

На правах рукописи

Корнаков

УДК 553.495, 553.411

КОРНАКОВ Вячеслав Валентинович

**УРАН-БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ЗОНАХ
РЕГИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУРНЫХ НЕСОГЛАСИЙ КАК
СЛЕДСТВИЕ САМООРГАНИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ
(НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БАЙКАЛО-ПАТОМСКОЙ
СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ, РЕГИОНА АТАБАСКА-ЗЕЛОН (КАНАДА) И
ПАЙН-КРИК (АВСТРАЛИЯ))**

Специальность: 25.00.11 Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых; минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

28 НОЯ 2013



005540494

ИРКУТСК – 2013

Работа выполнена в ФГУНПП «Иркутскгеофизика» (ВостСибНИИГГиМС)

Научный руководитель: **Филонок Виталий Андреевич**,
доктор геолого-минералогических наук, профессор, кафедра прикладной геологии, Иркутский государственный технический университет

Официальные оппоненты: **Лобацкая Раиса Моисеевна**,
доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. кафедрой геммологии, Иркутский государственный технический университет;

Летунов Сергей Павлович,
кандидат геолого-минералогических наук, доцент, кафедра полезных ископаемых, Иркутский государственный университет

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Сибирского отделения РАН (г. Улан-Удэ)

Защита состоится «19» декабря 2013 г в 15.30 часов на заседании Диссертационного совета Д 212.073.01 при Иркутском государственном техническом университете по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83, ауд. Е-301, тел./факс: 8 (3952) 405-112; e-mail: dis@istu.edu

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Иркутского государственного технического университета по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять ученому секретарю совета Мальцевой Галине Дмитриевне по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, e-mail: dis@istu.edu, тел.: 8 (3952) 405-348, 8914932049.

Автореферат разослан «18» ноября 2013 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
кандидат геол.-мин. наук



Г.Д. Мальцева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Уран и золото относятся к элементам с различными центробежно-центростремительными свойствами (золото – центростремительный фемический гетерофил, уран – центробежный сиалический оксифил, при этом в мире известно довольно много месторождений, часто уникальных по запасам, где они встречаются совместно: Витватерсранд, Джабилука и Олимпик-Дам, Мурунтау, Эльконская группа месторождений и другие.

Особый интерес представляют исследования закономерностей распределения урана и золота в древних докембрийских толщах, где нередко их месторождения, тяготея к зонам региональных структурных несогласий, при некоторой пространственной разобщенности, формируют комплексные золото-урановородные районы и провинции, относимые в настоящее время к полигенной в зонах несогласия формации [ВСЕГЕИ, 2009]. Характерной чертой регионов с месторождениями этого типа является комплексный состав руд и самих регионов с концентрацией не только урана, но и золота, меди, свинца, цинка, кобальта, никеля, тантала, мышьяка, олова, молибдена и ванадия.

Несмотря на достаточно широкую известность оруденения в зонах региональных структурных несогласий, многие его особенности остаются пока недостаточно изученными. Вначале с ним связывали только урановые месторождения, затем добавились месторождения золота и других полезных ископаемых. На вопрос почему напрашивается столь широкая металлогеническая специализация этих обстановок однозначного ответа нет.

Подобная особенность наталкивает на мысль, что месторождения в зонах региональных структурных несогласий являются следствием процессов самоорганизации рудогенных процессов, что влечет за собой необходимость пересмотра прогнозно-поисковых и разведочных технологий. В настоящее время в РФ в этом ключе уже успешно развиваются новые направления [Филонюк, 1990, 2001, 2004; Горяинов и др., 2001, 2004 и др.], поэтому изучение данных вопросов является актуальным.

В России выделяется ряд регионов перспективных на обнаружение месторождений этого типа и среди них Нечерский выступ на сочленении Сибирской платформы и Байкальской складчатой области.

В данной работе исследована взаимосвязь объектов в его пределах наиболее значимых рудных элементов – золота и урана, а так же проведено сопоставление полученных результатов с особенностями их локализации в пределах регионов-эталонов месторождений урана полигенной в зонах несогласия формации Австралии и Канады. Показаны свойства месторождений, позволяющие рассматривать их как следствие самоорганизации геологической среды с применением известных новых прогнозно-поисковых технологий.

Цель работы. Выявление закономерностей локализации уран-благороднометалльного оруденения, его взаимосвязи в пространстве и времени и наиболее вероятного режима формирования в региональных зонах структурных несогласий.

Идея работы. Зоны региональных структурных несогласий – это области неустойчивого состояния геологической среды, развитие которых в периоды

активизации происходит в синергетическом режиме с формированием месторождений урана, золота и других рудных элементов.

Задачи исследований:

1. Обзор металлогенической специализации регионов-эталонов месторождений урана полигенной в зонах несогласия формации в регионах-эталонах Атабаска-Зелон (Канада) и Пайн-Крик (Сев. Австралия).

2. Изучение и обобщение информации о геологическом строении, структурно-вещественных особенностях и закономерностях локализации золотых и урановых объектов в зонах региональных структурных несогласий северного обрамления Нечерского выступа и обоснование принадлежности этих объектов к формационному типу несогласия.

3. Выявление закономерностей структурной организации золото-уранового оруденения в зонах региональных структурных несогласий северного обрамления Нечерского выступа и регионов-эталонов с использованием синергетического подхода и геоинформационных методик к пространственному обобщению фактического материала.

4. Сопоставительный анализ количественных и качественных характеристик выявленных закономерностей структурной организации уран-благороднометалльного оруденения на территории северного обрамления Нечерского выступа и в регионах-эталонах месторождений урана полигенной в зонах несогласия формации (Австралия и Канада).

5. Построение наиболее вероятной ретроспективной модели зон региональных структурных несогласий, как участков неустойчивого состояния геологической среды, благоприятных для формирования золотого, уранового и полиметаллического оруденения.

Фактический материал и личный вклад автора. В основу диссертации положены результаты личных исследований автора в качестве ведущего геолога и ответственного исполнителя геолого-съёмочных и поисковых работ на золото и уран в период с 1989 по 2011 год в пределах Байкало-Патомского нагорья и Восточного Саяна, материалы ГДП-200, ГДП-50 и поисковых работ (суммарная площадь разномасштабных геолого-съёмочных и поисковых работ с участием автора составляет более 20 000 км²), зарубежная картографическая и текстовая информация по регионам-эталонам месторождений «типа несогласия» (Австралия и Канада).

В период обучения в аспирантуре автор самостоятельно провёл анализ и обобщение всей полевой и фондовой геологической информации, полученной лично им в период производственной деятельности как непосредственный исполнитель, руководитель работ и основной автор геологических отчётов.

Результаты проведённого научного анализа и обобщения всех материалов и составили основу диссертации.

Методы исследований. В процессе проведения исследований поставленные задачи решались на основе применения обычных графо-аналитических методов обработки геологической информации и методов математической статистики, а также специально разработанного автором метода пространственно-статистической обработки разномасштабного картографического материала для

получения моделей структурной организации монопризнаковых подсистем золота и урана на исследуемых объектах с последующим их анализом методами фрактальной геометрии.

Защищаемые положения:

1. Золотое и урановое оруденение северного обрамления Нечерского выступа Байкало-Патомской складчатой области представляет собой «патомский» подтип полигенной в зонах несогласия формации, установленной на объектах-эталопах региона Атабаска-Зелон (Канада) и Пайн-Крик (Австралия) и имеет сходные с этими объектами геологические и геодинамические условия формирования.

