

на правах рукописи

УДК 551.24.03+551.76+551.77 (571.56)

Журавлёв Алексей Николаевич

**Тектоническое развитие Верхнеселенных - Уяндинского
района Колымской петли в мезозое и кайнозое**

Специальность 25.00.01 – Общая и региональная геология

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2010 г.

Диссертационная работа выполнена на кафедре Общей геологии и геологического картирования Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (РГГРУ)

Научный руководитель:

Доктор геолого-минералогических наук, профессор Н.И. Корчуганова

Официальные оппоненты:

Доктор геолого-минералогических наук В.М. Цейслер (РГГРУ)

Доктор геолого-минералогических наук Л.А. Сим (ИФЗ РАН)

Ведущая организация:

ГИН РАН

Защита диссертации состоится «18» ноября 2010 г. на заседании диссертационного совета Д. 212.121.03 при Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, ауд. 5-81, в 15 ч. 00 мин.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного геологоразведочного университета им. С. Орджоникидзе.

Автореферат разослан «18» октября 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета кандидат геолого-минералогических наук, доцент _____ Л.К. Филатова

Актуальность работы. Район «Колымской петли», где складчатые структуры несколько раз круто меняют свое простирание, много лет привлекает внимание геологов. Одним из ключевых участков этого региона является северная часть «петли», представляющая область тектонического сочленения структур Колымо-Омолонского микроконтинента и Полоусненского синклинория. Такие территории представляют собой уникальные объекты для восстановления геодинамической эволюции литосферы и прослеживания истории формирования складчатых поясов, что в свою очередь имеет большое практическое значение для установления закономерностей размещения и понимания генезиса месторождений полезных ископаемых. Для анализа металлогении и закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых необходима такая тектоническая основа, на которой должны быть отражены структурно-вещественные комплексы, отвечающие разнообразным геодинамическим обстановкам, и отражающая взаимосочетание этих комплексов в истории становления покровно-складчатых систем.

Не является исключением в этом отношении пограничная область сочленения структур Колымо-Омолонского микроконтинента и Полоусненского синклинория, вопросы геологии, тектоники, геодинамики и минерагении которой во многом не ясны. Это обстоятельство в сочетании с труднодоступностью района является основной причиной, из-за которой на данной территории не обнаружено ни одного даже среднего по запасам коренного месторождения какого-либо вида сырья, за исключением одного месторождения олова. Тем не менее, территория обладает высокими перспективами в отношении золота, серебра, ртути, цветных и чёрных металлов. Направлением настоящей работы является: изучение особенностей геологического строения, изучение геодинамического развития территории, установление тектонической природы линейных структурных элементов земной коры и оценка перспектив региона в отношении обнаружения месторождений комплексного золото-сурьмяно-ртутного оруденения, построенная на анализе материалов космических съёмки.

Цели и задачи работы. Цель работы - изучение и уточнение геологических и тектонических особенностей области сочленения структур Колымо-Омолонского микроконтинента и Полоусненского синклинория и его геодинамического развития.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Систематизация и комплексный анализ доступных опубликованных и фондовых материалов с результатами геологосъёмочных, геолого-геофизических, поисковых, разведочных работ и специализированных тематических исследований с целью изучения геоло-

гического строения, истории развития территории и закономерностей размещения ведущих полезных ископаемых района: золота, ртути, сурьмы и олова.

2. Картографическое обобщение имеющейся информации с применением ГИС-технологий с целью создания геологической основы для дальнейших тектонических геодинамических и прогнозных построений.

3. Тектоническое районирование территории, изучение условий формирования и выделение этапов геологического развития; установление их минерагенической специализации.

4. Изучение новейшего строения региона и восстановления условий формирования новейших структурных форм.

5. Выявление и изучение и классификация кольцевых объектов с помощью методики комплексирования разнородной информации, получаемой геолого-геофизическими, дистанционными и геоморфологическими методами.

6. Реконструкция и изучение особенностей полей тектонических напряжений тектонофизическими методами с целью воссоздания эволюционного ряда фазовых механизмов деформации региона.

7. Построение космоструктурной прогнозной модели территории и выделение участков, перспективных на поиски комплексных месторождений золота.

Фактический материал. В основу работы положены доступные автору опубликованные и фондовые материалы отечественных и зарубежных исследователей по геологическому строению и истории развития территории. Материалы по работам ФГУНПП «Аэрогеология», ГПП «Ленское», ГПП «Янгеология», ГРП ПГО «Якутскгеология», ООО «Сахаолово», ООО «Минерал», РГЦ ГПП «Заполярье», ПО «Якутзолото» и других производственных и научно-производственных организаций, проводивших разномасштабные работы в разные годы на описываемой и смежных территориях. Авторские материалы, полученные при проведении полевых работ в 2008 г., в т. ч. результаты специальных тектонофизических исследований. Данные визуального, интерактивного и автоматизированного дешифрирования материалов дистанционного зондирования (МДЗ).

Фактический материал. В основу работы положены доступные автору опубликованные и фондовые материалы отечественных и зарубежных исследователей по геологическому строению и истории развития территории. Материалы по работам ФГУНПП «Аэрогеология», ГПП «Ленское», ГПП «Янгеология», ГРП ПГО «Якутскгеоло-

гия», ООО «Сахаолово», ООО «Минерал», РГЦ ГПП «Заполярье», ПО «Якутзолото» и других производственных и научно-производственных организаций, проводивших разно-масштабные работы в разные годы на описываемой и смежных территориях. Авторские материалы, полученные при проведении полевых работ, результаты специальных тектонофизических исследований. Данные визуального, интерактивного и автоматизированного тематического дешифрирования материалов дистанционного зондирования (МДЗ).

Методика работ состояла из трёх этапов:

I. Подготовительные работы включали сбор, систематизацию и комплексный анализ ретроспективных материалов с целью создания предварительной базы данных исходной геолого-геофизической информации, выделение структурно-вещественных комплексов; обработку материалов дистанционного зондирования, автоматизированный линеаментный анализ и создание макетов предварительных геологических карт листов R-54-XXVI, R-54-XXXII м-ба 1:200 000 по результатам дешифрирования МДЗ.

II. Полевые исследования проводились в составе поисковой партии №1 ФГУНПП «Аэрогеология» в Усть-Янском улусе республики Саха (Якутия), в административных границах которого находится описываемая территория. Полевые наблюдения позволили автору существенно уточнить представление о геологическом строении, тектонике, истории развития и перспективах региона в отношении приоритетных видов сырья: золота, сурьмы и ртути, сложившемся при анализе материалов предшественников. Результаты полевых исследований были систематизированы на следующем, третьем этапе.

III. Аналитическая обработка материалов предусматривала тектоническое районирование территории с целью прослеживания эволюции конкретных структур, формировавшихся в определённой геодинамической обстановке; морфоструктурный анализ современного и палеорельефа, изучение новейшего строения региона. Реконструкции тектонических полей напряжений проводились в соответствии с представлениями о фазово-циклической модели изменения условий деформации горных пород в тектогенезе (Васильев, Мострюков, 2001). В работе использованы методика М.В. Гзовского, основанная на сопряженных максимумах трещин, структурно-кинематического анализа О.И. Гущенко (1979), основанная на данных о направлениях векторов сдвиговых смещений и об ориентации реализованных плоскостей в механизмах землетрясений; структурно-геоморфологического метода Л.А. Сим (Сим, 1991, 2009), предусматривающего восстановление направления сдвиговых смещений и установление осей максимальных сжимающих напряжений.

Защищаемые положения

1. В тектоническом строении района выделяются зоны, различающиеся возрастным интервалом и геодинамической характеристикой слагающих их формаций, временем и характером дислокаций: Иргичанская, Депутатская, Хулиджюнская, Селенняхская, Оймяконская, Момская, Уяндинский, Туостахский блоки и система наложенных кайнозойских впадин.

2. Новейший структурный план района, представленный Восточно-Селенняхской и Оймякон-Хатыннахской системами поднятий и Момо-Селенняхской, Уяндинской и Томотской впадинами, дискордантен по отношению к мезозойскому и формировался в условиях растяжения земной коры в связи с заложением Момского рифта, сменившегося в плейстоцене латеральным сжатием. Морфологическое становление поднятий происходило стадийно: поздний миоцен-ранний плиоцен, поздний плиоцен-ранний плейстоцен, неоплейстоцен.

3. В условиях устойчивой ориентации (трёх) главных осей тензора напряжений регионального ранга выявлено шесть последовательных фаз смены тектонического поля напряжений, отражающих изменения геодинамических режимов в развитии региона произошедших в течение позднего мезозоя-кайнозоя. Характеристики трёх (IV, III и II) фаз получены впервые.

4. Эндогенные кольцевые структуры района, выявленные по комплексу признаков, обусловлены магматическим диапиризмом, имеют разное морфологическое выражение, позднеюрско-раннемеловой и позднемеловой-палеогеновый возраст заложения. С зональными кольцевыми структурами небольших (диаметром до 8 км) размеров пространственно связаны известные рудопроявления и пункты минерализации золота.

Научная новизна работы. Проведено тектоническое и неотектоническое районирование территории и составлены оригинальные схемы. Дана подробная характеристика тектонических зон и блоков, создающих структурный облик района. Впервые в масштабе 1:200 000 выполнено его неотектоническое районирование. Раскрыта стадийность формирования новейших структурных форм. Определены взаимоотношения древнего и новейшего структурных планов. Охарактеризованы условия формирования неоструктур. Определены этапы эволюционирования тектонической структуры региона.

Впервые для выявления кольцевых морфоструктур на данной территории в масштабе 1:200 000 реализована методика совместного изучения материалов дистанционного зондирования, геологических, геофизических и структурно-геоморфологических данных.

Проведена типизация эндогенных кольцевых структур, установлена закономерность частоты встречаемости (плотности) кольцевых структур с различными размерами поперечника.

На основе авторских натурных наблюдений восстановлено поле тектонических напряжений. Выявлено шесть последовательных фаз смены тектонического поля напряжений регионального ранга, произошедших в течение позднемезозойско-кайнозойского цикла развития региона. Смена геодинамических режимов в развитии района с поздней юры до наших дней определялась последовательным изменением формы эллипсоида напряжений, позволяющим сделать выводы об условиях относительного «сжатия-растяжения». Впервые (по форме эллипсоида) удалось установить численные оценки условий растяжения для III – рифтогенной фазы деформации региона.

