэлементного оруденения «харатского» типа, изучавшегося автором на рудных объектах Монгольской Гоби [1991ф]. Характерной особенностью этих РОС является

их тесная пространственно-генетическая связь с площадной зоной поверхностного окисления, развивающейся по модели автора [3,14] на поступательно снижающемся фронте дефляционной эрозии. Длительность этого процесса, начавшегося в плиоцене, обусловила масштабность мобилизации урана и целого набора других элементов (Mo, Se, Re, Sc, TR, Ag, Th и др.) с накоплением их на комплексном барьере в основании зоны окисления. В процесс рудогенеза оказалась, таким образом, вовлеченной вся масса полезных компонентов в пределах 0.5-1-километрового эрозионного среза. Сказанное не означает, что весь потенциал зоны эрозии реализуется при этом в виде рудных концентраций. Неравномерность внутреннего строения зоны рудогенеза, определяющаяся неоднородной проницаемостью осадочного разреза рифтогенов с «блуждающими» в нем палеоруслинами, предполагает и соответствующую пространственно-временную избирательность рудообразующего процесса. Восточной границей распространения ареала этих РОС является, по-видимому, впадина Сунляо. В пределах российской части их признаки проявлены на территории южного Забайкалья - в Южно-Витимском районе [Д.А. Сомович и др., 1999].

РОС зон грунтового и пластового окисления распространены в регионе в структурах с инфильтрационным режимом – в препарированных эрозией, «раскрытых» палеодолинных системах, выполненных рыхлыми обводненными осадками кайнозойского возраста. Действие этих РОС усиливалось в периоды относительной аридизации климата и сопровождалось расширением их ареала в северном и восточном направлениях. Подобное явление отмечено, в частности, для плиоценового этапа на территории Забайкалья, в пределах Витимского рудного района. Здесь в сероцветных осадках неогеновых палеодолин под покровами платобазальтов выявлено 10 уран-полиэлементных месторождений [Атлас. «Уран России», 2000]. В состав продуцируемого этими РОС оруденения, помимо урана, входит целый набор элементов (Mo, Se, Sc, Re, TR и др.).

Характерной чертой этих месторождений является локализация рудных залежей в боковых «притоках» палеодолин [А.Е. Халдей и др., 1998,2000]. Данная закономерность отражает стремление самоорганизующейся рудообразующей системы к оптимизации ее диссипативного баланса через снижение уровня стока. Низкие (10^{-6} - 10^{-7} г/л) фоновые концентрации урана в подземных водах определили высокий рассеивающий эффект РОС в зоне ее стока. И в этом случае только приближение к источнику вещества дает ей возможность локализоваться. Именно эти условия и обеспечены в верховьях неогеновой палеодолины, предельно локализованной и вложенной здесь в граниты с высокой долей подвижного урана.

В регионе ЮДВР рассматриваемый тип РОС отнесен автором к разряду *потенциально промышленных*. Месторождений «палеодолинного» типа здесь пока не выявлено, но их признаки проявлены достаточно широко. Так, известны рудные концентрации в илистой фракции пойменного аллювия плейстоцен-голоценовых долин р.р. Ягдынья, Ниман, Нимакан и их притоков, вложенных в массивы специализированных на уран гранитов Буреинского массива [А.Д. Сероштанов, 1982ф]. Оруденение формирует здесь небольшие (первые метры) линзовидные тела с содержанием урана в 0.2-0.6%. Продуцирующие это оруденение РОС выделены автором в самостоятельный диагенетический тип (см. табл.). В то же время, они могут рассматриваться в качестве зарождающихся рудообразующих систем «палеодолинного» типа. В кайнозойских палеодолинных системах, вложенных в специализированные на уран блоки докайнозойского фундамента Буреинского и Ханкайского массивов, широко проявлены процессы перераспределения

урана. Прямые признаки уранового оруденения выявлены автором в «устье» кайнозойской палеодолины на западном борту Средне-Амурской впадины при проведении реногносцировочного бурения [1976ф]. Ареалы развития наиболее перспективных «палеодолинных» РОС выделены автором на юго-восточном борту Амуро-Зейской впадины, на юго-западном и юго-восточном бортах Амуро-Ханкайской рифтогенной системы (см. рис.6).

РОС зон трещинной кислородной инфильтрации распространены по всей территории региона ЮДВР. Они развиваются в трещинно-инфильтрационных системах, действующих на положительных формах рельефа - в основном, в массивах специализированных на уран гранитов, нередко на участках их пересечения активизированными в кайнозое зонами глубинных разломов. В диссертации это дополнительно иллюстрируют радиогеохимическая схема и таблица специализированных на уран массивов. Выделено *три основных ареала* развития этих РОС: 1. *Эхилканский* ареал, расположенный на востоке Буреинского массива, контролируется зоной Эхилканского разлома. Северная его часть совпадает с упомянутой выше Акишма-Ниманской аномалией подвижного урана. 2. *Западно-Ханкайский* ареал приурочен к зоне одноименного разлома в юго-западной части Ханкайского массива. 3. *Северо-Ханкайский* ареал соответствует северной части Ханкайского массива.

В зависимости от морфологии формируемого оруденения, времени, характера и особенностей развития вмещающих геологических структур, динамики и ритмики тектонической и эрозийных процессов выделено *три основных типа трещинно-инфильтрационных РОС*: 1. РОС, формирующие плацеобразные (уровенные) залежи в апикальной части гранитных массивов. 2. РОС, формирующие объемные залежи в зонах глубинных разломов. 3. РОС, формирующие мелкие проявления урановой минерализации в линейных корах выветривания по дайкам среднего-основного состава. Между этими типами РОС существуют, по-видимому, многочисленные переходы.