2. Монопризнаковые подсистемы золота и урана полигенной в зонах несогласия формации, приуроченные к зонам структурно-стратиграфических несогласий в регионах Нечерского выступа Байкало-Патомской складчатой области и объектах-эталопах региона Атабаска-Зелон (Канада) и Пайн-Крик (Австралия) являются фрактальными кластерами с явно выраженными свойствами иерархичности, самоподобия и синергизма. Они имеют близкие фрактальные размерности и обладают близкими по размерам геометрическими параметрами их структурных каркасов, что может быть следствием синхронного режима их формирования.

3. Зоны региональных структурных несогласий, как пограничные области между разнородными по физическим свойствам и структурно-вещественному состоянию, представляют собой благоприятные участки земной коры, где процессы вещественных преобразований идут в режиме самоорганизации в неустойчивых геодинамических обстановках. Это обуславливает возможность формирования в синхронном режиме широкого круга моно- и полиметалльных объектов, в том числе урана и золота.

Научная новизна. В работе получены следующие новые научные результаты:

1. Установлено, что уран-благороднометалльное оруденение Нечерского выступа Байкало-Патомской складчатой области представляет «патомский» подтип полигенной в зонах несогласия формации.

2. Впервые установлено, что монопризнаковые подсистемы золота и урана в зонах несогласия являются синергетически взаимосвязанными фрактальными кластерами, сформированными в синхронном режиме самоорганизации.

3. Зоны региональных структурных несогласий представляют собой энергетически неустойчивые участки геологической среды, где процессы структурно-вещественных преобразований идут в синхронном режиме самоорганизации.

4. Формирование широкого круга моно- и полиметалльных объектов в том числе месторождений и проявлений урана и золота в зонах региональных структурных несогласий, являются отображением процессов синергизма в саморазвивающихся системах неустойчивой геологической среды.

Практическая значимость:

1. Выявленные свойства структурной организации комплексного уран-благороднометалльного оруденения являются основанием для использования при проведении прогнозно-поисковых работ в этих регионах новых, специаль-

но разработанных для подобных условий, принципов и технологий (принцип структурной гомологии при разномасштабном прогнозировании оруденения, равномерно-узловые основы поисково-разведочных сетей и др.) [Филонюк и др., 1990, 2001, 2004; Горяинов и др., 2001, 2004].

2. Фрактальные свойства структурной организации монопризнаковых подсистем геологической среды могут быть использованы в качестве основы для разработки способов корректного перевода прерывистых объектов в условно непрерывные, что позволит повысить эффективность прогнозной оценки перспективных территорий и освоения месторождений с прерывистым распределением оруденения в пространстве.

3. Известные зоны структурно-стратиграфических несогласий с золотоурановым оруденением являются потенциально перспективными объектами для постановки прогнозно-поисковых работ с целью обнаружения месторождений с широким спектром металлических полезных ископаемых.

Публикации и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 8 работ, в том числе 4 – в изданиях, входящих в Перечень ВАК.

Результаты исследований были представлены в виде устного доклада с последующей публикацией на научной конференции «Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд». Иркутск, 2005.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести разделов и заключения, содержит 39 рисунков, 10 таблиц. Список литературы включает 113 наименований. Объем текста составляет 193 стр.

В первом разделе проведен обзор металлогенической специализации регионов-эталонов месторождений урана полигенной в зонах несогласия формации в регионах-эталонах Атабаска-Зелон (Канада) и Пайн-Крик (Сев. Австралия) и поставлены задачи исследований.

Во втором разделе приведена концептуальная и методологическая основа исследований.

В третьем разделе приведено геологическое строение и условия локализации золотых и урановых объектов в зоне регионального структурного несогласия северного обрамления Нечерского выступа.

В четвертом разделе проведено исследование закономерностей структурной организации распределения золота и урана в районах развития региональных зон несогласий.

В пятом разделе сформирован обобщенный образ объекта полигенной в зонах несогласия формации как результата синергетического режима развития геологической среды.

В шестом разделе приводится научная и практическая значимость выполненных исследований.

Благодарности. Автор особо признателен своему научному руководителю д. г.-м. н., профессору В.А. Филонюку, д. г.-м. н. Г.Л. Митрофанову за ценные советы и помощь в работе над диссертацией, а так же сотруднику ВостСибНИИГГиМС А.А. Матвейчуку в помощи по статистической обработке материалов.

Концептуальная и методологическая основа исследований. Методологическая основа проведенных исследований не выходит за рамки системного (в общепринятом понимании) подхода к решению геологических вопросов. Она базируется на концепции самоорганизации (самодвижения) энергии и вещества в неустойчивой (неравновесной) геологической среде и предусматривает изучение геологических объектов на основе применения соответствующих методов. Они предусматривают построение разномасштабных ретроспективных реконструкций этих объектов на основе изучения их как квазистатических и динамических систем. Результаты исследований представляются в виде вероятностных моделей, основанных на логически-обоснованном взаимоувязывании фактических дискретных наблюдений с применением принципов элементаризации, соразмерности, минимизации и аналогии [Косыгин, 1983; Филонюк, 1983, 1990, 1994, 2001; Летников, 1993; Горяинов, Иванюк, 2001 и др.; Корнаков, 2010; Филонюк, Корнаков, 2011 и др.].

Изучение рудных образований, гидротермально-метасоматических и метаморфических преобразований проводилось с учетом традиционных представлений, разработанных В.И. Смирновым, С.С. Смирновым, В.М. Крейтером, Ф.И. Вольфсоном, Л.Н. Овчинниковым, С.П. Кориковским, Б.В. Петровым, Е.В. Плющевым и другими.

В процессе работы обозначился ряд вопросов, трудно доказуемых с позиций традиционных геологических представлений. Для объяснения и корректной увязки имеющегося фактического материала, предпринята попытка представления квазистатического геологического пространства, как синергетической системы фрактальных монопризнаковых подсистем геологической среды на основе геонинформационного анализа. Полученные результаты позволили увязать в единую ретроспективную модель имеющийся фактический материал и обосновать догадки (идеи) положенные в основу исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Защищаемое положение 1. Золотое и урановое оруденение северного обрамления Нечерского выступа Байкало-Патомской складчатой области представляет собой «патомский» подтип полигенной в зонах несогласия формации, установленной на объектах-эталонах региона Атабаска-Зелон (Канада) и Пайн-Крик (Австралия) и имеет сходные с этими объектами геологические и геодинамические условия формирования.

В кратком обзоре металлогенической специализации обобщены известные геологические закономерности локализации оруденения в регионах-эталонах месторождений урана «типа несогласия». В диссертации проанализировано два таких региона, это Атабаска-Зелон (Канада) и Пайн-Крик (Австралия). По ним составлена обобщенная геологическая характеристика района локализации оруденения данного типа.

Для обоих регионов-эталонов отмечается сложное многоэтажное строение, в котором можно выделить следующие элементы:

1. архей-раннепротерозойский сложнодислоцированный и метаморфизованный фундамент;

2. субплатформенные слабометаморфизованные серии рифея;

3. фанерозойский платформенный чехол.