Проведена адаптация космоструктурной прогнозной модели к масштабу исследований, отражены ключевые особенности её реализации в данных геологических и тектонических условиях.

Практическая значимость. Составленные схемы тектонического и неотектонического районирования могут быть использованы при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. Выявленные автором неотектонические предпосылки прогнозирования россыпей необходимо учитывать при изучении перспектив россыпной золотоносности.

Впервые для данного региона по технологии ВНИИКАМ проведена прогнозная оценка территории с использованием космоструктурной прогнозной модели (КПМ). Приведены результаты реализации модели, разработаны методические рекомендации по применению технологии. Проведённое автором космоструктурное прогнозное моделирование по технологии ВНИИКАМ, построенное на основе МДЗ, позволило выделить в ранге рудных узлов и полей наиболее благоприятные участки для локализации комплексного золото-сурьмяно-ртутного оруденения.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались V Научных чтениях им. М.В.Муратова. Проводившихся в Российском государственном геологоразведочном университете в 2008 г., на X юбилейной международной молодежной научной конференции «СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2009», г. Ухта. По теме диссертации опубликовано две научные статьи в журнале «Известия вузов. Геология и разведка».

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения.

Общий объём работы: 127 страниц машинописного текста, 40 рисунков и 1 таблица. Библиография включает 110 наименований.

В первой главе «Методика» подробно рассмотрены все этапы проведения научно-исследовательской работы, обосновываются основные применяемые методики и технологии.

Во второй главе «Геологический очерк» приведён обзор геолого-геофизической изученности территории, описана стратиграфия, дана характеристика магматических образований. Подробно охарактеризовано тектоническое строение и рассмотрены этапы геодинамического развития региона.

Третья глава «Новейшее тектоническое строение района» повествует о развитии территории в миоцен – голоценовый этап. Предложена оригинальная схема неотектонического районирования, подробно описаны новейшие структуры, раскрыта этапность становления неоструктур. Определены геодинамические условия их формирования. Охарактеризованы неотектонические предпосылки прогнозирования и поиска россыпей.

В четвёртой главе «Структурно-кинематическая модель» описана реконструкция полей тектонических напряжений на основе интерпретации авторских натурных наблюдений. Показан эволюционный ряд фазовых механизмов деформации Нальчанского аллохтона. Установлено, что смена геодинамических режимов в развитии района с поздней юры до наших дней определялась последовательным изменением формы эллипсоида напряжений. Выявлено шесть последовательных фаз смены тектонического поля напряжений регионального ранга, произошедших в течение позднемезозойско-кайнозойского цикла развития региона. Впервые (по форме эллипсоида) удалось установить численные оценки условий растяжения для III – рифтогенной фазы деформации региона.

В пятой главе «Кольцевые структуры» содержится описание выделенных кольцевых структур, обсуждается характер проявленности кольцевых образований на космических снимках, в рельефе, геологической структуре и геофизических полях. Приводится морфологическая классификация кольцевых структур.

В заключительной шестой главе «Рудоконтролирующие факторы золотого оруденения и оценка перспектив района» изложены ведущие рудоконтролирующие факторы, сделан акцент на структурные предпосылки комплексного золото-сурьмяно-ртутного оруденения. На основе МДЗ разработана космоструктурная прогнозная модель, выделены потенциальные площади, благоприятные для обнаружения комплексных месторождений, опре-

делены наиболее перспективные участки, предложена рациональная очередность их освоения.

Диссертационная работа выполнена на кафедре Общей геологии и геологического картирования Российского государственного геологоразведочного университета им. С. Орджоникидзе под руководством д. г.-м.н., проф. Н.И. Корчугановой, которой автор выражает искреннюю благодарность за внимание и помощь при написании настоящей работы.

Автор выражает признательность коллективу партии № 1 ФГУ НПП «Аэрогеология» и лично ведущему геологу партии А.П. Свиридову за всестороннюю помощь поддержку оказанные в реализации научно-исследовательской работы. В процессе работы над диссертацией автор неоднократно обращался за консультациями к специалистам ФГУ НПП «Аэрогеология»: главному геологу Егорову А.Ю., ведущим геологам В.С. Андрееву, В.С. Шульгиной, Г.В. Иваненко, Е.В. Афанасьевой, Е.В. Каревой, начальнику Центра обработки дистанционных материалов С.В. Евдокимову, которым выражает особую благодарность.

Хотелось бы сказать большое спасибо к. г.-м. н., проф. Н.Ю. Васильеву за помощь в создании структурно-кинематической модели региона, заведующему кафедрой методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых д. г.-м. н., проф. А.Н. Рокову за содействие в работе над прогнозным моделированием, а также сотрудникам кафедры Общей геологии и геологического картирования, принимавшим участие в обсуждении отдельных положений работы, за конструктивные замечания и рекомендации.

Обоснование защищаемых положений

Первое защищаемое положение: *В тектоническом строении района выделяются зоны, различающиеся возрастным интервалом и геодинамической характеристикой слагающих их формаций, временем и характером дислокаций: Ирричанская, Депутатская, Хулиджунская, Селенняхская, Оймяконская, Момская, Уяндинский, Туо-стахский блоки и система наложенных кайнозойских впадин.*

Область тектонического сочленения Полоусненского синклиория и Селенняхского блока Колымо-Омолонского микроконтинента (рис. 1) представляет собой фрагмент сильно сжатого, гетерогенного, сложно построенного складчато-глыбового сооружения.

В её геологическом строении принимают участие стратифицированные и магматические палеозойские и мезозойские образования, а также комплекс рыхлых кайнозойских

отложений. Породы смяты в изоклинальные складки, осложненные многочисленными разрывами; общий структурный план территории имеет чешуйчато-надвиговое строение, встречаются маломощные дайки диабазов и габбро-диабазов позднеюрского возраста, поля меловых вулканитов.

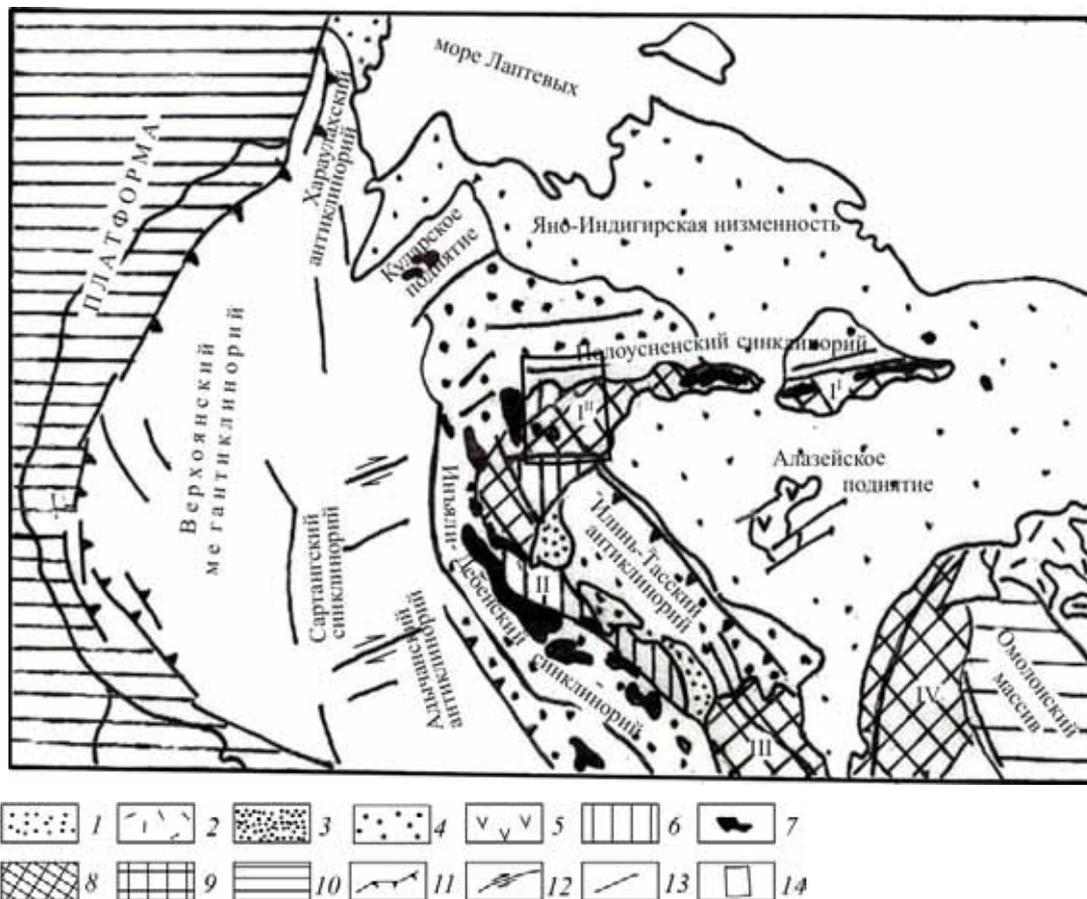


Рис. 1. Схема тектоники Верхояно-Колымских мезозойд (Парфёнов, 1984; северная часть, с упрощениями): 1 – кайнозойские отложения; 2 – меловые вулканогенные отложения Охотско-Чукотского пояса; 3 – меловые континентальные отложения Индигиро-Зырянского и Момского прогибов; 4 – средне-верхнеюрские отложения Иньяли-Дебинского, Полоусненского синклинория и Илюнь-Тасского антиклинория; 5 – вулканогенно-осадочные образования Алазейского поднятия; 6 – верхнеюрские осадочно-вулканогенные образования Уяндино-Ясачненского пояса; 7 – позднеюрско-неокомовые гранитоиды главных батолитовых поясов; 8 – верхнедокембрийские и среднепалеозойские образования; 9 – срединные массивы; 10 – Сибирская платформа; 11 - взбросы, надвиги; 12 – сдвиги; 13 – разломы неустановленной кинематики, 14 – рассматриваемый район. Римскими цифрами обозначены антиклинории: I^I – Улахан-Тасский, I^{II} – Полоусненский, II – Тас-Хаяхтаский, III – Момский (Омулевский), IV – Приколымский

Тектоническое районирование является заключительной стадией геодинамического анализа и проведено автором на основе собственных наблюдений и интерпретации имеющихся материалов с учетом широкого спектра информации, существующей по этой проблеме в настоящее время. Каждая из выделенных тектонических зон обладает собст-

венным набором характерных черт геолого-тектонического строения, которые, органично вписываясь в общую структуру, создают неповторимый тектонический план региона (рис. 2). Тектонический облик региона на севере и западе создают структуры Иргичанской (И), Депутатской (Д), Хулиджюнской (Х) тектонических зон и Туостахского блока. Для них характерен терригенный состав преобладающих формаций: Иргичанская, Депутатская и Хулиджюнская зоны образованы песчаниково-глинистыми отложениями, в пределах Туостахского блока распространены глинисто-кремнистые образования. Строение разрезов терригенных отложений различно. Ритмичное переслаивание полимиктовых песчаников и аргиллитов образуют монотонные толщи, типичные для Иргичанской и Хулиджюнской зон. В Депутатской тектонической зоне разрез более разнообразен: в направлении с юга на север наблюдается фациальный переход, при этом сначала возрастает доля алевролитовой составляющей, затем аргиллитовой и вновь алевролитовой.