Разработанная автором [3,8] обобщенная модель трещинно-инфильтрационного рудогенеза представлена на рисунке 9. Активная мобилизация подвижного урана происходит в этих РОС в увлажненной порово-капиллярной системе зоны аэрации, под действием диффузионных и конвективных процессов, обеспечивающих их доставку к поверхности открытых трещин. Дальнейшая его транспортировка к комплексному геохимическому барьеру осуществляется в зоне просачивания нисходящим потоком атмосферных вод. Барьерная зона функционирует в пульсационном (возвратно-поступательном) режиме вблизи уровня грунтовых вод, в динамичном равновесии с ним. Характер пульсаций барьера определяется колебаниями зеркала подземных вод с их сложно организованной ритмикой, связанной с сезонным режимом атмосферных осадков, периодикой лунных приливов, режимом геодинамики и сейсмичности.

Контрастность комплексного барьера в трещинно-инфильтрационных системах может быть увеличена восходящим потоком глубинных флюидов, который к тому же и сам может являться дополнительным источником полезных компонентов. Механизм действия таких «подвешенных» барьеров разработан С.Г. Булатовым и В.Н. Щеточкиным [1966] на материале Средне-Азиатских месторождений зон пластового окисления. В регионе ЮДВР признаки развития восстановительных флюидов установлены в зонах Эхилканского и Западно-Ханкайского разломов. Именно эти разломы и контролируют одноименные ареалы трещинно-инфильтрационных РОС. Продуктивность РОС данного типа иллюстрирует выяв-

ленное автором [1981ф] рудопроявление Березьянское-1, локализованное в специализированных на уран силурийских лейкогранитах в зоне Западно-Ханкайского разлома, на западном борту Вадимовской впадины. Ореол урана с содержанием 0.005-0.02%, совмещенный с зоной восстановительного эпигенеза, прослежен здесь скважинами на глубину более 450м. Следует отметить, что зоны Западно-Ханкайского и продолжающего его по 132-му меридиану к северу Эхиланского разломов контролируют и распределение описанных выше РОС зон глубинных разломов.

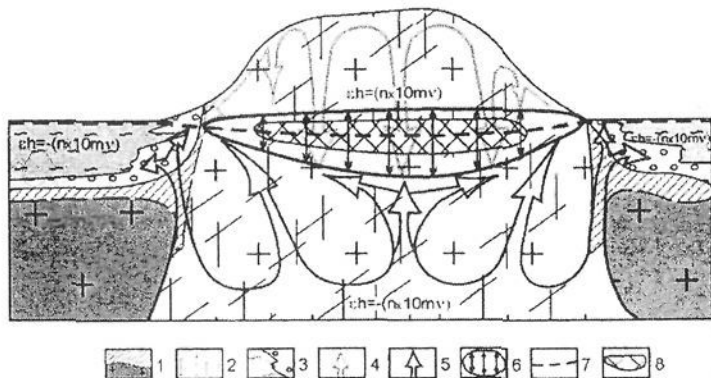


Рис.9. Модель формирования уран-полиэлементного оруденения в зонах трещинной кислородной инфильтрации. 1. Граниты специализированного на уран массива с корой выветривания. 2. Зона объемной трещиноватости в гранитах. 3. Кайнозойские впадины с обводненными образованиями угленосной формации. 4. Зона инфильтрации с нисходящим потоком кислородных вод. 5. Восходящие трещинно-жильные (бескислородные) воды. 6. Зона гидродинамического равновесия. 7. Положение современного уровня грунтовых вод. 8. Зона рудогенеза.

В составе трещинно-инфильтрационного оруденения, помимо урана, присутствуют и другие элементы, характерные для процессов кислородного эпигенеза (Mo, W, TR и др.). На месторождениях Средней Азии, локализованных в черносланцевых толщах (Джантуар и др.), в набор рудообразующих элементов, помимо урана, входят ванадий, молибден, редкие земли, золото и платиноиды [Н.А. Созинов и др., 1996]. В регионе условия развития РОС с подобным комплексом рудных элементов имеются, в частности, на Буреинском массиве (в пределах Малохинганского и Мельгинского блоков), где распространены протерозой-нижнепалеозойские породы черносланцевого типа.

Основные результаты исследования экзогенных РОС можно сформулировать следующим образом:

1. Характер развитых на юге Дальнего Востока России экзогенных рудообразующих систем определяется их позицией в эволюционирующей геоструктуре региона и положением в региональной экзогенной зональности.

2. В зоне дефляции на поступательно и длительно снижающемся фронте эрозии функционирует площадная зона поверхностного окисления с действующими в ней уран-полиэлементными рудообразующими системами, продуцирующими оруденение «харатского» типа. Высокий рудный потенциал этой зоны определяет значительная величина эрозионного среза (0.5-1.0км).

3. В зоне коробразования, в пределах которой расположена и территория ЮДВР, функционируют уран-полиэлементные рудообразующие системы, продуцирующие потенциально промышленное оруденение палеодолинного и трещинно-инфильтрационного типов, пригодное для добычи методом ПВ.

ГЛАВА 6. ПОСТРУДНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РУДОНОСНОСТИ КАЙНОЗОЙСКИХ РУДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ

Данная глава представляет завершающий блок прогнозно-металлогенической модели кайнозойского этапа. Вместе с тем, она обеспечивает доказательствами четвертое защищаемое положение, касающееся трансформирующего влияния кайнозойских событий на структуры и металлогеническую зональность более ранних этапов.

ПОСТРУДНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ КАЙНОЗОЙСКОГО ЭТАПА. Проявленная на поверхности земной коры металлогеническая зональность региона представляет собой полихронное, интерферированное образование, сформированное рудообразующими системами различных эпох рудогенеза и преобразованное последовательно наложенными процессами пострудных трансформаций с ремобилизацией (перераспределением) вещества, деформацией их внутренней структуры и эрозией. В соответствии с эволюционной моделью региона (гл. 2.), высокая геодинамическая активность кайнозойского этапа предполагает масштабность преобразования в нем всех более ранних геологических структур вместе с находящимися в них зонами рудогенеза. Геологическими индикаторами кайнозойских трансформаций здесь служат наиболее молодые образования (коры выветривания, кайнозойские осадки, неоген-четвертичные базальтоиды) с развитыми в них эпигенетическими изменениями. Характер пострудных трансформаций был исследован автором на структурах Сихотэ-Алинского орогена и Синегорской РМС. На примере Буреинского прогиба показано трансформирующее воздействие кайнозойских надвиговых дислокаций.

Сихотэ-Алинский ороген. Особенности металлогенической зональности орогена во многом определяются позицией его структуры на тренде латерального омоложения континентальной коры и специализацией его рудообразующих систем. С другой стороны, значительное влияние на формирование современной структуры этой зональности оказали процессы ее преобразования кайнозойской тектоникой и сопряженной с ней эрозией. В результате взаимодействия этих факторов на современный срез здесь были выведены трансформированные зоны рудогенеза двух рудообразующих этапов – позднемелового-палеоценового и собственно кайнозойского (олигоцен-неогенового). Они-то и сформировали структуру соответствующей этому кайнозойскому орогену металлогенической провинции (см. рис.6).

В олигоцен-миоценовое время, с которым связан основной этап развития орогена, его структура располагалась на фронте структурирования континентальной коры и развивалась в магматогенном режиме. К концу миоцена в приосевой части орогена в ходе эрозии с конечным уровнем среза до 2-2.5км на поверхность были выведены массивы гранитов позднемелового и олигоценного возраста. И уже на эродированной поверхности этих массивов были заложены миоцен-плиоценовые вулканоструктуры. В результате мантийной активизации новейшего этапа структура орогена, развивавшаяся в режиме знакопеременного сдвига, была блокирована по ортогональной системе разломов с вертикальной амплитудой до 2-3км. Амплитуда горизонтальных перемещений, по-видимому, не превышала здесь 10км. В плиоцене – раннем плейстоцене структура орогена была практически полностью перекрыта платобазальтами. В

дальнейшем ороген продолжил свое развитие уже в амагматичном режиме и был подвержен дополнительной эрозии. В приосевой части базальты были эродированы, но при этом сохранились их линейные прерывистые шлейфы по обоим бортам структуры орогена. Были трансформированы и подвержены эрозии кайнозойские коры выветривания и приразломные впадины орогена, а также развитые по его бортам неоген-четвертичные палеодолины. Эти трансформации существенно изменили ход развития действовавших на Сихотэ-Алине экзогенных РОС – россыпеобразующих и предполагаемых здесь уран-полиэлементных (связанных с кислородным эпигенезом). Результат трансформаций выразился, в частности, в блокировке и эрозии кайнозойских палеодолин с выведением на поверхность большого количества палеороссыпей золота (месторождения Соболиное, Белогорское, Болотистое и др.).

Проявленная на современном срезе металлогеническая зональность Сихотэ-Алинского орогена оказалась, таким образом, полихронным интерферируемым образованием, конформным его трансформированной в новейшее время структуре. В наиболее поднятых, максимально эродированных блоках на юге орогена (местами в центре и на севере) на поверхность оказались выведенными зоны позднемелового–палеоценового рудогенеза с редкометальным и золотым оруденением. В менее поднятых блоках центральной части орогена и на его бортах, где уровень эрозии на 1-2км меньше, определяющую роль в его металлогении играют зоны неогенового рудогенеза с характерным для них золото-серебряным, полиметаллическим и алунитовым оруденением.

Представляется, что учет характера трансформаций структуры и металлогенической зональности Сихотэ-Алинского орогена позволит существенным образом повысить достоверность действующих в нем прогнозно-поисковых моделей. Для этого, однако, необходимы исследования, значительно более детальные по сравнению с работой, выполненной автором (масштаб ее применительно к этой структуре не превышал 1: 2.5 000 000).

Синегорская РМС была изучена автором в процессе прогнозно-поисковых работ на уран [1981-86ф,8]. РМС локализована в жесткой структуре Ханкайского массива и вмещает оруденение трех основных этапов эндогенного рудогенеза: 1) каледонского с флюоритовыми и редкометальными месторождениями Вознесенского узла; 2) герцинского с урановыми месторождениями (Феникс, Липовское, Синегорское); 3) новейшего, сформировавшего уран-германиевое полиэлементное оруденение (месторождения Раковской и Павловской впадин). В ходе кайнозойских трансформаций зоны рудогенеза этих этапов испытали многоактные преобразования.

В кайнозое структура Синегорской РМС была трансформирована в три этапа. *Первый (палеогеновый)* связан с началом формирования Амуру-Ханкайского рифтогена и структуры Сихотэ-Алинского орогена. В процессе рифтогенеза отдельные блоки фундамента (с Вадимовской впадиной, в частности) были погружены на глубину 1.5-2км. Положительные морфоструктуры орогена, поднятые на 1.5-2км, были значительно эродированы. Во внутренней части Сихотэ-Алинского орогена синхронно развивались инверсионные приразломные впадины (Сандуганская, Чернышевская и др.). *На втором (неоген-раннечетвертичном)* этапе структура РМС была подвержена мантийной активизации, в сопровождении базальтоидного магматизма. На ее завершающих фазах был проявлен самый молодой этап эндогенного рудогенеза. *Третий (плейстоцен-голоценовый)* этап трансформаций связан с активизацией орогенных процессов на Сихотэ-Алине (с амплитудой вертикальных движений до 0.5-1км). Ак-