Месторождения «типа несогласия» локализируются в широком спектре геологических формаций (терригенная карбонатно-кремнистая черносланцевая, метаморфизованная терригенная карбонатно-кремнистая черносланцевая, терригенная, терригенная кварцевая, карбонатная, вулканогенно (базальт-риолитовая)-кремнисто-терригенная, гнейсовая), но всегда пространственно тяготеют к зонам региональных структурных несогласий и, прежде всего, между архей-раннепротерозойским сложно дислоцированным и гранитизированным фундаментом и рифейскими слабо дислоцированными толщами.

Фанерозойские этапы тектоно-магматической активизации сыграли важную роль в формировании месторождений «типа несогласия».

В регионах-эталопах золото и уран проявлены совместно и формируют *комплексные* рудные районы, узлы и месторождения. Оруденение не ограничивается лишь золотом и ураном, а имеет очень широкий спектр тесно ассоциирующих между собой объектов: урановых, уран-(± никель)-медных и медь-(± никель)-урановых, уран-никель-кобальтовых и кобальт-никель-урановых, уран-благороднометалльных и благороднометалльно-урановых, медь-уран-золотых ± минералы платиновой группы и уран-медных, золотых, золото-мышьяк-медно-цинковых, золото-железо-медных, золото-кобальт-никелевых, медь-никель-кобальтовых, свинцово-цинково-серебрянных, редкоземельных и редкоземельно-урановых.

В пределах Патомского нагорья, геолого-структурная позиция которого признана благоприятной для локализации месторождений урана «типа несогласия» [Дитмар Г.В., Макарьев Л.Б., Коробейников Н.К.] уже известны урановые объекты, относимые к «патомскому» подтипу месторождений полигенной в зонах несогласия формации [Макарьев Л.Б., 1990]. Отнесение золотого оруденения северного обрамления Нечерского выступа Байкало-Патомской складчатой области к данной формации, хотя и не имеет строгих доказательств на данный момент (они получены в результате наших исследований, см. обсуждение защищаемого положения 2), признается уже многими исследователями. Так, в черносланцевых толщах, в пределах изученной площади предполагается наличие полигенного типа «несогласия» золото-платинометалльного оруденения [Митрофанов Г.Л., 2005]. На изданной (2007) ГК листа О-50, оруденение Балаганах-Бульбухтинского рудного узла, (с проявлением Ходокан VI) так же определено как *резезитовое вблизи зон несогласия*.

По результатам наших исследований основные геологические предпосылки и закономерности оруденения «патомского» подтипа близки регионам-эталонам и заключаются в следующем:

1. периферические части выступов архей-раннепротерозойского фундамента с тектонизированной зоной структурного несогласия в основании рифейских отложений;

2. интенсивная структурно-вещественная послерифейская перестройка с наложением фанерозойского метаморфизма (зеленосланцевой фации) как на породы фундамента, так и на породы чехла;

3. метасоматические изменения фельдшпатолит-грейзеновой формации;
 4. настуран-ураннит-браннеритовое и практически мономинеральное золотое оруденение с широким спектром попутных рудных элементов (Pb, Zn, Cu, As, Sb, Ag, Mo, Bi, W, Y и др.).

Детали показаны на приведённых ниже примерах.

Проявление Ходокан VI (рис. 1), локализуется в базальных горизонтах осадочного чехла (пурпольская свита) в зоне предрифейского регионального

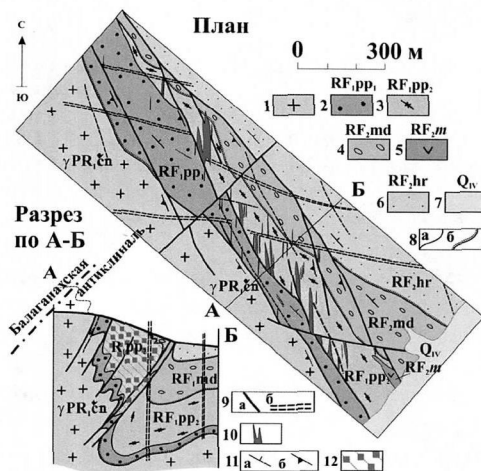


Рисунок 1 – Схематический геологический план и разрез проявления Ходокан VI

1 – чуйско-нечерский комплекс (PR₁) гранитовый; 2 – пурпольская свита, нижняя подсвита (RF₁): кварциты; 3 – пурпольская свита, средняя подсвита (RF₁): высокоглиноземистые породы и кварциты в переслаивании; 4 – медвежевская свита (RF₂): метаалевросланцы и кварцитосланцы хлоритовые; 5 – субвулканические образования медвежевского комплекса (RF₂): ортосланцы, метадолериты; 6 – хорлукташская свита (RF₂): метаконгломераты, метапесчаники полимиктовые и аркозовые;

7 – четвертичная система, современное звено (Q_{IV}): аллювиальные отложения; 8 – геологические границы (а – согласные, б – несогласные); 9 – разрывные нарушения (а – достоярные, б – предполагаемые); 10 – золоторудные тела; 11 – элементы залегания (а – слоистости; б – расщепления); 12 – оруденелый блок (на разрезе)

структурного несогласия. Характеризуется березитоидными метасоматическими преобразованиями вмещающих пород. Золотоносные березитоиды имеют следующие характерные особенности:

1. Формирование преимущественно по хлоритоидным породам с образованием метасоматитов следующего состава: ванадиевый и ванадиево-бариевый мусковит-серицит (20–90 %), железистый хлорит (5–10 %) и кварц (5–10 %). В метасоматитах постоянно присутствует реликтовый хлоритоид (5–50 %) и дистен (0–5 %), а так же акцессорная примесь рутила, ильменита, турмалин-дравита, монацита, циркона, бадделеита, гематита, пирита.

2. Присутствие, наряду с «березитовым» пиритом, в акцессорных количествах сульфидов Pb, Zn, Cu реже Bi, As, Sb и Ag; сульфовисмутидов и сульфосарсенидов Ag; теллуридов Au и Ag.

3. Преобладание мелкого, тонкого и пылевидного золота до 75 % от общего его веса в рудах.

Проявления урана Чепок и Кольцевое (рис. 2) локализируются в раннепротерозойских мигматитах фундамента так же в зоне предрифейского регионального структурного несогласия.

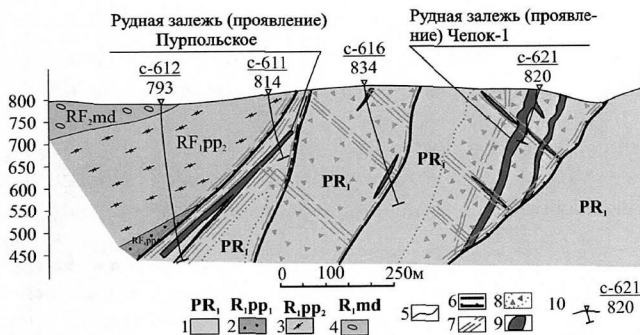


Рисунок 2 – Геологический разрез проявления урана Чепок (залежь Чепок I и Пурпольское)

1 – кристаллический фундамент (PR_1): гранитоиды чуйско-нечерского комплекса, мигматиты и мигматизированные породы иллиакской свиты; 2–3 пурпольская свита (RF_1): 2 – нижняя подсвита, песчаники кварцитовидные; 3 – средняя

подсвита: переслаивание песчаников кварцитовидных и хлоритовидных пород; 4 – медвежьевская свита (RF_2): сланцы и металевросланцы кварц-серицит-хлоритовые с редкой гранитной галькой; 5 – геологические границы; 6 – разрывные нарушения; 7 – зоны расланцевания; 8 – зоны развития тектонических брекчий; 9 – рудные зоны; 10 – поисковые скважины.