Отложения Иргичанской, Хулиджюнской и южной части Депутатской зон смяты в наклонные, сжатые линейные складки северо-восточного простирания, придающие зонам складчато-надвиговой облик. Южнее Иргичанского разлома выделяется несколько аллохтонных пластин, образующих в северной части Депутатской тектонической зоны покровную структуру.

Туостахский блок отличается сочетанием структурных парагенезисов: северная часть является тектоническим покровом, состоящим из серии аллохтонных пластин, сложенных верхнетриасовыми и нижнеюрскими пачками ритмичного переслаивания песчаников, алевролитов и аргиллитов. В остальной части блока отложения деформированы в лежащие, наклонные и опрокинутые складки с ундуляцией шарниров в северном и северо-восточном направлениях.

Складчатые дислокации зачастую ассоциируют с разрывными нарушениями разной ориентировки, существенно осложняющими складчато-надвиговую структуру тектонических зон. Широким распространением пользуются взбросы и надвиги. Они преобладают в Туостахском блоке, Хулиджюнской и Иргичанской зонах, однако в последней они ассоциируют со сбросами. Для Депутатской тектонической зоны на передний план выходят взбросы и взбросо-сдвиги.

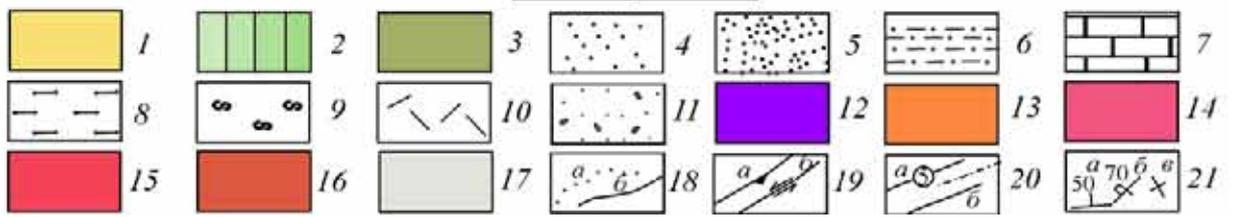
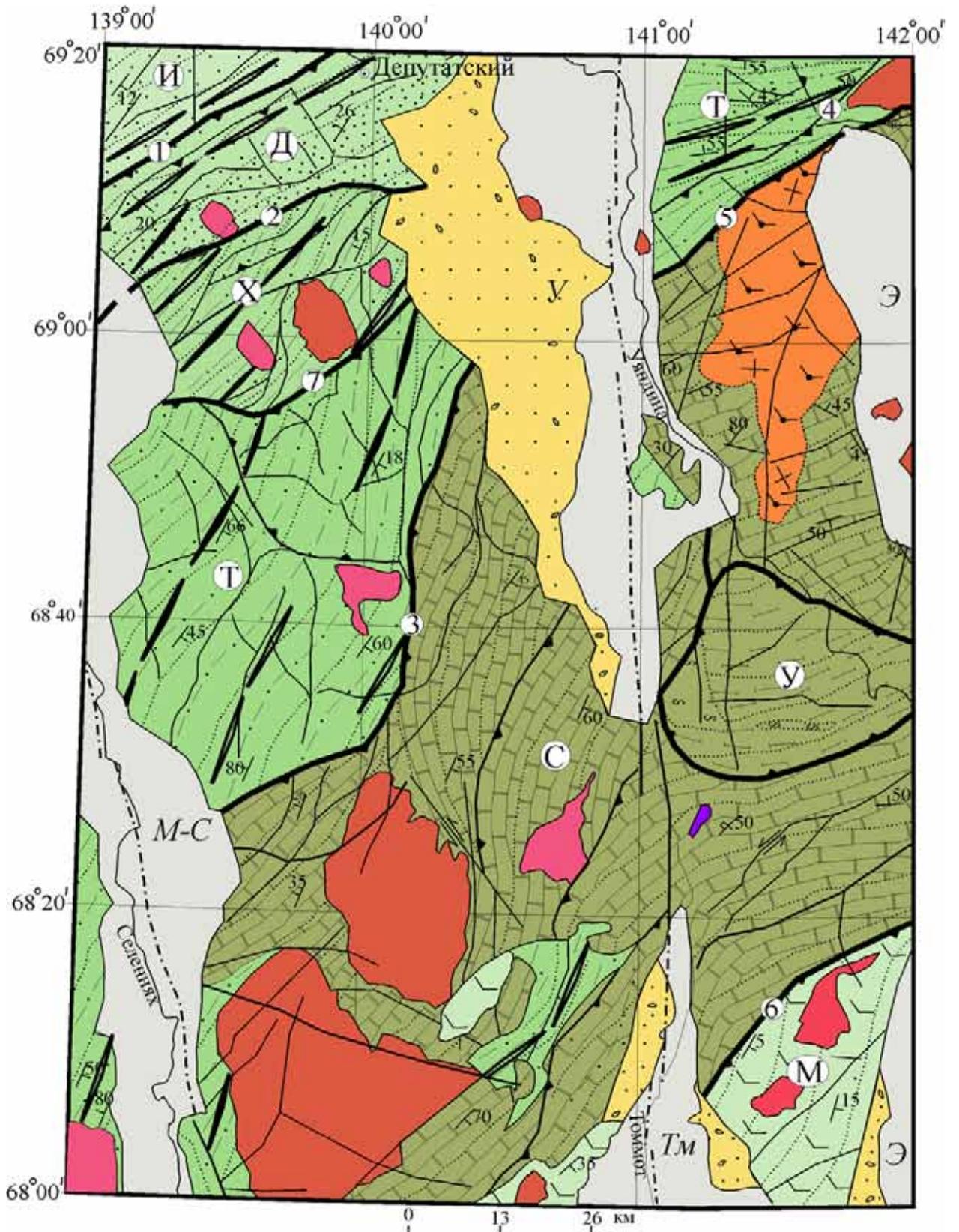


Рис. 2. Схема тектонического районирования области сочленения Полоусненского синклинория и Селенняхского блока Колымо-Омолонского микроконтинента (составлена Журавлёвым А.Н. по материалам предшественников: Аулов, 2006; Оксман, 1999; Парфёнов, Оксман 2001, и др.): 1 - 3 – структурно-вещественные комплексы, состав преобладающих формаций, характер дислокаций отложений: 1 – кайнозойский: пески, галечники; выполняют грабенообразные впадины; 2 – мезозойский: аркозовые и полимиктовые песчаники, аргиллиты, алевролиты, риолиты, андезибазальты; наклонные сжатые линейные складки меридионального и северо-восточного простирания; 3- палеозойский: органогенные и органогенно-обломочные известняки, песчанистые, пелитоморфные известняки, красноцветные алевролиты, кремнистые сланцы, доломиты, алевролитистые известняки; пологие дислокации формирующие покровно-складчатую структуру; 4 – 14 – геологические формации: 4 – песчаниковая, 5 – алевролитовая, 6 – терригенная, 7 – карбонатная, 8 – биотитовых и амфиболитовых сланцев, 9 – офиолитовые ассоциации, 10 – риолито-андезибазальтовая, 11 – песчано-галечниковая, 12 – ультраосновных пород, 13 – трахиандезибазальтовая, 14 – кварцевых диоритов и гранодиоритов, 15 – гранодиоритовая, 16 – граниты, 17 – сероцветные песчано-глинистые толщи; 18 – границы: а – формаций, б – прочие; 19 – разрывные нарушения с установленной кинематикой: а – надвиги, б – сдвиги; 20 – прочие разрывные нарушения: а – главные, в т. ч. прослеженные под покровом четвертичных отложений, б – прочие; 21 – элементы залегания слоёв горных пород: а – наклонное, б – опрокинутое, в – горизонтальное; прописными буквами обозначены тектонические зоны: И – Иргичанская, Д – Депутатская, Х – Хулиджюнская, С – Селенняхская, У – Уяндинский блок, М – Момская, Т – Туостахский блок и неоген-четвертичные впадины (выделены курсивом): *Тм* – Томмотская, *Э* – Эстерктяхская, *У* – Уяндинская, *М-С* – Момо-Селенняхская

Амплитуды вертикальных перемещений блоков вдоль разломов в пределах Иргичанской зоны колеблются от 800 до 1000 м и, постепенно убывая в юго-восточном направлении, в Депутатской зоне составляют 600 – 200 м, в Хулиджюнской не превышают 200 м, а в Туостахском блоке – первые метры и десятки метров.

Восточнее расположена крупная Селенняхская (С) тектоническая зона, образованная карбонатными, карбонатно-терригенными и терригенно-карбонатными формациями мелкого шельфа Сибирской платформы. Возраст образований варьирует от раннего ордовика до раннего карбона. Отложения нарушены многочисленными разрывными нарушениями различного возраста и кинематики, ведущее место среди которых занимают пологие дислокации, формирующие покровно-складчатую структуру блока.

На востоке района, в среднем течении р. Уяндина находится Уяндинский блок, представляющий собой тектонический клин, зажатый среди надвигов и покровов Селенняхской зоны. Блок обладает весьма сложным строением, обусловленным, в первую очередь, неоднородностью вещественного состава образующих его пород, а также степенью их постгенетических преобразований. Главным структурно-вещественным комплексом является калгынский габбро-дунит-гарцбургитовый комплекс, кроме того, с ним ассоциируют

полиметаморфические породы средне-позднепалеозойского возраста. Уяндинский блок обладает чешуйчато-надвиговым строением и отделён надвиговой зоной от окружающих его образований Селенняхской тектонической зоны.