тивизация сопровождалась интенсивной эрозией. На этом этапе были взломаны и эродированы плиоценовые платобазальты. Фрагменты их сохранились в контуре РМС в виде Шкотовского плато, многочисленных реликтов более мелких полей и вулканических построек. Структуры юго-западной части Амуру-Ханкайского рифтогена были в конце новейшего этапа также подвержены блокировке с положительной амплитудой до 0.5км, выведены из седиментации и вовлечены в эрозию. Это подтверждает эрозионный характер рельефа поверхности Раковской, Реттиховской, Павловской и других впадин, а также наблюдавшиеся автором многочисленные дислокации их осадочного чехла. Система кайнозойских палеодолин, врезанная в борта рифтогена, была в это время препарирована эрозией и раскрыта для кислородного эпигенеза с формированием РОС палеодолинного типа. Были подвержены блокировке и эрозии сформированные ранее кайнозойские коры выветривания.

Центральная часть РМС была, в конечном счете, поднята орогенной структурой Сихотэ-Алиня по системе северо-восточных Синегорских разломов с амплитудой 2.5-3.0км. В результате синхронной эрозии с уровнем среза 2-2.5км на поверхность были выведены меловые гранодиориты Синегорской трещинной интрузии. Соответствующим трансформациям при этом были подвержены зоны каледонского и герцинского рудогенеза. *Кайнозойский (наивысший)* этап эндогенного уран-полиэлементного рудообразования развивался в уже значительно трансформированной структуре Синегорской РМС. По модели автора, одним из возможных источников урана для Раковского месторождения являлось герцинское оруденение, связанное с развитием одноименной, специализированной на уран лавон-карбоновой вулканоструктуры.

Ранее автором на основе эволюционного моделирования структуры Синегорской РМС, выполненного в масштабе 1:50 000-1:200 000, с учетом характера представленных здесь пострудных трансформаций было выделено в ней 13 площадей, перспективных на выявление уранового, редкометального и флюоритового оруденения всех трех этапов рудогенеза [8].

Надвиговые дислокации кайнозойского этапа. Планетарная активизация новейшего этапа выразилась в регионе в оживлении действующего здесь механизма трехстороннего сжатия. При этом были активизированы и все системы глубинных разломов, функционировавшие в режиме знакопеременного сдвига. Соответственно, широкое распространение в это время должна была получить здесь и надвиговая тектоника. Системного исследования в этом направлении в регионе, однако, не проводилось. Однако имеющаяся по надвиговым дислокациям информация крайне скудна и представлена либо описанием единичных локальных ситуаций, либо, напротив, моделями исключительно высокого уровня генерализации.

В частности, Б.А. Натальиным [1991] предполагалось наличие надвига мезозойских осадков на Алдано-Становой блок Сибирского кратона в разрезе через долину р. Дугда. Этим же автором описан надвиг юрских отложений на палеозойские метаморфиты Анюйского выступа в центральном Сихотэ-Алине. Довольно значительное количество надвиговых структур известно в южной части Сихотэ-Алинского орогена. В Раздольненском бассейне, по данным В.В. Голозубова [«Геодинамика, магматизм и металлогения востока России», 2006. Кн.1], в скважинах установлено наличие надвигов, наложенных на осадки верхнего и нижнего мела. Многие авторы упоминают о наличии систем аллохтонных пластин на границе

ЦАПП и Сибирского кратона [В.М. и Е.В. Бирюковы, 1998; Л.И. Красный и др., 1999 и т.д.]. Признаки шарьирования достаточно широко проявлены по северному и северо-восточному обрамлению Буреинского массива [Геологическая карта. Лист N-52(53)..., 1985]. Отмечены они в восточной части зоны Станового и в зоне Пауканского разломов [Гос. геол. карта. Лист М-52(53), 1995]. Перечень этих разрозненных фактов можно было бы продолжить. В то же время, собственно кайнозойских надвигов при этом не выделено. Все отмечаемые надвиги были отнесены к мезозойскому, либо (в лучшем случае) к мезозойско-кайнозойскому этапам.

Индикаторами кайнозойского возраста надвиговых дислокаций в регионе ЮДВР может служить присутствие в пластине аллохтона и в зоне надвига реликтов неоген-четвертичных платобазальтов, кайнозойских осадков и кайнозойских кор выветривания, также обводненность и нелитифицированный характер тектонического меланжа, выполняющего зону надвига. В последнем случае отсутствие литификации в конкретной дислокационной структуре, с учетом ее положения на тренде омоложения континентальной коры (гл.2), может свидетельствовать о новейшем возрасте ее формирования (или о возрасте ее последней активизации). Автором сдвиг-надвиговые дислокации кайнозойского (новейшего) возраста установлены прямыми геологическими наблюдениями в пределах Сихотэ-Алинского орогена (в бассейнах р.р. Матай, Левая Кия и в районе с. Циммермановки), также в зоне Хинганского разлома (в районе ст. Кундур, [1998ф]) и в структуре Хабаровско-Хехцирской системы инверсионных поднятий [5]. В частности, в приустьевой части р. Балазы (правый приток р. Матай), в зоне субмеридионального Петропавловского разлома дорожным карьером вскрыты сдвиговые смещения двух блоков неогеновых базальтов и надвиг одного из этих блоков на рыхлые песчано-гравийные осадки миоценовой палеодолины [30,34]. Возраст осадков, подтвержден данными палинологического анализа. Исходя из этого, возраст надвига может быть с достаточной уверенностью датирован плиоценом - ранним плейстоценом. Сама зона надвига, вскрытая в бортах и на дне карьера, сложена рыхлым, интенсивно каолинизированным субстратом с реликтовыми, каолинизированными тектонитами миоценовых осадков и базальтов.