Проявления сопровождаются щелочно-пропилитоидными преобразованиями вмещающих пород и настуран-уранинит-браннеритовым оруденением с отложением (в незначительных количествах) сульфидов полиметаллической группы и золота.

Ураноносные щелочные пропилитоиды характеризуются развитием апатита, биотита, реже поизита, хлорита, кальцита и доломита в кварц-серицитовой матрице тектонических брекчий. Как правило, в них распространены лентичулярно-сланцеватые текстуры, вплоть до образования линз и прослоев хлорит-кварц-apatит-биотит-флогопитового состава. Характернейшей чертой пропилитоидов являются скопления плотно срощенных зональных кристаллов и сплошные массы мелко- и микрокристаллического фторапатита (до 10–15 %) насыщенного дисперсными формами оксида урана. Часто зерна и агрегаты фторапатита трещиноваты, по трещинам в них развивается хлорит, диагностируемый как афросидерит. Биотит-флогопит (20–40 %) имеет железисто-магнезиальный состав.

В пределах Тонодского выступа объектом-эталоном «патомского» подтипа является месторождение урана Туюкан. Структурное положение, внутреннее строение (рис. 3), характер гидротермально-метасоматических преобразований и минеральный состав руд месторождения Туюкан практически идентичны с проявлениями Чепок и Кольцевое, что позволяет определить их как первые урановые объекты в пределах Нечерского выступа, полигенной в зонах несогласия формации «патомского» подтипа.

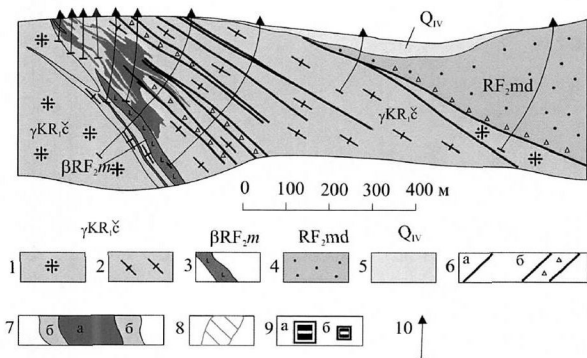


Рисунок 3 – Геологический разрез месторождения урана Туокан

1–2 чуйско-нечерский комплекс (PR₁) (1 – порфириобластические граниты биотитовые, 2 – гранито-гнейсы); 3 – медвежевский комплекс (RF₂), метаморфизованные долериты и диориты; 4 – медвежевская свита (RF₂): конгломераты, конгломераты, кварцито-сланцы хлоритовые; 5 – четвертичные отложения нерасчлененные; 6 – тектонические нарушения (а – разломы с зонами рассланцевания, б – зоны брекчирования); 7 – рудные тела (а – с балансовым урановым оруденением, б – с забалансовым урановым оруденением); 8 – буровые скважины.

Эти проявления имеют тесную взаимосвязь с проявлениями золота, эталонном которых является проявление Ходокан VI. Об этом свидетельствует: общность гидротермально-метасоматических преобразований укладывающихся в фельдшпатолит-грейзеновую формацию; массовая зараженность урановых руд золотом (до 1 г/т); аномалии урана в контурах золотых проявлений; сквозные элементы спутники золотого и уранового оруденения (*Mo, Pb, Bi, W, Y* и др.).

Защищаемое положение 2. Монопризнаковые подсистемы золота и урана полигенной в зонах несогласия формации, приуроченные к зонам структурно-стратиграфических несогласий в регионах Нечерского выступа Байкало-Патомской складчатой области и объектах-эталонах региона Атабаска-Зелон (Канада) и Пайн-Крик (Австралия) являются фрактальными кластерами с явно выраженными свойствами иерархичности, самоподобия и синергизма. Они имеют близкие фрактальные размерности и обладают близкими по размерам геометрическими параметрами их структурных каркасов, что может быть следствием синхронного режима их формирования.

В основу геоинформационных исследований был положен принцип элементаризации [Косыгин, 1983] при котором, в анализ вовлекаются монопризнаковые подсистемы (в нашем случае золота и урана) при полном абстрагировании от всех остальных свойств геологической среды. Распределение золота и урана изучалось на 3 разномасштабных уровнях с использованием материалов геологических исследований масштаба 1:10 000–1:1 000 000.

Фактический материал пошагово обрабатывался с применением геоинформационных методик (рис. 4) [Корнаков, 2010].

Для последовательного ограничения пространства по масштабным уровням

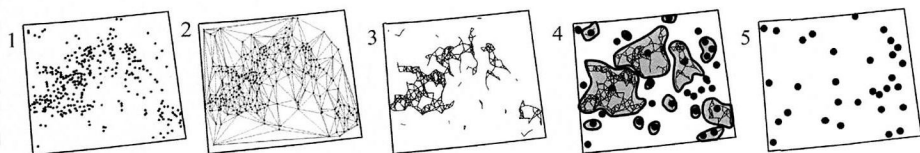


Рисунок 4 — Пошаговая обработка фактического материала

нами принято *распределение Пуассона*. Это обосновывается большим объемом исходных выборок (первые тысячи наблюдений), когда вступает в силу закон больших чисел, при котором совокупное действие многих случайных причин приводит к результату, почти не зависящему от случая. Согласно закону Пуассона, справедлив принцип: математическое ожидание или среднее равно дисперсии с 99 % вероятностью (правило $3S$): L_{cp} равно $3S$. Это условие принято в качестве критерия статистической устойчивости (значимости) среднего значения n -фрактального «уровня».

В результате изучения закономерностей структурной организации монопризнаковых подсистем золота и урана, было установлено следующее:

1. Пространственная локализация объектов, как золота, так и урана на всех изучавшихся масштабных уровнях имеет самоподобный дискретно-пятнистый характер (рис. 5, 6).

Характерно, что подобная пространственная локализация наблюдается и на уровне образца (рис. 7) и на уровне минерального зерна (рис. 8) и отражает, по-видимому, глобальную закономерность распределения золота и урана в квазистатистическом геологическом пространстве.

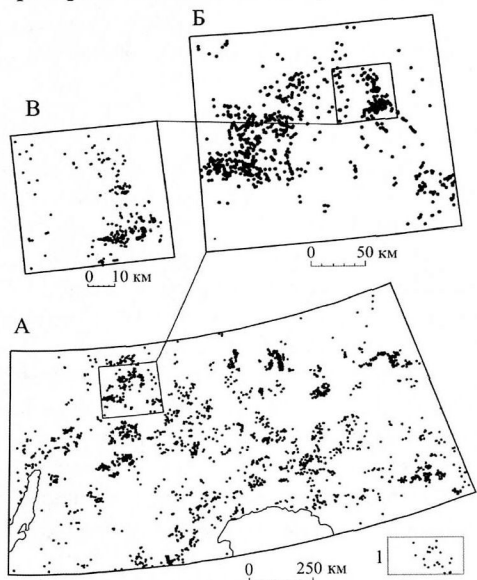


Рисунок 5 — Дискретно-пятнистый характер распределения золота

1 — месторождения, проявления и пункты минерализации золота по данным: А. ГДП-1 000 (Юго-Восточная Сибирь — Забайкалье); Б. ГДП-200 (Патомское нагорье); В. ГДП-50 и поисковых работ (Северное обрамление Нечерского выступа)