Последняя из главных тектонических структур - *Момская зона* (М), граничащая с Селенняхской зоной на юго-востоке по Олындынскому разлому (б), образована двумя вулканическими формациями и интрузивным комплексом островодужного генезиса, проявленным дайками тоналитов и гранодиоритов. Крупнейшее в пределах рассматриваемой территории поле вулканитов обеих формаций расположено в её северо-восточной части. Оно чётко отображено в дифференцированных магнитных полях, где сочетаются минимумы изометричной и вытянутой форм, ориентированные в основном в северо-восточном направлении.

На деформационные структуры наложены кайнозойские впадины, ограниченные сбросами северо-западного простирания. Поверхности сместителей наклонены к центру впадин. Вертикальная амплитуда 1 – 1,5 км. По геофизическим данным (В.С. Оксман, 2000), под покровом кайнозойских отложений установлены главные разломы, примыкающие к главным и имеющие сбросовую природу. Формирование этих впадин связано с образованием и развитием крупной системы Момского рифта, которая многими исследователями считается континентальным продолжением срединно-океанического хребта Гаккеля.

Проанализировав историю развития региона, можно заключить, что образование тектонических структур происходило, вероятно, в позднемезозойский и последующий кайнозойский этапы. В мезозойскую эпоху был создан основной структурный план района, оформились тектонические зоны, различающиеся по характеру дислокаций; заложились крупнейшие тектонические швы: Иргичанский, Быллатский, Нальчанский, Олындынский разломы. В конце средней юры на востоке образовалась зона субдукции, которая способствовала началу формирования многочисленных надвиговых и шарьяжных структур, существенно преобразовавших конседиментационные структуры Селенняхского блока. В альбское – позднемеловое время в центральной части территории происходило образование крупной Джахтардахской рифтогенной зоны. Связанная с этим рифтом трахириолит-трахиандезит-трахибазальтовая формация слагает крупное Джахтардахское вулканическое поле на левом берегу р. Уяндины.

Второе защищаемое положение: *Новейший структурный план района, представленный Восточно-Селенняхской и Оймякон-Хатыннахской системами поднятий и*

Момо-Селенняхской, Уяндинской и Томмотской впадинами, дискордантен по отношению к мезозойскому и формировался в условиях растяжения земной коры в связи с заложением Момского рифта, сменившегося в плейстоцене латеральным сжатием. Морфологическое становление поднятий происходило стадийно: поздний миоцен-ранний плиоцен, поздний плиоцен-ранний плейстоцен, неоплейстоцен.

Главные новейшие структуры, сформированные на полигенном палеозойско-мезозойском основании, представлены Восточно-Селенняхской (ВС, рис. 3) и Оймякон-Хатыннахской (ОХ) системами новейших поднятий; Уяндинской (У), Томмотской (Т), Эстериктяхской (Э) и Момо-Селенняхской (М-С) рифтогенными впадинами.

Восточно-Селенняхская система поднятий с трёх сторон окружена неоген-четвертичными впадинами: на северо-востоке – Уяндинской, на юго-востоке – Томмотской, на западе Момо-Селенняхской, с юга ограничена долиной р. Селеннях; северная граница системы поднятий лежит за пределами описываемой территории и находится приблизительно на расстоянии 70 – 90 км от северной рамки. Протяжённость Восточно-Селенняхской системы в север – северо-западном направлении достигает 320 км, при средней ширине 65 км. По геоморфологическим особенностям, тектонической раздробленности, доминирующим простираниям структурных форм и строению геологического основания в пределах Восточно-Селенняхской системы поднятий выделено три мегасегмента, разделенные региональными разломами.

Для *Северного мегасегмента (С)* характерно в целом сводовое строение, обусловленное наличием крупной изометричной структуры диаметром 32 км, вблизи центра которой находится п. Депутатский. Амплитуды новейших поднятий достигают 1000 м. Поднятия сформировались на средне-верхнеюрских флишоидных толщах песчаников, алевролитов и аргиллитов.

Центральный мегасегмент (Ц) отличает широкое развитие купольных морфоструктур, маркирующих, по-видимому, нескрытые магматические образования. Характерными особенностями являются также локальные разрывы и плоскодонные впадины. Амплитуды новейших поднятий оцениваются в 700 – 800 м в северной части, до 1000 м в центральной, и 650 – 850 м на юге. Неоструктуры сформировались на среднепалеозойских карбонатных образованиях Селенняхской тектонической зоны.

Южный мегасегмент (Ю) расположен между Нальчанским региональным разломом на западе и разломом, проходящим по правому борту Томмотской впадины на востоке, и занимает наибольшую площадь исследования. Он разделен унаследовано развивающимся

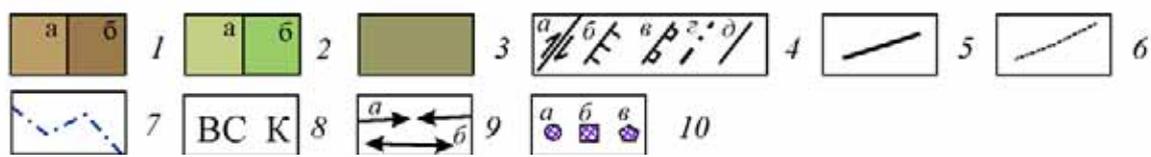
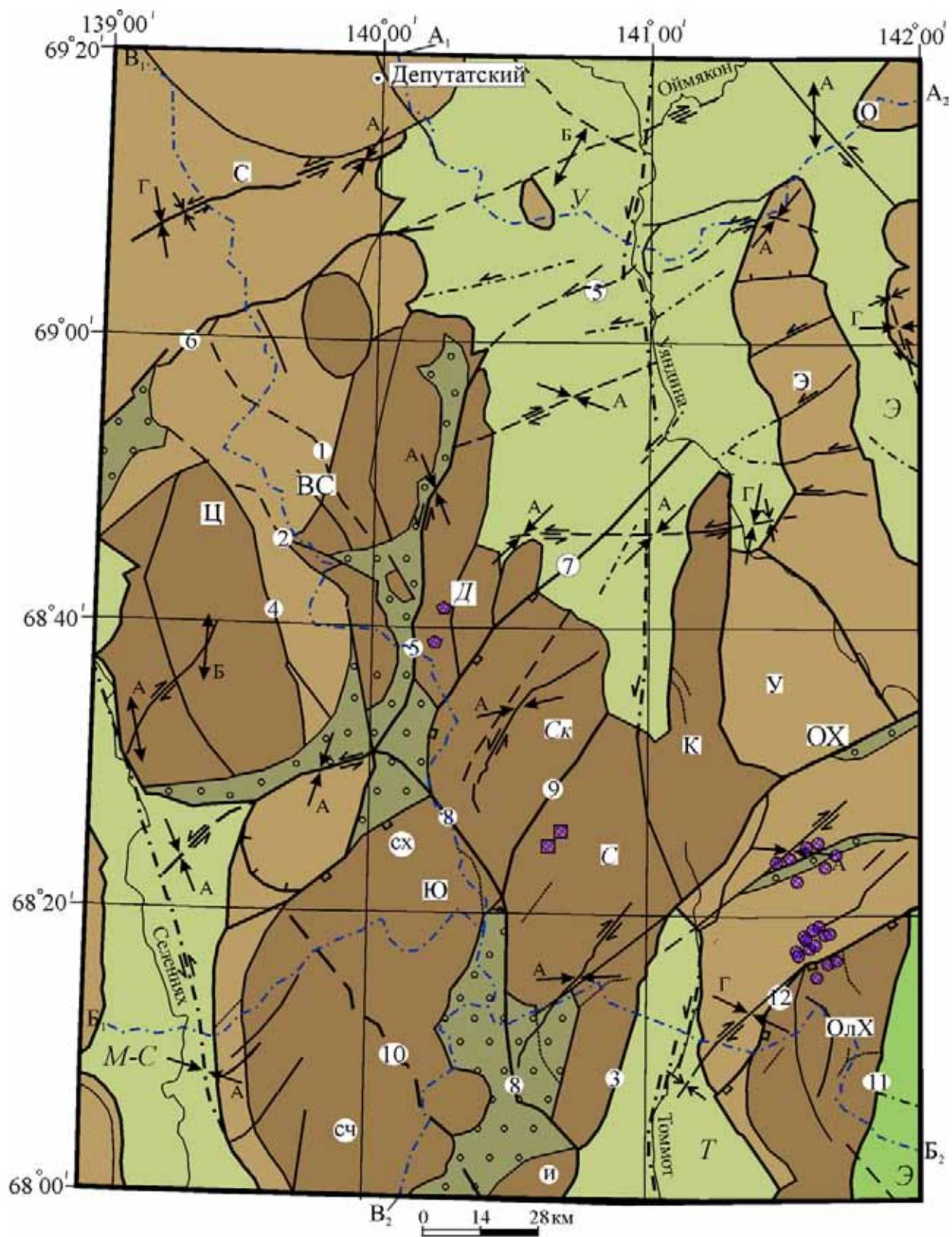


Рис. 3. Схема неотектонического районирования области сочленения Полоусненского синклинория и Селенняхского блока Колымо-Омолонского микроконтинента: 1 – новейшие поднятия: а – умеренноамплитудные (<900), б – высокоамплитудные (>900 м); 2 – впадины: а – рифтогенные, б – прочие; 3 – долинообразные понижения в рельефе и относительные впадины; 4 – разломы: а – сдвиги, б – сбросы, в – взбросы, г – трансформные, д – неустановленной кинематики; 5 – границы поднятий; 6 – зоны повышенной трещиноватости; 7 – линии геоморфологических профилей; 8 – системы поднятий и мегасегменты (в тексте); 9 – направления осей главных нормальных напряжений: а – сжатия, б – растяжения; А – при угле скалывания 45°, Б – при угле скалывания менее 45°, Г – при угле скалывания 45° и дополнительном сжатии; 10 – коры выветривания, не выражающиеся в масштабе схемы: а – уч. Хатыннах-Сала, б – верховья р. Тарынг-Юрях, в – левобережье р. Сакынджа

на новейшем этапе Тарынг-Юряхским разломом северо-западного простирания на две части. В северо-восточном обособляются три блока: Дяпкычанкий, Сакынджинский и Солорюнский, разделённые Сакындинским и Секдекунским разломами северо-восточного простирания.