Наиболее ярко признаки надвигов проявлены в кайнозойских орогенных системах - на границах раздела блоков, резко различающихся по своим физическим свойствам, в первую очередь по плотности. В диссертации модель кайнозойской надвиговой тектоники разработана для подобных ситуаций на примере *Буреинского прогиба* (рис. 10). По этой модели прогиб представляет собой реликтовую структуру - результат преобразования сдвиг-надвиговой тектоники кайнозойского Восточно-Буреинского орогена западной краевой части мезозойского осадочного (океанского) бассейна. Дислокации структуры прогиба были связаны с левосторонним (некомпенсированным) сдвигом в системе Хинганского разлома. В слабо литифицированном осадочном (юрско-меловом) выполнении прогиба они зафиксировались в пликвативных деформациях, сочетающихся здесь с разрывными нарушениями. С востока на осадочный чехол прогиба была надвинута пластина пород его фундамента с амплитудой в 20-30км. Мощность пластины по данным интерпретации гравиразведки, выполненной В.И. Ураловым, оценена величиной 600м. Наличие кайнозойских надвигов на юго-восточном замыкании Буреинского прогиба установлено по данным поискового бурения [А.Д. Сероштанов, 1982ф].

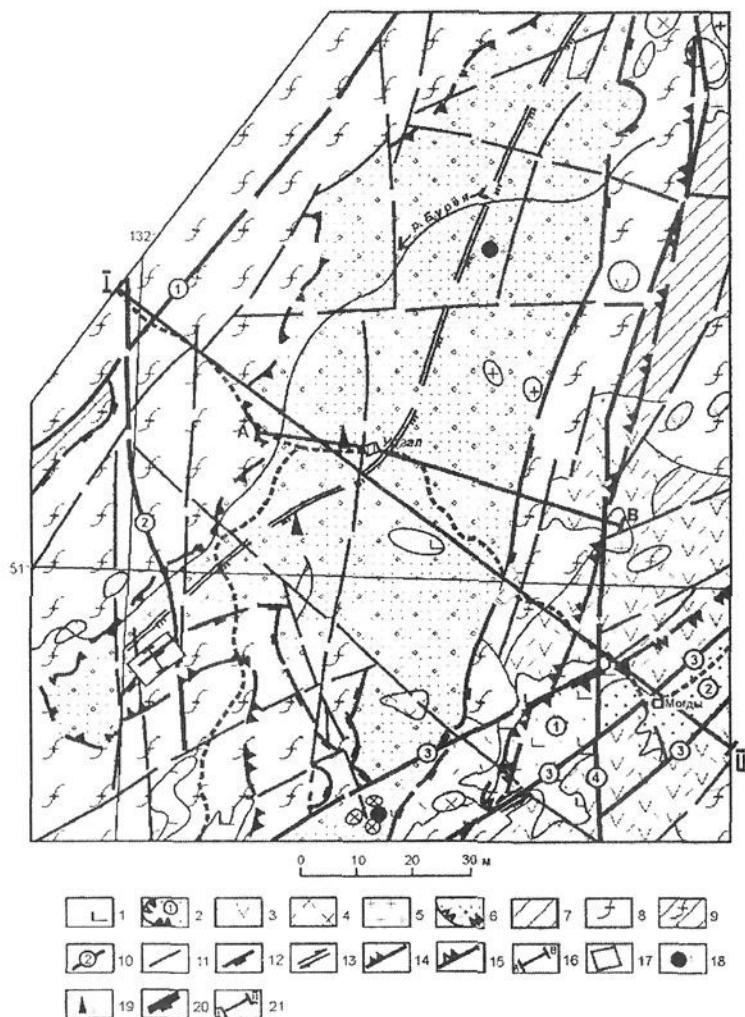


Рис. 10. Схема надвиговой тектоники Бурейского прогиба. 1 - покровы неогеновых базальтов; 2 - контуры кайнозойских впадин: Сулукская (1), Верхне - Амгунская (2); 3 - поля меловых вулканитов; 4-5 - Меловые интрузии диоритового (4) и гранитного (5) состава; 6 - контур выхода юрско-меловых осадков Бурейского прогиба на современной поверхности; 7 - верхнепалеозойские образования кремнисто-карбонатно-терригенного состава; 8 - гранитизированные метаморфиты протерозоя - раннего палеозоя; 9 - протерозой - раннепалеозойские метаморфиты Мельгинского блока; 10 - зоны глубинных разломов: Мельгинская (1), Эхилканская (2), Хинганская (3), Тастахская (4); 11 - прочие разломы; 12 - надвиги; 13 - направления горизонтальных перемещений блоков; 14 - контур юрско-меловых осадков под надвиговыми пластинами; 15 - то же для кайнозойских осадков; 16 - контур участка Дыгырь; 17 - золоторудные объекты: месторождение Нони (1), проявление Иорик (2); 18 - нефтегазопроявления: Ургальское; Адниканское (2); 19 - реконструированное положение западной границы системы надвиговых пластин.

Рассмотренные здесь примеры свидетельствуют о масштабности преобразований кайнозойскими событиями структур и металлогенической зональности региона. Учет этих преобразований может существенным образом скорректировать направление проводимых в регионе геолого-разведочных работ и повысить достоверность действующих в нем прогнозно-поисковых моделей.