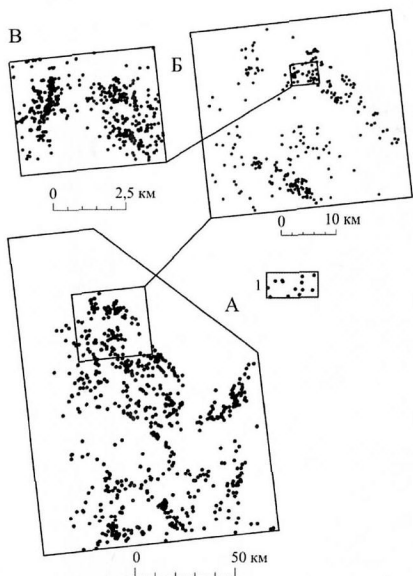
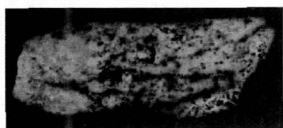


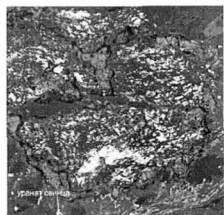
Рисунок 6 – Дискретно-пятнистый характер распределения урана

1 – проявления и аномалии урана по данным: А – азрогаммасьемки масштаба 1:200 000 (Нечерский выступ); Б – ГДП и прогнозно-поисковых работ масштаба 1:50 000 (Северное обрамление Нечерского выступа); В – поисковых работ масштаба 1:10 000–1 : 5 000 (Чепокское ураново-рудное поле)



10 см

уранат свинца



100 μm

Рисунок 7 – Характер распределения урана на уровне образца. Радиография (темное – радиоактивные минералы)

Катаклазированный биотитизированный гранит

Рисунок 8 – Характер распределения урана на уровне минерального зерна

(белое - скопления зерен урановых минералов)

2. В процессе геоинформационного анализа в кластерных структурах установлены закономерные ряды фрактальных уровней (рис. 9, 10), метрические характеристики которых отражают иерархическую упорядоченность в пространственной локализации золота и урана. Установлено 9 иерархически упорядоченных «уровней» золота и 6 «уровней» урана.

Объективность и корректность выделенных фрактальных уровней проверялась статистически: L_{cp} (среднее расстояние между объектами таксонами) по «уровню», как правило, близко к 3 стандартным отклонениям ($L_{cp} / 3S \approx 1,0$); относительная ошибка не превышает 10 % при вероятности 0,99.

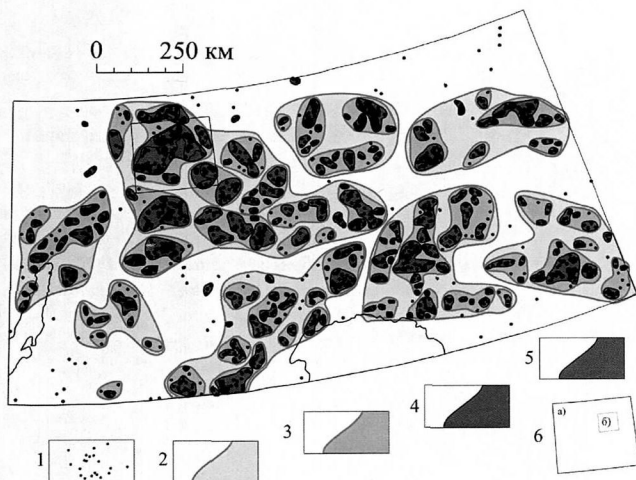


Рисунок 9 – Модель иерархически структурированной монопризнаковой подсистемы золота по данным ГДП-1 000 (Юго-Восточная Сибирь – Забайкалье)

1 – месторождения и проявления золота; 2 – контур ареалов золота 11 «уровня»; 3 – контур ареалов золота 10 «уровня»; 4 – контур ареалов золота 9 «уровня»; 5 – контур ареалов золота 8 «уровня»; 6 – контуры участков детализации: а – масштаба 1:1 000 000; б – масштаба 1:200 000

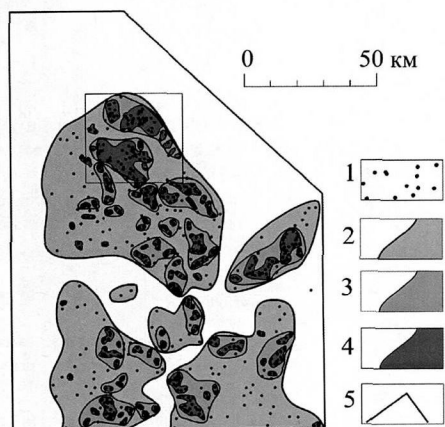


Рисунок 10 – Модель иерархически структурированной монопризнаковой подсистемы урана по данным аэрогаммасъемки масштаба 1:200 000 (Нечерский выступ)

1 – проявления и аномалии урана; 2 – контур ареалов урана 8 «уровня»; 3 – контур ареалов урана 7 «уровня»; 4 – контур ареалов урана 6 «уровня»; 5 – контур участка детализации масштаба 1:200 000

Фрактальность монопризнаковых подсистем золота и урана была проверена статистически с построением графиков фрактальных размерностей. Среднее значение фрактальной размерности подсистемы золота для региона Нечерского выступа составило 1,34, урана – 1,42.

Кроме того, проведенный анализ равенства средних значений размеров рёбер структурных каркасов соразмерных уровней в подсистемах золота и урана (табл. 1) по t критерию Стьюдента [Л. Закс, 1976] с принятой вероятностью 0,99 показал следующее: в трех из четырех случаев, сравниваемые средние оказались равны. Неравенство средних отмечается лишь для граничного (по золоту) 3-го уровня, относительная ошибка которого также довольно высока (9,72 %). Поскольку в граничный уровень (в нашем случае 3 уровень для золота) неизбежно вовлекаются длины отрезков меньших уровней, искажая статистические значения по нему, то выявленное неравенство вполне закономерно и является лишь обоснованием невозможности использования граничных уровней для каких либо

обобщений. Учитывая вышесказанное можно сказать, что средние длины отрезков (L_{cp}) не граничных (5, 6 и 8 уровни) уровней золота и урана соразмерны.

При изучении закономерностей структурной организации монопризнаковых подсистем золота и урана в регионах-эталонах месторождений урана полигенной в зонах несогласия формации (Канада и Сев.Австралия), установлено, что их пространственная локализация, также имеет самоподобный дискретно-пятнистый характер (рис. 11, 12).

Таблица 1 – Сопоставление L_{cp} разномасштабных фрактальных "уровней" монопризнаковых подсистем золота и урана (Патомское нагорье)

Иерархические "уровни"	3 уровень		5 уровень		6 уровень		8 уровень	
	уран	золото	уран	золото	уран	золото	уран	золото
Кол-во ребер (N)	440	103	46	208	318	531	461	1555
L среднее (m)	148	183	644	707	1334	1389	5094	4892
Стандартное отклонение (S)	49	61	189	235	391	439	1647	1628
Относительная ошибка (%)	4,67	9,72	12,81	6,82	4,87	4,06	4,46	5,42
Число степеней свободы	541		252		789		847	
t наблюдаемое	5,42		1,94		1,71		1,31	
t критическое ($P=0,01$)	2,58		2,58		2,58		2,58	
Вывод по t критерию	ср. не равны		ср. равны		ср. равны		ср. равны	

Как и в пределах Байкало-Патомского нагорья, соранговые поля подсистем золота и урана, так же образуют закономерно сочлененные между собой бифигуры, указывая на их синергетическую взаимосвязь (рис. 13).