Западная часть Южного мегасегмента в обобщённых очертаниях имеет квазиконцентрически-радиальное строение. Геологическим основанием здесь являются в основном раннемеловые гранитоиды колымского комплекса, образующие крупнейшие на рассматриваемой территории массивы: Саханьинский, Сыачанский, Иолтакский, принадлежащие протяжённому Главному «батолитовому» поясу (Натапов, Сурмилова, 1992, Оксман, 2000, Трунилина и др., 1999), а также среднепалеозойские преимущественно карбонатные толщи (Натапов, Сурмилова, 1992, Унифицированные..., 2004), слагающие северо-западный сектор. Сегмент разбит крупным северо-западным Иолтакским разломом на два сектора.

Оймякон-Хатыннахская система поднятий (ОХ) обладает вытянутой веретенообразной формой и меридиональным простиранием. От р. Оймякон на севере до р. Селеннях на юге, её протяжённость составляет 160 км, максимальная ширина (в центральной части) – 43 км. Система поднятий является ключевым элементом местной гидросети – высоким водоразделом с заснеженными вершинами – следами зырянского оледенения. Система поднятий разделена унаследовано развивающимися разломами на ряд структур второго порядка, главными из которых являются Олёнгнëх-Хатыннахское, Калгынское и Эстериктяхское поднятия.

Олёнгнëх-Хатыннахское (ОлХ) поднятие имеет полуконцентрическое строение. С юго-востока структура ограничена хорошо выраженным в рельефе разрывом с амплитудой неоген-четвертичных движений ~400 м. Линеаментами, с которыми связаны долино-

образные понижения, поднятие разделяется на отдельные блоки в основном концентрического строения.

Калгынское поднятие (К) сложено преимущественно среднепалеозойским карбонатным комплексом и представляет собой своего рода перемышку между структурами Восточно-Селенняхской и Оймякон-Хатыннахская системами поднятий.

Эстериктяхское поднятие (Э) субмеридионального простирания граничит с Уяндинской впадиной на западе и Эстериктяхской на востоке. Амплитуды поднятий – 500– 700 м. Отмечается интенсивная сегментированность поднятия поперечными разрывами, наиболее крупное из которых разделяет структуру на две части.

Система кайнозойских впадин

Уяндинская впадина (У). В олигоцен-миоцене происходило компенсированное прогибание (рис.4). На протяжении почти всего плейстоцена впадина являлась областью транзита, что и отразилось в отсутствии следов осадконакопления. В позднечетвертичное время площадь впадины сокращается за счёт вовлечения в поднятие её бортов, но центральная часть остается областью накопления песчано-гравийно-галечных осадков позднечетвертичного возраста. В настоящее время во впадине происходит накопление мощных аллювиальных образований, а также озёрно-биогенных отложений аласных котловин.

Томмотская межгорная впадина (Т) меридионального простирания отделяет Восточно-Селенняхскую систему поднятий от Оймякон-Хатыннахской. Она выполнена комплексом олигоцен-четвертичных отложений, имеет протяжённость 60 км при средней ширине 13 км; абсолютные отметки её поверхности 200-400 м. блоковым асимметричным строением впадины. Впадина асимметричная, отличается блоковым строением.

Эстериктяхская впадина (Э) окаймляет с востока Оймякон-Хатыннахское новейшее поднятие, и относится к краевой части Абыйской низменности.

Момо-Селенняхская крупная впадина (М-С) в верховьях р. Селеннях состоит их цепочки грабенообразных впадин, соединенных в линейную систему, длина которой более 1100 км.

В результате проведённого анализа и построения неотектонической карты и серии геолого-геоморфологических разрезов установлено, что на исследуемой территории суммарные вертикальные амплитуды тектонических движений в неоген-квартере, оцениваемые от подошвы комплекса новейших отложений во впадинах до положения реликтов региональной поверхности выравнивания в денудационном рельефе, составили более 1000 м, на отдельных участках до 1400 м.

Установлено, что преобладающее для мезозоя северо-восточное простирание структурных форм на новейшем этапе изменилось на генеральное север – северо-западное, то есть структурную перестройку в новейшее время. При этом новейшие структурные формы во многом наследовали неоднородности древнего структурного основания. То есть можно констатировать генеральную перестройку тектонического плана, а соответственно и изменение геодинамических условий формирования новейших структур.

Изучение новейшего строения исследуемой территории в плане (по топографическим картам и космическим снимкам) и в разрезе (по геоморфологическим профилям, по методике Н.П. Костенко), а также анализ литературных данных по этой проблеме позволил выделить три стадии развития морфоструктур, каждая из которых начиналась активизацией тектонических движений и заканчивалась формированием педиментов в условиях относительной тектонической стабилизации.

На *первой стадии* — позднеолигоцен-раннеплиоценовой - происходили относительно малоамплитудные тектонические движения, приведшие к образованию неглубоких впадин с комплексом болотных угленосных и аллювиальных осадков и невысоких локальных поднятий. На *второй* — позднеплиоцен-раннеплейстоценовой - формируются основные конэрозионные поднятия и сокращаются площади прогибания и осадконакопления. На *третьей* стадии - в неоплейстоцене продолжается увеличение амплитуд поднятий, меняются очертания и площади впадин, краевые части которых оказались втянутыми в орогенез.

В новейшем структурном плане район расположен главным образом в пределах Момского рифта, рассматриваемого как континентальное продолжение срединно-океанического хребта Гаккеля Северного Ледовитого океана (Грачёв, 1999; Зоненшайн, 1990, Зоненшайн, Кузьмин и др., 1993), а на северо-востоке он включает территории, относящиеся к орогенам промежуточного типа развития в областях мезозойской складчатости (Николаев, 1962) или к платформенным поднятиям (Грачёв, 1999).

В новейшем тектоническом строении и рельефе этого района запечатлены структуры, формировавшиеся как в условиях растяжения, так и латерального сжатия, что может быть объяснено сменой геодинамических обстановок в течение новейшего этапа, как это отмечалось в работах Н.И. Корчугановой (Корчуганова, 1999, 2000). Однако, как можно судить из проведённого нами анализа, смена регионального растяжения латеральным сжатием проявлена в исследованном районе не в позднем плиоцене, как отмечалось для Момского рифта в целом, а позднее, вероятно, в плейстоцене, что может быть связана с одновремен-

менностью этого процесса на всем протяжении рифта. Смена геодинамических условий трансформировала сбросы в преимущественно правосторонние взбросо- и сбросо-сдвиги.

Существование условий современного латерального сжатия Момско-Черского горного пояса подтверждается решением фокальных механизмов землетрясений (Имаев и др., 2000), а также выполненными автором тектонофизическими исследованиями, результаты которых приводятся в разделе 3.3 и главе 4.

Анализ новейшего строения района позволяет сделать некоторые выводы о неотектонических предпосылках формирования россыпей, не давая прогноза, что не является целью диссертационной работы. Выявленная этапность становления в рельефе морфоструктур района, амплитуды новейших тектонических движений и характер экзодинамики позволяют предполагать, что исходная (предорогенная) поверхность выравнивания (с площадными корами выветривания), сформированная на пенеупленизированной равнине до этапа новейшей тектонической активизации могла сохраниться от размыва лишь на локальных участках уплощенных водоразделов некоторых морфоструктур. Выровненные поверхности рельефа (педименты, в том числе долинные) формировались в течение новейшего этапа в стадии относительной тектонической стабилизации, сопровождавшейся не только планацией рельефа, но, возможно, корообразованием неполного профиля. Заметим, что самые молодые педиментные уровни образованы в четвертичном периоде, когда на исследуемой территории, как и на всем Северо-Востоке, господствовал перигляциальный тип литогенеза.

Локальное развитие и сохранность площадных кор выветривания предполагается в пределах педиментов, основные из которых отражены на схеме новейшего строения района, составленной автором, и гипсометрическое положение которых коррелируется с положением кор выветривания, фрагменты которых сохранились на гипсометрическом уровне 450-650 м в бассейне р. Хатыннах Сала (Аулов, 2006). Поисковый интерес в связи с развитием линейных кор выветривания и возможным образованием остаточных россыпей представляют региональные разломы длительного развития, которые многократно меняли кинематическую характеристику в связи с менявшимися полями тектонических напряжений и активные на новейшем этапе, в том числе в четвертичном периоде. Все эти региональные разломы нашли отражение на неотектонической карте.