ПЕРСПЕКТИВЫ РУДОНОСНОСТИ КАЙНОЗойСКИХ РОС. Из кайнозойских рудообразующих систем *эндогенного* класса к системам *промышленного уровня* в диссертации отнесены те, по которым в регионе ЮДВР уже имеются прецеденты формирования промышленных месторождений – это рудно-магматические системы Сихотэ-Алинского орогена и германий-полиэлементные РОС зон глубинных разломов, локализованные в рыхлых угленосных осадках кайнозойских рифтогенных впадин. Среди *экзогенных* РОС *промышленными* являются *россыпеобразующие системы*, прежде всего *седиментогенные* (*Au, Pt, Sn, Ti, TR*). Все РОС *уран-полиэлементной специализации*, на которых в диссертации сконцентрировано основное внимание, отнесены автором в разряд *потенциально промышленных*. В ряду этих РОС в качестве наиболее перспективных выделено три типа рудообразующих систем: *РОС зон глубинных разломов, палеодолинные РОС и РОС трещинно-инфильтрационного типа*.

Для каждого из названных типов РОС выделены ареалы распространения (гл.4,5) и проведена оценка их промышленной значимости. Анализ условий развития каждого из названных типов РОС и их взаимосвязей позволил выделить 19 площадей, перспективных на выявление уран-полиэлементного оруденения. Основное внимание при этом было уделено оруденению, пригодному для добычи методом подземного выщелачивания (см. рис. 6). В диссертации в табличной форме приведена краткая характеристика этих площадей с рекомендациями по их изучению. По шести из выделенных рудоперспективных площадей автором был выполнен комплекс подготовительных прогнозных работ масштаба 1:200 000-1:50 000 [1998ф,2001ф].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная диссертационная работа обобщила накопленный автором опыт исследования структуры континентальной коры востока Азии, проявленных в ней процессов рудообразования и пострудных трансформаций. Многообразие форм генетически разнородных, тесно взаимосвязанных геологических процессов кайнозойского этапа, на изучение которого в основном и была ориентирована эта работа, обусловили необходимость комплексного, эволюционного подхода к его исследованию. Особое внимание при этом было обращено на изучение закономерностей, определяющих с одной стороны региональную специфику развития коры, а с другой стороны на индивидуальные особенности ее конкретных геологических структур с действующими в них рудообразующими системами. Это потребовало перейти от жестко детерминированных аналоговых моделей к моделям синтетического типа, значительно более сложным, но при этом и более достоверным.

Несмотря на сложность выполняемой задачи, это дало возможность создать для региона непротиворечивую, на взгляд автора, эволюционную модель кайнозойской металлогенической эпохи. Проведенные исследования позволили выделить ряд важных закономерностей, касающихся особенностей структурирования континентальной коры региона на позднемезозойском-кайнозойском этапе ее развития, систематики и характера действовавших в ней рудообразующих и рудотрансформирующих процессов. На основе проведенных исследований был вы-

полнен акцентированный на уран металлогенический прогноз с оценкой перспектив промышленной рудоносности кайнозойских уран-полиэлементных рудообразующих систем.

Основные выводы по исследованиям, выполненным в рамках данной диссертации, можно сформулировать следующим образом:

1. Характер формирования континентальной коры региона ЮДВР в позднем мезозое - кайнозое определила динамично эволюционирующая структура Тихоокеанского подвижного пояса – результат взаимодействия одноименного суперплюма с континентальными структурами Евразии.

2. Формирование внутренней структуры коры проходило в условиях трехстороннего (пульсационного) сжатия с возвратно-поступательными движениями двух кратонов (Сибирского и Китайского) и прессом Тихоокеанской плиты. Развитие ее структуры определило взаимодействие полярных по своему морфоструктурному выражению и режиму формирования рифтогенных и орогенных систем.

3. До новейшего этапа континентальная кора региона устойчиво наращивалась к востоку, что фиксируется трендом омоложения возраста целой совокупности геологических событий – рифтогенеза и орогенеза, седиментогенеза и гранитоидного магматизма, нефтегазообразования и эндогенного рудогенеза. На фронте континентального корообразования развивались орогенные системы с магматогенным режимом. К олигоцену этот режим сместился на современную окраину материка - в структуру Сихотэ-Алинского орогена.

4. В начале новейшего этапа, в результате активизации планетарного сжатия, произошла инверсия геодинамического режима. На континентальной окраине это привело к активизации рифтогенеза с формированием зоны перехода континент-океан. На континенте, где в это время доминировал орогенез, были активизированы все системы глубинных разломов. Активизация сопровождалась базальтоидным магматизмом, отразившим проявление самой молодой на планете эпохи траппообразования.

5. В ходе эволюции рифтогенные и орогенные системы региона сохраняли свою структурно-вещественную целостность. Структурирующие их глубинные разломы развивались в пульсационном знакопеременно-сдвиговом режиме. Индикаторами этого режима являются инверсионные структуры – приразломные впадины в орогенах и внутренние поднятия в рифтогенах.

6. Ход кайнозойского рудогенеза определила совокупность рудообразующих систем экзогенного и эндогенного классов, функционирующих в структурах кайнозойских рифтогенов и в разделяющих их орогенных структурах.

7. Характер кайнозойского эндогенного рудогенеза подчиняется региональным закономерностям развития континентальной коры. Эндогенные рудообразующие системы представлены в регионе ЮДВР рудно-магматическими системами кайнозойских орогенов и РОС зон глубинных разломов.

8. Кайнозойские рудно-магматические системы контролируются орогенными структурами, развивавшимися в магматогенном режиме (Сихотэ-Алинская, Хоккайдо-Сахалинская и Курило-Камчатская). Возраст этих РМС омолаживается к востоку от олигоцен-миоценового на Сихотэ-Алине до голоценового на Курилах. В Сихотэ-Алинском орогене развитие кайнозойских РМС (совместно с РМС мел-палеоценового возраста) привело к формированию полиэлементной провинции.