Как и в пределах Байкало-Патомского нагорья, установлены закономерные ряды фрактальных уровней, которые свидетельствуют о едином характере строения монопризнаковых подсистем как золота, так и урана регионов-эталон. При этом, выделенные уровни (урана и золота) фиксируются как в пределах Байкало-Патомского нагорья, так и в пределах регионов-эталон Атабаска-Зелон и Пайн-Крик, а L_{cp} выделенных уровней весьма схожи (табл. 2), что наводит на мысль об их сквозной соразмерности (ранговой изометрии) в пределах рассмотренных регионов.

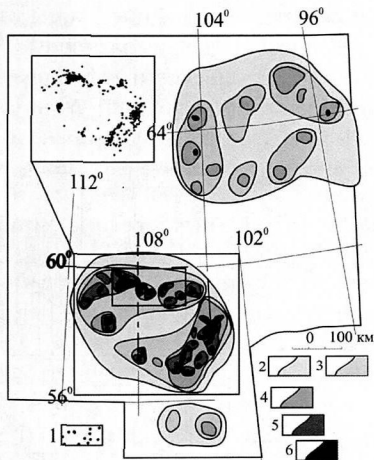


Рисунок 11 – Модель иерархически-структурированной монопризнаковой подсистемы урана региона Атабаска-Зелон
 1 – проявления и месторождения урана; 2 – контур ареалов урана 12 «уровня»; 3 – контур ареалов урана 11 «уровня»; 4 – контур ареалов урана 10 «уровня»; 5 – контур ареалов урана 9 «уровня»; 6 – контур ареалов урана 8 «уровня»

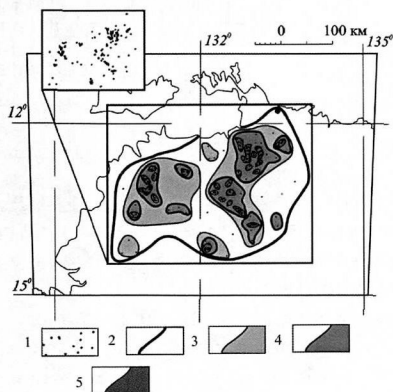


Рисунок 12 – Модель иерархически-структурированной монопризнаковой подсистемы урана региона Пайн-Крик
 1 – проявления и месторождения урана; 2 – контур ареалов урана 11 «уровня»; 3 – контур ареалов урана 10 «уровня»; 4 – контур ареалов урана 9 «уровня»; 5 – контур ареалов урана 8 «уровня»

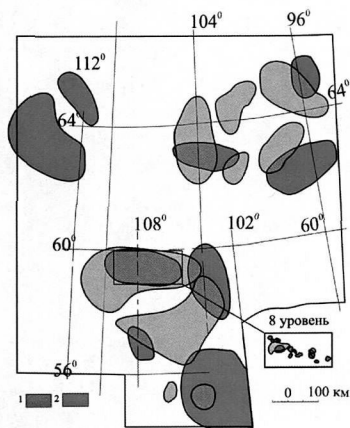


Рисунок 13 – Сопоставление одноуровневых (10 «уровень») подсистем золота и урана (регион Атабаска - Зелон)
 1 – ареалы урана; 2 – ареалы золота; А – участок детализации (8 «уровень»)

Таблица 2 – Сопоставление средних размеров ребер разномасштабных фрактальных "уровней" монопризнаковых подсистем золота и урана регионов: Байкало-Патом, Атабаска-Зелон и Пайн-Крик

1. Подсистема ЗОЛОТА (Байкало-Патом)

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Иерархические "уровни"
183		707	1389	2787	4892	10384	17852	47444	89463	

2. Подсистема УРАНА (Байкало-Патом)

1	2	3	4	5	6	7	8			Иерархические "уровни"
36		148	326	644	1334		5094			L среднее (м)

3. Подсистема ЗОЛОТА (Атабаска-Зелон)

Иерархические "уровни"				8	9	10	11	12	13	14
L среднее (м)				4703		17511		77830		325791

4. Подсистема УРАНА (Атабаска-Зелон)

Иерархические "уровни"				8	9	10
L среднее (м)				4663		19648

5. Подсистема УРАНА (Пайн-Крик)

Иерархические "уровни"				8	9	10
L среднее (м)				5590		19228

Для подтверждения (отрицания) этого, для всех возможных не граничных пар соразмерных уровней проведена оценка равенства средних тремя различными способами с последующим их вероятностным обобщением.

1 способ. Оценка равенства средних по t критерию Стьюдента;

2 способ. Оценка однородности средних (принадлежности к одной генеральной совокупности), что предполагает так же и их равенство;

3 способ. Проверка отношения двух средних по доверительному интервалу.

Для корректной интерпретации полученных результатов необходимо было учесть следующее:

1. Полученные L_{cp} лишь отражают иерархическую самопорядоченность подсистем золота и урана рассмотренных регионов. При изменении параметров исследований (масштабов, критериев выделения уровней) могут быть получены и другие метрические характеристики иерархических уровней, однако генеральная закономерность: структурирование монопризнаковых подсистем золота и урана (принцип удвоения Фейгенбаума) сохранится. Эта закономерность фиксируется не количественными значениями L_{cp} , а средними скейлинговыми коэффициентами отображающими скорость фрактального роста подсистем. В нашем случае для региона Байкало-Патом он составил 2,0 (и для золота и для урана), для региона Атабаска 2,1 (и для золота и для урана) и наконец, для региона Пайн-Крик 1,7 (для единственно анализировавшегося урана). Таким, образом, регион Пайн-Крик отличается от остальных регионов по этому параметру, в которых он в свою очередь практически одинаков.

2. Определенные статистические параметры в пределах сравниваемых регионов неравноценны:

а) Байкало-Патом – 3 масштабных уровня. Наибольшее количество наблюдений, наименьшая ошибка среднего, весьма обширный фактографический материал на основе геологических съемок и поисков различного масштаба и аэрогам-масьемки;

б) Атабаска-Зелон – 2 масштабных уровня. Меньшее количество наблюдений, большая ошибка среднего, однако обширный фактографический материал в особенности для урана на основе обобщенных карт по результатам поисковых работ.

в) Пайн-Крик – один крупномасштабный уровень. Наименьшее количество наблюдений, наибольшая ошибка среднего, фактографический материал достаточен лишь для качественного изучения подсистем.

Учитывая вышесказанное, интерпретация полученных результатов по оценке равенства (неравенства) средних, представляются следующими:

Установлено (табл.3), что L_{cp} сопоставимы в 12 из анализировавшихся 19 сравнениях (63 %). При этом, обращает на себя внимание практически отсутствие соразмерности сравниваемых пар 8 уровня (4 из 4), когда в сравнении участвует регион Пайн-Крик. Как указывалось выше и значение скейлингового коэффициента подсистемы урана региона Пайн-Крик так же отличается от остальных регионов. Представляется, что в связи с недостаточным количеством фактографического материала, 8 уровень подсистемы урана по региону Пайн-Крик определен не вполне корректно. Исключая 8 уровень подсистемы урана региона Пайн-Крик из оценки, получаем сопоставимыми 12 из анализировавшихся 15-ти сравнений (80 %).