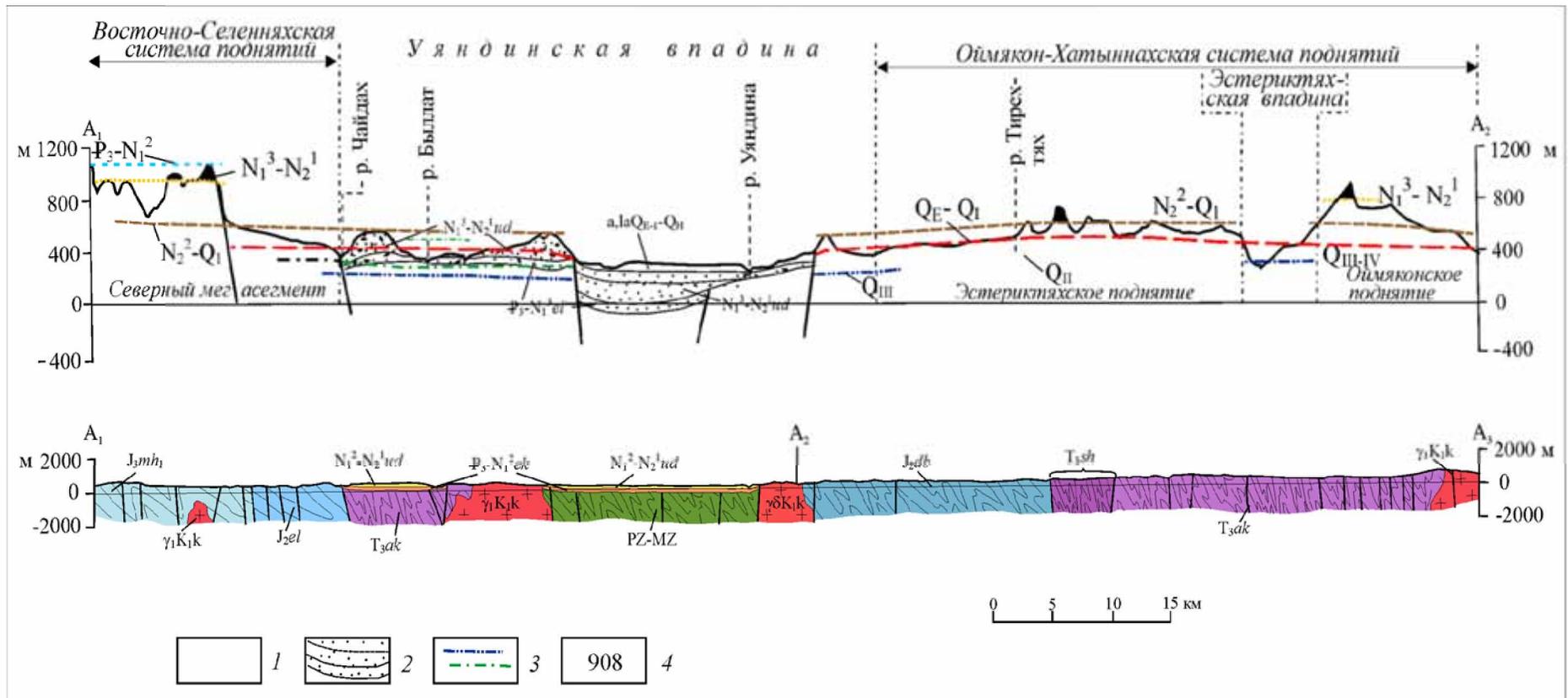


Рис. 4. Геоморфологический профиль и геологический разрез через северную часть Уяндинской впадины: 1 - докайнозойское основание; 2 - олигоцен-голоценовые отложения; 3 - сопоставительные линии одновозрастных комплексов рельефа (возраст обозначен индексами); 4 - высотные отметки древнего рельефа, м

Третье защищаемое положение: ***В условиях устойчивой ориентации (трёх) главных осей тензора напряжений регионального ранга выявлено шесть последовательных фаз смены тектонического поля напряжений, отражающих изменения геодинамических режимов в развитии региона произошедших в течение позднего мезозоя-кайнозоя. Характеристики трёх (IV, III и II) фаз получены впервые.***

К числу факторов, контролирующих изменения геодинамических обстановок, относят процессы изменения структуры тектонических полей напряжений. В работе реконструкция тектонических полей напряжений регионального ранга реализована в соответствии с представлениями о фазово-циклической модели изменения условий деформации горных пород в тектогенезе (Васильев, Мострюков, 2001). Реконструкции современного поля тектонических напряжений основаны на информации о землетрясениях в районе, полученной из Международного банка данных (Швейцария). Реконструкции, основанные на сопряженных максимумах трещин, выполнены по методике М.В. Гзовского. Реконструкции, основанные на данных о направлениях векторов сдвиговых смещений и об ориентации реализованных плоскостей в механизмах землетрясений, выполнены по методике *структурно-кинематического анализа* О.И. Гущенко (Гущенко, 1979).

Выявлено шесть последовательных фаз смены тектонического поля напряжений регионального ранга, произошедших в течение позднемезозойско-кайнозойского цикла развития региона (рис. 5). Характеристикам двух наиболее древних (VI и V - юрских) фаз изменения структуры поля напряжений соответствуют геолого-структурные данные, приведенные в опубликованной и фондовой литературе. Характеристики современной (I) фазы соответствуют опубликованным результатам изучения сейсмотектоники Якутии. Характеристики трёх (IV, III и II) послепермских фаз изменения тектонических полей напряжений выделены впервые.

Смена всех выделенных фаз тектонического поля напряжений проходила в условиях устойчивой ориентации (трёх) главных осей тензора напряжений регионального ранга. Две «пологих» оси тензора на каждой из последовательных фаз оставались ориентированными по диагональным направлениям (СЗ-ЮВ и СВ-ЮЗ), а ориентировка третьей оси всегда оставалась «крутой», направленной почти на зенит. С явлением устойчивости (инвариантности) главных осей тензора напряжений во времени и пространстве генетически

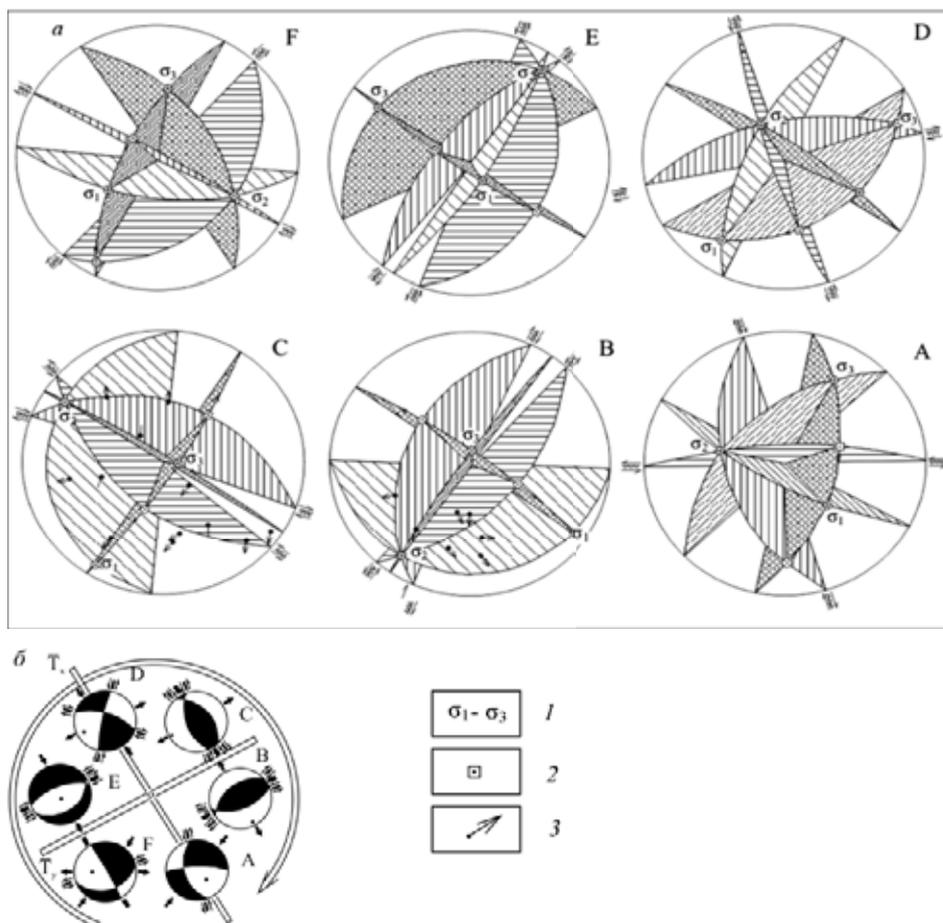


Рис. 5. Эволюционный ряд фазовых механизмов деформации Нальчанского аллохтона (по Н.Ю. Васильеву и А.Н. Журавлеву): *a* – 1 – Оси: σ_1 – «растяжения», σ_2 – «промежуточного напряжения», σ_3 – «сжатия»; 2 – оси максимальных касательных напряжений; 3 – векторы скольжения для одноосного сжатия, чистого сдвига и одноосного растяжения; *b* – круговые диаграммы восстановленных областей сжатия (чёрное) и растяжения (белое), стрелками показана ориентировка векторов сжатия и растяжения

связан феномен фазово-циклического развития тектонических процессов. По-видимому, разворот главных осей тензора напряжений в трёхмерном пространстве энергетически менее выгоден («более трудоёмок»), чем изменение формы эллипсоида напряжений, генерируемое глубинными тектоническими процессами (движениями) на границах неоднородностей.

Смена геодинамических режимов в развитии района с поздней юры до наших дней определялась последовательным изменением формы эллипсоида напряжений, позволяющим сделать выводы об условиях относительного «сжатия-растяжения». Структура поля тектонических напряжений VI фазы характеризуется взбросо-сдвиговыми (близкими к октаэдрическим) условиями нагружения района, в которых отражается картина начала «тесного» поздне-мезозойского взаимодействия Колымо-Омолонского микроконтинента с его

обрамлением. Ориентировка плоскостей действия право- и левосдвиговых максимальных касательных напряжений практически аналогичны простиранию, соответственно ЮЗ и СВ границ микроконтинента в плане. Направление действие оси «промежуточного» напряжения ориентируется вдоль ЮЗ границы микроконтинента, что также свидетельствует о «предстоящей» активности тектонических процессов на этой границе. Отметим, что на двух последующих фазах (V и IV) вдоль этого направления ориентируется активно проявляющаяся ось относительного «сжатия». Структурой поля тектонических напряжений V фазы определялся взбросовый механизм деформации района. На этой фазе возникли главные разрывные нарушения, например, Нальчанского разлома, простирание которого соответствует простиранию плоскостей максимальных касательных напряжений. Статистические максимумы элементов залегания нижнепалеозойских горных пород аллохтона, смятых на этой фазе в складки, также соответствуют простиранию этих плоскостей. Наконец, немногочисленные выходы жильного комплекса диабазов и габбро-диабазов группируются в линейные полосы, ориентированные в соответствии с простиранием плоскости растяжения реконструированного поля напряжений.

Структурой поля тектонических напряжений IV фазы определялся сдвиговый механизм деформации района. Как уже отмечалось, активность сжатия в это время резко сократилась, амплитуда вертикальной компоненты деформации в сдвиговом поле также была минимальна. Знаменательным на этой фазе стало северо-западное простирание плоскости действия растяжения, означающее возникновение предрифтового (по аналогии с Байкалом) режима деформирования района.

Структурой поля тектонических напряжений III фазы определялся сбросовый механизм деформации, обусловивший собственно обстановку рифтового режима развития района, характеризуемого условиями растяжения и развития Момской и Селенняхской впадин. Структурой поля тектонических напряжений II фазы определялся сбросовый механизм деформационного процесса, но уже при условиях активного сжатия и СВ-ЮЗ ориентировки растяжения. Структурой поля тектонических напряжений современной I фазы определялся взбросо-сдвиговый механизм деформационного процесса, при котором развитие деформаций района продолжает реализовываться в условиях интенсивного сжатия, ось которого ориентирована в СВ-ЮЗ направлении, а плоскость соответственно в СЗ-ЮВ.