9. Рудообразующие системы зон глубинных разломов связаны с действием «разбавленных» гидротерм, функционирующих в активизированных структурах фундамента рифтогенных впадин и в их рыхлом, обводненном, хорошо проницаемом осадочном чехле. Состав продуцируемого этими РОС оруденения определяются специализацией пород докайнозойского фундамента, составом мантйных флюидов и проницаемостью коры. Минерагенический спектр этих РОС достаточно широк – это Ge, U, TR, Mo, Re, Sc, In, Hg, Sb, Au, платиноиды, флюорит.

10. Развитие экзогенных рудообразующих систем определило их позицию в эволюционирующей геоструктуре региона и положение в гипергенной латеральной зональности.

11. В зоне дефляции на поступательно и длительно снижающемся фронте эрозии функционирует площадная зона поверхностного окисления с действующими в ней уран-полиэлементными рудообразующими системами. Значительная величина эрозионного среза, характерная для этой зоны, предполагает ее высокий рудный потенциал.

12. В зоне коробразования, в пределах которой расположена и территория ЮДВР, функционируют уран-полиэлементные рудообразующие системы, продуцирующие оруденение палеодолинного и трещинно-инфильтрационного типов.

13. Высокая геодинамическая активность кайнозойского этапа обусловила масштабность трансформаций структур и металлогенической зональности более ранних этапов. Учет этих трансформаций позволит существенно повысить достоверность металлогенического прогноза и эффективность проводимых в регионе геолого-разведочных работ.

14. Кайнозойские уран-полиэлементные эндогенные рудообразующие системы зон глубинных разломов и экзогенные рудообразующие системы «палеодолинного» и трещинно-инфильтрационного типов являются в регионе ЮДВР системами потенциально промышленного уровня. Данные РОС способны сформировать месторождения, пригодные для обработки методом подземного выщелачивания.

Список публикаций по теме диссертации:

1. Коковкин А.А. Некоторые особенности экзогенной металлогении области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов // Тихоокеанская геология, 2001, т. 20, №3. - с. 87-96.

2. Коковкин А.А. Волновая модель структурирования континентальной коры в кайнозое для области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов. // Вестник ДВО РАН, 2006, №3. С.47-60.

3. Коковкин А.А. Кайнозойские экзогенные рудообразующие системы востока Азии // «Отечественная геология», 2005, №4. - с.60-69.

4. Коковкин А.А. Эндогенные уран-полиэлементные рудообразующие системы в рифтогенных структурах юга Дальнего Востока России // Отечественная геология, 2006, №2. - с. 5-12.

5. Коковкин А.А. Голоценовые дислокации в структуре Хабаровско-Хехцирской системы новейших инверсионных поднятий – проявление нелинейного и волнового характера сейсмического процесса // Вулканология и сейсмология. 2006, №5. – с.71-80.

6. Коковкин А.А. Критерии выделения и закономерности развития Синегор-

ской рудно-магматической системы // Геология месторождений редких и радиоактивных элементов. Вып. 125. М.: ВИМС, 1990. - с. 62-68.

7. Машковцев Г.А., Бакулин С.М., Коковкин А.А. Геологическое строение и рудоносность Чойренской впадины в Северо-Гобийском районе МНР // Геология месторождений редких и радиоактивных элементов. Вып. 125. М.: ВИМС, 1990. - с. 32-40.

8. Коковкин А.А. История геологического развития и перспективы ураноносности Синегорской рудно-магматической системы в Южном Приморье. Автореферат канд. дисс. М.: ВИМС, 1991.

9. Бабкин Н.Я., Коковкин А.А. и др. Некоторые особенности металлогении Монгольского Алтая // Вопросы геологии Монгольского Алтая. Улан-Батор, 1991. С. 103-105.

10. Коковкин А.А. Кайнозойский урановый рудогенез в геоструктуре Юга Дальнего Востока // Закономерности строения и эволюции геосфер. Материалы 4-го международного симпозиума. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 1998. - с. 229-232.

11. Коковкин А.А. Особенности внутреннего строения зоны сочленения Амуро-Зейской впадины и Сунляо в связи с перспективами ураноносности // Строение и эволюция востока Азии. II Косыгинские чтения. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 1999. С. 167-175.

12. Коковкин А.А. Некоторые особенности мезозойско-кайнозойских рифтогенов восточного сегмента Центрально-Азиатского пояса в связи с процессами гидrogenного рудогенеза // Строение и эволюция востока Азии. II Косыгинские чтения. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 1999. - с. 160-167.

13. Корчагин Ф.Г., Онухов Ф.С., Коковкин А.А. и др. Проблемы радононосности и радоновой опасности Хабаровского края и территории г. Хабаровска. // Актуальные проблемы Дальневосточного региона России. Сб. научн. тр., Вып.1. Хабаровск: Изд-во ХТГУ, 2000. - с. 76-85.

14. Коковкин А.А. Модель экзогенного уранового рудогенеза в рифтогенах Монголии // Геология месторождений редких и радиоактивных элементов. М.: ВИМС, 2000, №142. - с. 52-60.

15. Коковкин А.А. Эхилканская впадина. Особенности внутреннего строения и металлогения // Научные и практические аспекты добычи цветных и благородных металлов. Доклады международного совещания. Т. 1. Хабаровск., 2000. - с. 177-182.

16. Бормотов В.А., Коковкин А.А., Сорокина А.Т. Структура сейсмоактивной области на юге Амуро-Зейской впадины и геоэкологические последствия ее активизации в 1998-2000г.г. // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. 3-я научная конференция. Хабаровск, 2001. - с. 6-13.

17. Коковкин А.А. Рудоформирующие системы в кайнозойском рудогенезе Юга Дальнего Востока // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных элементов. М.: ВИМС, 2002. №144. - с. 97-104.