Таким образом, проведенный анализ сравнения L_{cp} , в 63 % случаев (а при корректной оценке и в 80 %) статистически обосновывает предположение о взаимосвязи золота и урана в пределах всех анализировавшихся территорий, что подтверждается и вышеприведенными закономерностями структурной организации монопризнаковых подсистем золота и урана этих регионов тяготеющим к зонам региональных структурных несогласий.

При этом, установлено, что соранговые поля золота и урана (рис. 14) хотя и

Таблица 3 – Проверка соразмерности L_{cp} одноуровневых подсистем урана и золота регионов Атабаска, Пайн-Крик и Патом

8 уровень

	Ау Патом	U Патом	Ау Патом	Ау Атабаска	Ау Патом	U Атабаска	U Патом	U Пайн Крик
L среднее (м)	4892	5094	4892	4703	4887	4663	5094	5590
Вывод	Равны?		Равны		Равны?		Не равны?	

8 уровень

	U Патом	Ау Атабаска	U Патом	U Атабаска	Ау Атабаска	U Атабаска	Ау Атабаска	U Пайн-Крик
L среднее (м)	5094	4703	5094	4663	4703	4663	4703	5590
Вывод	Равны		Не равны		Равны		Не равны	

8 уровень				6 уровень		12 уровень		
	Au Патом	U Пайн-Крик	U Атабаска	U Пайн-Крик	Au Патом	U Патом	Au Патом	Au Атабаска
L среднее (м)	4892	5590	4663	5590	1389	1334	89463	77830
Вывод	Не равны		Не равны		Равны?		Равны	

10 уровень				5 уровень				
	Au Атабаска	Au Патом	U Атабаска	Au Патом	Au Атабаска	U Атабаска	Au Патом	U Патом
L среднее (м)	17511	17852	19648	17852	17511	19648	707	644
Вывод	Равны		Не равны?		Равны		Равны	

10 уровень						
	U Пайн-Крик	Au Патом	U Атабаска	U Пайн-Крик	Au Атабаска	U Пайн-Крик
L среднее (м)	19228	17852	19648	19228	17511	19228
Вывод	Не равны?		Равны?		Равны	

Примечание: (равны – три из трех сравнений подтверждают равенство; равны? – два из трех сравнений подтверждают равенство; не равны? – два из трех сравнений не подтверждают равенство, не равны – три из трех сравнений не подтверждают равенство).

разделяются в пространстве, но постоянно образуют при этом сочлененные между собой бифигуры. Это является показателем их очевидной синергетической взаимосвязи: монопризнаковые подсистемы золота и урана занимают каждый свою нишу в квазистатистическом геологическом пространстве. Синергетическая взаимосвязь подсистем золота и урана подтверждается и одинаковыми значениями средних скейлинговых коэффициентов отображающих скорость фрактально-го роста, расширения подсистем: для золота и урана он составляет 2,0.

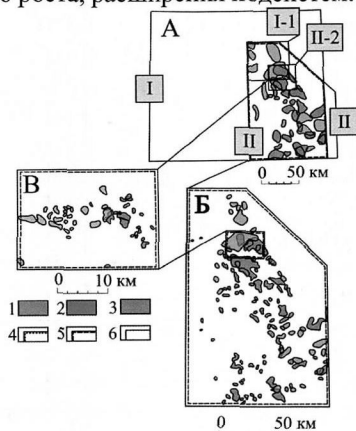


Рисунок 14 – Сопоставление локализации золота и урана на различных “уровнях” структурированного пространства “уран-золото”

A – 7 «уровень»; B – 6 «уровень»; V – 4 «уровень»; 1 – ареалы урана; 2 – ареалы золота; 3 – наложение ареалов золота и урана; 4 – совмещенный контур изучения урана и золота по материалам ГДП-50; 5 – совмещенный контур изучения урана и золота масштаба 1:200 000; 6 – контуры изучения урана и золота: (I – золота по материалам ГДП-200, I-1 – золота по материалам ГДП-50, II – урана по материалам аэрогаммасъемки масштаба 1:200 000, II-1 – урана по материалам прогнозно-поисковых работ масштаба 1:50 000

Все это свидетельствует о взаимосвязи урана и золота, как фрактальных монопризнаковых подсистем.

Установленный факт тесной взаимосвязи золотого и уранового оруденения, как фрактальных монопризнаковых подсистем геологической среды подтверждает положение о том, что золотое оруденение в березитоидах появления Ходокан VI следует отнести (как и урановое оруденение проявления Чепок и Кольцевое) к типу «несогласия», со своими специфическими особенностями.

Защищаемое положение 3. Зоны региональных структурных несогласий, как пограничные области между разнородными по физическим свойствам и структурно-вещественному состоянию, представляют собой благоприятные участки земной коры, где процессы вещественных преобразований идут в режиме самоорганизации в неустойчивых геодинамических обстановках. Это обуславливает возможность формирования в синхронном режиме широкого круга моно- и полиметалльных объектов, в том числе урана и золота.

Согласно положениям принятой концепции для типичного образа геологической обстановки типа регионального несогласия, должно быть, по крайней мере четыре наиболее характерных признака:

1. Особенности строения геологической среды в окрестностях зон несогласия, предопределяющие её неустойчивое состояние в периоды тектономагматической активизации;

2. Фрактальность структурной организации, как правило, латентных монопризнаковых подсистем геологической среды, представляющих её металлогеническую и минерагеническую специализацию, геофизические поля и т.п.;

3. Синергизм как особый тип структурной кооперации в пространственном взаиморасположении монопризнаковых подсистем;

4. Структурированное время.

Особенности строения геологической среды. Геологические обстановки в зонах несогласий, как правило, характеризуются повышенной контрастностью не только литотипов горных пород, но и их физико-механических свойств, геомеханического состояния отдельных блоков. В приповерхностных частях таких зон отмечаются коры выветривания, сопровождающиеся развитием карстовых процессов, которые контрастируют с окружающими породами по плотности. В таких низкоплотных породах, как правило, локализуются аномальные скопления рудных элементов (*Au, Pt, U, Pb, Cu* и др). Сами зоны несогласий не ограничиваются локальной областью, а представляют собой образования с размерами по мощности в сотни и более метров.

С точки зрения синергетической концепции, зоны несогласий, благодаря высокой степени неоднородности, являются открытыми и почти всегда находящимися в неустойчивом состоянии. Поэтому они очень чувствительны к активизационным процессам в земной коре. Они являются одновременно и генераторами свободной энергии, появляющейся за счёт саморазрушения структурированного вещества в период критической неустойчивости, и её «поглотителями» за счёт формирования диссипативных структур с новым вещественным наполнением в форме фрактальных кластеров.

Фрактальность структурной организации монопризнаковых подсистем геологической среды. Как было показано выше, монопризнаковые подсистемы зо-

лота и урана регионов-эталонов месторождений урана «типа несогласия» (регион Атабаска-Зелон и Пайн-Крик), как и Нечерского выступа, имеют иерархически-самоподобный дискретно-пятнистый характер и являются *фрактальными кластерами*. Это, во-первых, является маркирующими признаками их синергетической природы, а во-вторых, свидетельствует о том, что монопризнаковые подсистемы золота и урана являются *диссипативными структурами* сформированными в неустойчивой геологической среде. Это подтверждается наличием характерных для них фундаментальных свойств (дискретность и упорядоченность, самоподобие, синергизм и нелинейность) [Филонюк, 1983 и др.].