Таким образом, данные тектонофизического анализа не только подтвердили выводы, сделанные по геологическим данным и приведенные в главе 2, и результаты неотектонических исследований, приведенные в главе 3, но и позволили получить новые численные

характеристики, и, прежде всего предрифтового и рифтогенного режимов развития региона.

Четвёртое защищаемое положение: Эндеогенные кольцевые структуры района, выявленные по комплексу признаков, обусловлены магматическим диапиризмом, имеют разное морфологическое выражение, позднеюрско-раннемеловой и позднемеловой-палеогеновый возраст заложения. С зональными кольцевыми структурами небольших (диаметром до 8 км) размеров пространственно связаны известные рудопроявления и пункты минерализации золота

О широком распространении кольцевых структур на данной территории известно давно. В ходе разномасштабных геологоразведочных работ, выполненных предшественниками в разные годы, установлена отчётливая пространственная связь многих золоторудных объектов с кольцевыми структурами. Специальные же работы по изучению строения, происхождения и поискового значения кольцевых образований не проводились. Недостаточная изученность кольцевых объектов, их практически нераскрытая природа и потенциальное поисковое значение вызвали необходимость проведения в м-бе 1:200 000 специального исследования по выявлению кольцевых структур разными методами. Был реализован комплекс методов, включающий морфоструктурный анализ, геологическую интерпретацию геофизических данных, структурно-вещественный анализ выявленных кольцевых объектов, дешифрирование МДЗ различных уровней генерализации и спектральных преобразований.

Распределение кольцевых структур по площади неравномерно. На одних участках в пределах рифтогенных впадин они практически отсутствуют, исключение составляет северная часть Уяндинской впадины. На других, в центральной части Селенняхской, Хулиджюнской тектонических зонах, расположены достаточно плотно, на остальных участках разрежены. Выявлена закономерность в частоте встречаемости кольцевых структур разной величины. Так через западную и северную части территории проходит широкая (до 65 км) полоса разреженных крупных кольцевых структур; их средние диаметры составляют ~10 км (максимальный – 44 км). На остальной площади преобладают в основном мелкие, плотно расположенные структуры со средними размерами поперечника ~4 км. При этом крупные кольцевые структуры лежат в поле мезозойских флишоидных толщ Полоусненского синклиория, а мелкие – среди карбонатных отложений Селенняхского блока Колымо-Омолонского микроконтинента. К периферийным частям многих неболь-

ших кольцевых объектов (диаметром не более 7-8 км) пространственно приурочены известные рудопоявления и пункты минерализации комплексного оруденения.

Обращает на себя внимание разнообразная морфология структур (рис. 6):

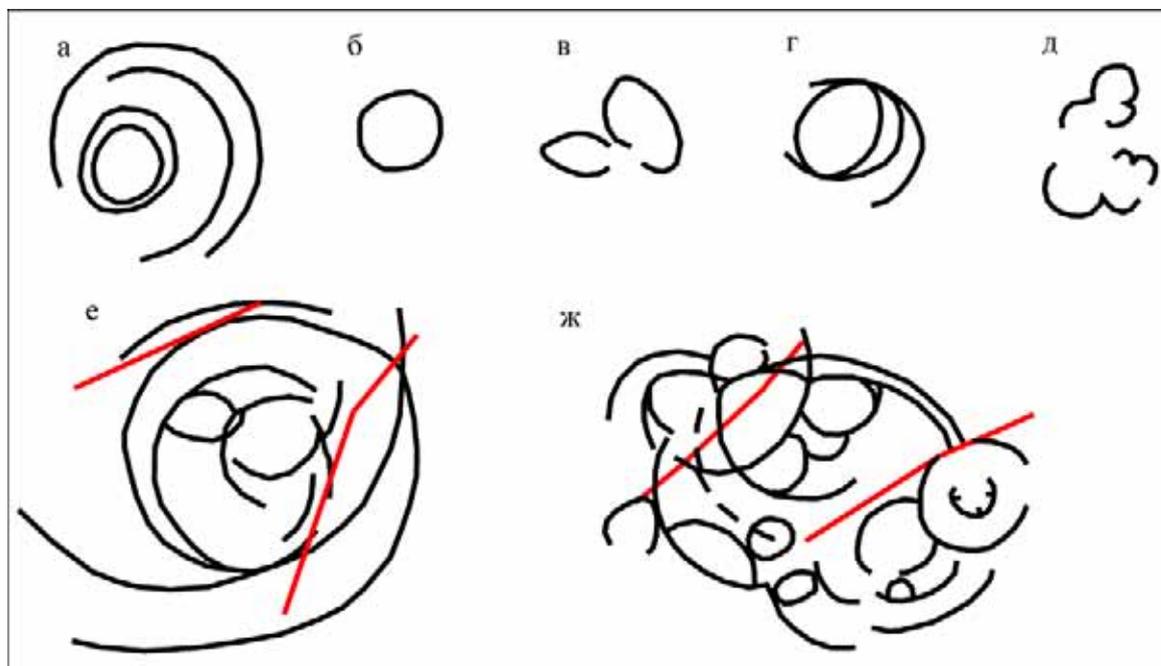


Рис. 6. Разнообразие морфологии кольцевых структур: а) зональные, б) изометричные, в) эллипсоидальные, г) телескопированные, д) чётковидные, е) спиралевидные (вихревые); ж) сложные концентрические комплексы

Впервые для данной территории по морфологическому выражению в плане выделено семь типов кольцевых структур: зональные, простые изометричные, эллипсоидальные, телескопированные, чётковидные, спиралевидные (вихревые); часто структуры разного строения группируются между собой и образуют сложные концентрические комплексы с многочисленными сателлитами. Подавляющее большинство структур выражено в рельефе относительными повышениями, и лишь семь из них – понижениями.

Результаты сопоставления выявленных на КС кольцевых объектов с геолого-геофизическими данными позволили отнести их к группе эндогенных. Эндогенные структуры по генетическому типу разделяются на магматогенные, метаморфогенные и тектоногенные; магматогенные, в свою очередь, подразделяются по типу магматизма и условиям формирования на плутонические, вулкано-тектонические и вулкано-плутонические.

Результаты проведённых исследований позволяют констатировать, что за исключением многочисленных мелких кольцевых структур, распространённых в долинах крупных рек и представляющих собой аласные котловины, образование КС в основном тесно свя-

зано с магматическим диапиризмом. Что касается времени их заложения, то можно считать, что большая часть из них образовалась в позднемеловое-палеогеновое время (вулканотектонические), другая часть – в позднеюрское-раннемеловое (вулканоплутонические). Все они характеризуются многостадийным и длительным развитием.

В работе была проведена **оценка перспектив района на обнаружение комплексного золотого оруденения**. Для этого была применена типовая космоструктурная прогнозная модель, разработанная во Всероссийском научно-исследовательском институте космоаэрогеологических методов (ВНИИКАМ) (Перцов, Гальперов и др., 2004). Рациональная последовательность технологических операций предусматривает поэтапное дешифрирование МДЗ с последовательным использованием всего комплекса данных, применяемых в современных минерагенических исследованиях. Специфической особенностью технологии является акцент на изучение структурного контроля оруденения по МДЗ.

Реализация космоструктурной прогнозной модели (КПМ) как способа выделения потенциальных площадей и критерия оценки их перспективности включала определённую адаптацию для конкретных геолого-тектонических условий территории. Во-первых, были определены границы площади, в пределах которой возможно выявление комплексного золото-сурьмяно-ртутного оруденения – граница площади соответствует границам Уяндино – Сутуруохской минерагенической зоны. Во-вторых, из площади прогноза были исключены неперспективные участки в отношении обнаружения золото-сурьмяно-ртутных объектов: массивы гарнитоидов позднеюрско-раннемелового возраста, области закрытые мощным покровом неоген-четвертичных отложений.

Из материалов более по работам предшественников были выбраны и проанализированы данные о разрывной тектонике изученной территории, из которых наиболее широко распространены разломы восточных и северо-восточных румбов, в подавляющем большинстве установленные при дешифрировании АФС и МКС. Выделяются 4 системы разрывов (в последовательности убывания количества разломов в той или иной системе): 1) главные взбросо-надвиги северо-восточного простирания, 2) оперяющие взбросы северо-восточного простирания, 3) широтные сбросо- и взбрососдвиги, 4) разломы глубокого заложения субмеридиональной ориентировки.

КМП для данной территории состоит из 4 компонент – благоприятных поисковых предпосылок и признаков. В качестве первой компоненты КПМ выбрана система рифтогенных (Аулов, 1988, 2006) сбросо-сдвигов субмеридионального простирания, второй – система главных взбросо-надвигов северо-восточного простирания и оперяющих взбро-

сов северо-восточного простирания, третьей - широтные сбросо- и взбросо-сдвиги и четвёртой – кольцевые морфоструктуры, отражающие нескрытые и вскрытые) раннемеловые интрузии гранитоидов (в создании КПМ использована составленная автором схема кольцевых структур). Наиболее вероятным объектом прогноза и поисков на локальном уровне генерализации (в м-бе 1:200 000) являются рудные узлы и рудные поля. Места сгущения всех компонентов модели являются прогнозируемыми минерагеническими таксонами – рудными узлами. Качественная оценка степени плотности распределения компонент в пределах узлов позволяет перейти к следующему уровню генерализации и выделить потенциальные рудные поля.

Следует отметить, что технология исследований по методу ВНИИКАМ качественная и не предусматривает, к сожалению, какую либо количественную характеристику и не исключает случайных ошибок. Прогнозную оценку выделяемых площадей, авторы предлагают осуществлять, руководствуясь методом аналогии с учётом конкретной геологической обстановки. Предпринятая автором попытка следовать рекомендациям разработчиков и сопоставить собственную КПМ с КПМ Неджанинского золоторудного района привела к тому, что прямые поисковые признаки – многие известные рудопроявления и пункты минерализации золота оказались за границами не только рудных узлов, но и рудного района.