18. Коковкин А.А. Эволюция мезозойско-кайнозойского морфогенеза в области сочленения Тихоокеанского и Центрально-Азиатского подвижных поясов: опыт синтетического ретроспективного моделирования на синергетической основе // Материалы международного научного симпозиума: «Строение, геодинамика и металлогения Охотского региона и прилегающих частей Северо-западной Тихоокеанской плиты». Южно-Сахалинск, 2002. Т.1 -с. 61-64.

19. Бормотов В.А., Коковкин А.А. Линеаментная сейсмогенерирующая структура тектоносферы южной континентальной части Дальнего Востока России //

Материалы международного научного симпозиума: «Строение, геодинамика и металлогения Охотского региона и прилегающих частей Северо-западной Тихоокеанской плиты». Южно-Сахалинск, 2002. Т.1. - с. 22-24.

20. Коковкин А.А., Бормотов В.А. Эволюционная модель кайнозойской геодинамики Среднего-Нижнего Приамурья // Строение и эволюция востока Азии. IV Косыгинские чтения. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2003. - с. 73-85.

21. Коковкин А.А. Эволюционная модель кайнозойской геодинамики востока Азии: регион юга Дальнего Востока России // Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы. Труды Всероссийского совещания (Иркутск, Институт земной коры СО РАН, 26-29 августа 2003 г.). Новосибирск: Изд. СО РАН, 2003. - с. 339-342.

22. Коковкин А.А., Бормотов В.А. Особенности геодинамики и структурирования континентальной коры Среднего-Нижнего Приамурья в кайнозое. // Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы. Труды Всероссийского совещания (Иркутск, Институт земной коры СО РАН, 26-29 августа 2003 г.). Новосибирск: Изд. СО РАН, 2003. С. 335-339.

23. Коковкин А.А., Бормотов В.А., Литвиненко Н.Д. Новейшая геодинамика и сейсмотектоника региона юга Дальнего Востока России: нелинейная модель и результаты ее заверки // Материалы IV Международного симпозиума «Закономерности строения и эволюции геосфер». Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2004. - с.113-126.

24. Коковкин А.А. Геологические индикаторы нелинейных и волновых процессов структурирования континентальной коры в кайнозое: регион юга Дальнего Востока России // Эволюция тектонических процессов в истории земли. Материалы XXXVII Тектонического совещания. Том 1. Новосибирск, 2004. - с. 242-245.

25. Коковкин А.А., Онухов Ф.С. Рельеф Хабаровска в эволюционирующей структуре Хабаровско-Хехцирской системы инверсионных поднятий // Рельеф и человек: Материалы Иркутского геоморфологического семинара (Иркутск, 27-29 сентября 2004 г.). Иркутск: Институт земной коры СО РАН, Ассоциация геоморфологов России, 2004. - с.131-132.

26. Коковкин А.А. Плейстоцен-голоценовые дислокации и активность континентальной коры Среднего-Нижнего Приамурья // Взаимосвязь между тектоникой, сейсмичностью, магмообразованием и извержениями в вулканических дугах. Материалы IV международного совещания по процессам в зонах субдукции Японской, Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский. 21-27 августа, 2004. - с. 273-275.

27. Коковкин А.А. О волновой природе сейсмодислокаций: резонансная модель // Взаимосвязь между тектоникой, сейсмичностью, магмообразованием и извержениями в вулканических дугах. Материалы IV международного совещания по процессам в зонах субдукции Японской, Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский. 21-27 августа, 2004. - с. 230-232.

28. Казанцев В.В., Бормотов В.А., Коковкин А.А. Сильные землетрясения: миф или реальность // Архитектура и строительство Дальнего Востока. №3, 2004. «АСТ ДВ», Хабаровск. - с.28-29.

29. Коковкин А.А. Нелинейные волновые процессы в континентальной коре востока Азии: природа, иерархия и геологические индикаторы. // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Материалы Всерос-

сийского совещания «Современная геодинамика и сейсмичность Центральной Азии: фундаментальный и прикладной аспекты». Иркутск, 2005. – с. 37-40.

30. Коковкин А.А. Кайнозойская сдвиг-надвиговая тектоника на территории Среднего-Нижнего Приамурья. // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Материалы Всероссийского совещания «Современная геодинамика и сейсмичность Центральной Азии: фундаментальный и прикладной аспекты». Иркутск, 2005. - с. 277-280.

31. Коковкин А.А. Волновая природа, иерархия и геологические индикаторы процессов структурирования континентальной коры Востока Азии. // Закономерности строения и эволюции геосфер: материалы VII междисциплинарного симпозиума. Владивосток, 20-24 сентября. Владивосток: ДВО РАН, 2005. С. 136-140.

32. Бормотов В.А., Коковкин А.А. Сейсмичность юга Дальнего Востока России. // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России /под ред. А.И. Ханчука.- Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. – с.76-92.

33. Коковкин А.А. Сейсмическая волновая деформационная система и ее индикаторы: резонансная модель //Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: V Косыгинские чтения (М-лы конференции 24-27 января 2006г., Хабаровск). Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2006. - с. 214-218.

34. Коковкин А.А. Знакопеременный сдвиг в структурировании континентальной коры области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов на новейшем этапе развития: волновая нелинейная модель //Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: V Косыгинские чтения (М-лы конференции 24-27 января 2006г., Хабаровск). Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2006. - с. 48-52.

35. Коковкин А.А., Бормотов В.А., Меркулова Т.В. Радон в структуре Хабаровско-Хехцирской системы поднятий как индикатор сейсмогеодинамической активности. // Проблемы экологической безопасности жизнедеятельности и рационального природопользования Дальнего Востока и стран АТР. М-лы 2-й Международной конференции. Владивосток, 2006. – с.124-128.

Заказ №6. Тираж 100
РИС ВИМС, 2007 г.