Собственно и многие другие структурно-вещественные превращения в геологической среде (метасоматоз, метаморфизм, магматизм, складкообразование и тектоногенез) – это результат диссипации свободной энергии, выделяющейся при входе геологической среды в энергетически неустойчивое состояние, с которым связан процесс перехода потенциальной энергии из одной (неустойчивой в данных условиях) структурной формы вещества в другую (более устойчивую) в зависимости от изменения конкретных условий.

Условия, в которых проявляются процессы структурно-вещественных превращений, определяются двумя тесно связанными явлениями гравитационного сжатия (уплотнение) и гравитационного расширения (разуплотнение) вещественной среды [Филонюк, 1991 и др.]. Эти явления постоянно сопровождают друг друга и энергетически тесно связаны. Гравитационное сжатие определяет принцип «упаковки» свободной энергии в потенциальную форму конкретной структуры (конкретного вещества), гравитационное расширение определяет пространственные параметры структурной организации поля концентрации этого вещества или его фрактальные свойства (фрактальный рост или расширение структуры подсистемы). Следы этих процессов открыты в диссипативных (фрактальных) структурах монопризнаковых подсистем геологической среды. Эти два процесса выражают форму движения энергии или материи геологической среды, а фрактальность является фундаментальным критерием устойчивости среды.

Синергизм как особый тип структурной кооперации в пространственном взаиморасположении монопризнаковых подсистем выражается в том, что узлы структурных матриц контролирующих фрактальные каркасы кооперирующихся в пространстве монопризнаковых подсистем всегда локализуются в градиентных зонах друг у друга, создавая своеобразные бифигуры (см. рис. 13, 14). Свойство синергизма наблюдается повсюду, в том числе оно ярко проявлено в пространственном размещении аномалий геофизических полей и рудных проявлений и месторождений золота и урана изученных районов в зонах несогласий.

Градиентные зоны в геофизических полях – это наиболее энергетически неустойчивые участки геологической среды, благоприятные для локализации месторождений «типа несогласия». Получается, что благоприятной обстановкой для локализации рудного вещества является не эпицентр аномалии того или иного свойства, а область перехода от минимума к максимуму, т.е. важным является не само свойство или его количественная оценка, а то, как изменялась эта оценка. Поэтому градиентная зона – это зона максимальной неустойчивости и чем

выше скорость изменения (чем больше градиент), тем более неустойчивой будет эта область.

Закономерно структурированные подсистемы геологической среды как следствие их саморазвития формируются также в структурированном режиме времени. В изученных подсистемах урана и золота неоднородности каждого масштабного уровня имеют собственные пространственно – временные координаты (свое пространство, свой темп хода времени). Причем, чем больше (т.е. более региональное) пространство, тем замедленнее темп хода времени. Это значит, что датировки геологических процессов в абсолютном времени для подсистем с фрактальной структурой могут оказаться некорректными. Возможно, этим можно объяснить слишком большой разброс в определении абсолютного возраста геологических образований в одних и тех же местах отбора проб.

Рассматривая рудный процесс как компенсационный при стремлении геологической среды к равновесному энергетическому состоянию (Филонюк, 2001 и др.), геологически неоднородные, а соответственно и неравновесные зоны региональных структурных несогласий, неизбежно будут являться наиболее благоприятными обстановками для рудообразования. Этим объясняется комплексность металлогенической специализации регионов приуроченных к ним. В них оруденение не ограничивается лишь золотом и ураном, а имеет очень широкий спектр тесно ассоциирующих между собой и тяготеющих к зоне регионального структурного несогласия объектов *U, Au, MPG, Ag, Cu, Pb, As, Ni, Co, V, TR* и др.

При этом месторождения локализуются в широком спектре геологических формаций, характеризуются широким разнообразием структурно-морфологических типов, но всегда пространственно тяготеют к зоне регионального несогласия, как к наиболее энергетически неустойчивому участку геологической среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение геологического строения, структурно-вещественных особенностей и условий локализации золотых и урановых объектов в зонах региональных структурных несогласий северного обрамления Нечерского выступа позволило отнести локализующиеся здесь урановые и золотые объекты к типу «несогласия» со своими специфическими особенностями.

Изучение монопризнаковых подсистем золота и урана с применением синергетического подхода, показало их внутреннее самоподобное многоуровневое и иерархически дискретно-упорядоченное строение, с закономерной пространственной взаимосвязью между собой.

Исследование геологического строения и металлогенических особенностей регионов-эталонов месторождений урана полигенной в зонах несогласия формации (Канада и Австралия) и северного обрамления Нечерского выступа, позволил сформировать обобщённый образ рудообразования в зонах региональных структурных несогласий на основе синергетической концепции развития геологической среды. Такие структурные обстановки, благодаря ярко проявленному свойству синергизма, рассматриваются как благоприятные для локализации месторождений не только урана и золота, но и MPG, Ag, Cu, Pb, As, Ni, Co, V, TR,

с широким разнообразием структурно-морфологических типов этих месторождений.

Список основных публикаций по теме диссертации

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Макарьев Л.Б., Розина Е.Л., Скотников В.Н., Корнаков В.В., Москалева Г.П. Околорудные хлоритовые метасоматиты в докембрийских породах Нечерского поднятия (Патомское нагорье) // Доклады академии наук РФ. – М.: Наука, 1994. т. 335, № 4. – С. 476–480.

2. Корнаков В.В. Золотоносные березитонды месторождения Ходокан VI // Вестник ИрГТУ. – Иркутск: Из-во ИрГТУ, 2006. Вып 1 (25). – С.107-117.

3. Корнаков В.В. Особенности и последовательность формирования гидротермально-метасоматических и рудных образований месторождения урана Чепок (типа «несогласия») // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – Иркутск: Из-во ИрГТУ, 2006. Вып. 3 (29). – С. 22-28.

4. Корнаков В.В. Исследование закономерностей структурной организации золотого и уранового оруденения // Известия Сибирского отделения секции наук о земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – Иркутск: Из-во ИрГТУ, 2010. Вып 2 (37). – С.193-203.

5. Филонюк В.А., Корнаков В.В. Фрактальные кластеры в геологических системах и гипотеза о процессах многоуровневого структурообразования в геологической среде. // Известия Сибирского отд. секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – Иркутск: Из-во ИрГТУ, 2011. Вып. № 2 (39). – С. 232-248.

Другие публикации

6. Пушкаренко А.И., Корнаков В.В., Вылков С.П., Царук И.И. Геологическое строение и рудоносность Бульбухтинской площади/ Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М., ВИМС, 2004. Вып 144. – С. 130-145.

7. Корнаков В.В. Золотое и урановое оруденение в зонах структурно-стратиграфических несогласий (ССН) Нечерского выступа (Байкало-Патомская складчатая область)/ Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М., ВИМС, 2005. Вып. 146. – С.120-135.

8. Корнаков В.В. Эволюция рудообразующих систем с формированием золотого и уранового оруденения «патомского» подтипа в зонах структурно-стратиграфических несогласий (Нечерский выступ, Байкало-Патомская складчатая область)/ Материалы научной конференции «Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд». – Иркутск, Институт земной коры СО РАН, 2005. т.1 – С. 248.

05

Подписано в печать 18.11.2013. Формат 60 x 90 / 16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 1,75.
Тираж 100 экз. Зак. 177. Поз. плана 10н.

Лицензия ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83