В целях повышения объективности модели и снижения риска включения в наиболее перспективные площади участков с низкой перспективностью (или наоборот – исключения перспективных) автором был проведён статистический анализ плотности распределения компонентов модели по площади. Анализ проведён в пределах ячеек 12x12 км. Размер и площадь окна определялись, исходя из средней площади потенциальных рудных полей, и составляла 144 км², при этом практически полностью исключается возможность пропуска выделяемых объектов (рудных узлов). Для каждой из значимых ячеек (лежащих в пределах минерагенической зоны и не попадающих в неперспективные участки, таких ячеек 71) подсчитано количество попаданий в неё компонент модели, при условии, что любая из компонент является равной по значимости трём остальным. Оказалось, что информативные ячейки характеризуются групповым расположением по площади, что свидетельствует об узловом распределении потенциальных рудных узлов (рудных полей). Локальное усреднение полученных данных, позволяющее снять влияние случайных явлений с эмпирических кривых и вскрыть закономерные пространственные изменения изучаемого признака, было проведено методом скользящего окна размером 12x12 км.

Для полученного массива данных, состоящего из 128 значений, были вычислены необходимые статистические показатели: математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение, момент третьего порядка. Затем были проведены изолинии наибольшей плотности группировки всех четырёх компонент. В качестве граничной изолинии использовано минимальное аномальное значение суммы сочетания всех компонент модели $x + \sigma$, где x – математическое ожидание СВ или среднее значение распределения компонент, σ – среднее квадратическое отклонение. Вторая изолиния показывает значение $x + 2\sigma$, третья – $x + 3\sigma$.

В результате проведенного анализа в центральной части территории выявлена вытянутая в меридиональном направлении аномальная зона. Граница аномалии, определяемая контуром $x + 2\sigma$, приблизительно соответствует границе рудного узла, а области, заключенные в контур $x + 3\sigma$, рассматриваются в качестве рудных полей. Остальные локальные максимумы $x + 2\sigma$, окруженные изолиниями $x + \sigma$, на данном этапе нельзя включать в потенциальные площади вследствие их малой контрастности.

Далее полученные данные были сопоставлены с шестью выделенным ранее участками, в результате два из них по плотности распределения всех четырёх компонент следует признать достаточно обоснованным, чего нельзя сказать об остальных четырёх участках. В итоге выделены три перспективных участка в ранге рудных полей, рекомендованные для постановки поисковых работ в м-бе 1:50 000 (рис.7).

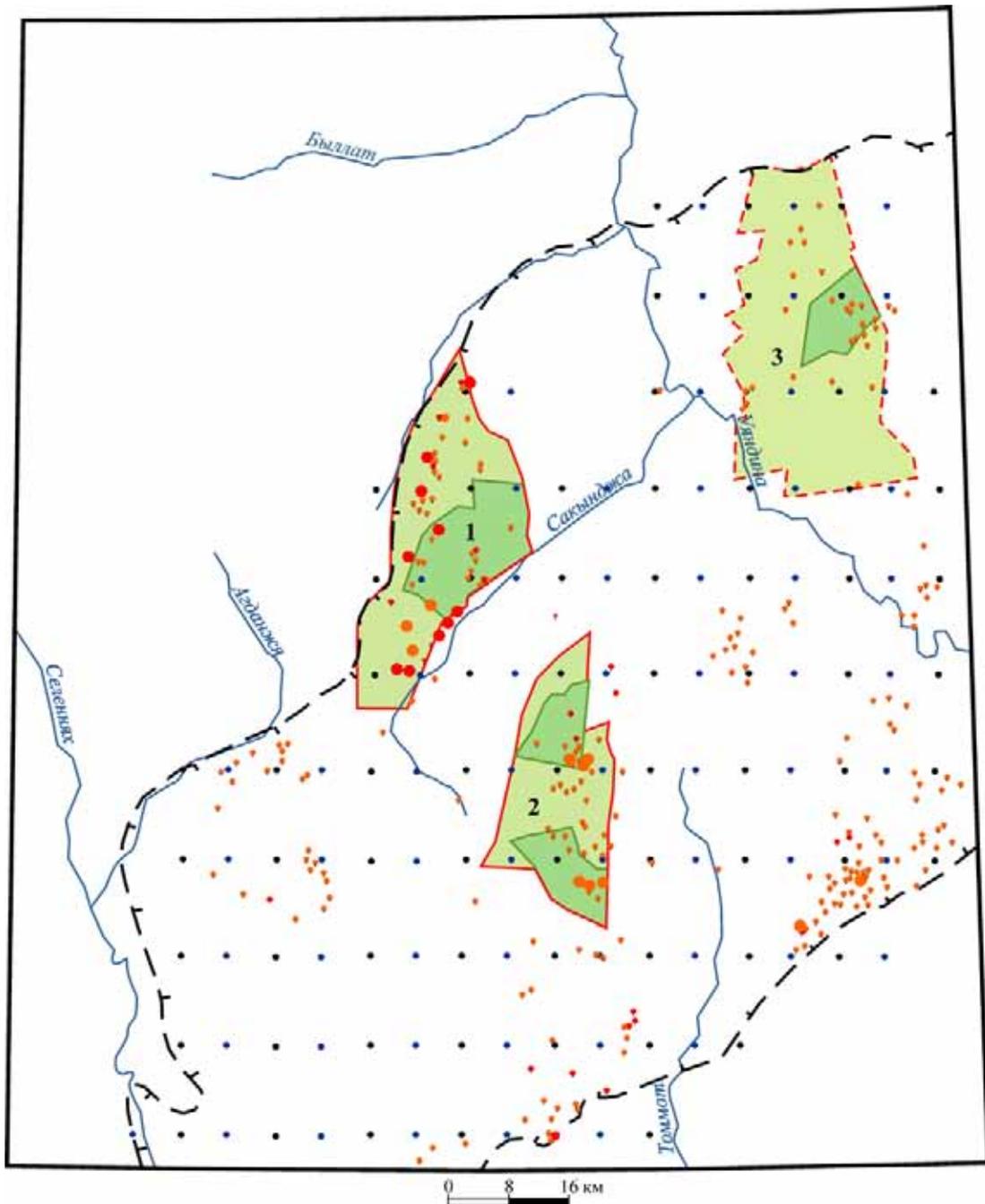


Рис. 7. Перспективные участки №1 и №2 для постановки поисковых работ м-ба 1:50 000, работы на участке №3 рекомендуется проводить только после получения результатов ГРП на участках №1 и №2.

Разбраковка площадей по перспективности и очерёдности освоения проведена путём оценки площадей выделенных рудных узлов и полей и наличия известных рудопроявления и пунктов минерализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Изученный район, охватывающий площадь 16,64 тыс. км², представляющий фрагмент пограничной зоны между структурами Колымо-Омолонского микроконтинента и Полоусненского синклинория, характеризуется сложным геологическим строением и большим количеством рудопроявлений и пунктов минерализации золота, олова, ртути, сурьмы, редких земель, а также других цветных, чёрных, благородных металлов, редких и рассеянных элементов, горноиндустриального и строительного сырья. Несмотря на удаленность и труднодоступность, он является перспективным горнорудным регионом Северо-Востока России. Всё это определяет перспективность и актуальность его дальнейшего изучения.

- Анализ смены геодинамических обстановок во времени и пространстве позволил раскрыть особенности формирования земной коры региона и по-новому провести тектоническое районирование. В тектоническом строении района выделено восемь зон и блоков, различающихся возрастным интервалом и геодинамической характеристикой слагающих их формаций, временем и характером дислокаций: Иргичанская, Депутатская, Хулиджюнская, Селенняхская, Оймяконская, Момская, Уяндинский, Туостахский блоки и система наложенных кайнозойских впадин.

- Формирование структур происходило в позднемезозойский и последующий кайнозойский этапы. Основной структурный план был создан в мезозойскую эпоху, когда оформились тектонические зоны, различающиеся по характеру дислокаций. Иргичанская, Хулиджюнская зоны и южная часть Депутатской приобрели складчато-надвиговое строение, а северная часть Депутатской зоны – покровное. Заложились крупнейшие тектонические швы: Иргичанский, Быллатский, Нальчанский, Олындынский разломы.

- В кайнозое произошла ортогональная перестройка структурного плана, и ранее сформированные структурные формы вошли составными элементами во вновь образованные структуры, обусловив структурно-геоморфологические особенности их внутреннего строения. Геодинамические условия латерального сжатия в северо-западном направлении, характерные для донеотектонического поля напряжений, сменились на новейшем этапе условиями растяжения, запечатлевшимися в блоковом характере поднятий и рифтогенных впадин.

- В новейшем строении района выделены Восточно-Селенняхская и Оймякон-Хатыннахская системы поднятий и Момо-Селенняхская, Уяндинская и Томмотская риф-

тогенные впадины. Суммарные вертикальные амплитуды новейшего этапа оцениваются ~1000 м.

- Новейший структурный план дискордантен по отношению мезозойскому. Характерное для мезозоя преобладающее северо-восточное простирание структурных форм, на новейшем этапе изменилось на генеральное север – северо-западное. При этом новейшие структурные формы во многом наследовали неоднородности древнего геологического основания.

- Условия растяжения земной коры, существовавшие при развитии неотектонических структур, сменились в четвертичном периоде (предположительно, в плейстоцене) латеральным сжатием, трансформировавшим региональные сбросы во взбросо- и сбросо-сдвиги.

- В ходе изучения новейшего строения исследуемой территории в плане и в разрезе, а также анализ литературных данных по этой проблеме позволил выделить три стадии морфологического развития структурных форм. На первой — позднеолигоцен-раннеплиоценовой - происходили относительно малоамплитудные тектонические движения, приведшие к образованию неглубоких впадин с комплексом болотных угленосных и аллювиальных осадков и невысоких локальных поднятий. На второй стадии — позднеплиоцен-раннеплейстоценовой - формируются основные конэрозионные поднятия и сокращаются площади прогибания и осадконакопления. В неоплейстоцене продолжается расширение и увеличение амплитуд поднятий, меняются очертания и площади впадин, краевые части которых оказались втянутыми в орогенез.

- Выявлены неотектонические предпосылки прогнозирования и поиска россыпей. К ним относятся: длительно развивающиеся разломы, прежде всего граничного типа в связи с линейными корами выветривания и возможно остаточными россыпями; региональные разломы, граничные для новейших поднятий и рифтогенных впадин; долинные педименты как участки возможной сохранности площадных кор выветривания и элювиальных и элювиально-деллювиальных россыпей.

- Составлены оригинальные схемы тектонического и неотектонического районирования.

- На основе материалов авторских натуральных наблюдений и реконструкций, основанных на сопряженных максимумах трещин, выполненных по методике М.В. Гзовского, и реконструкций, основанных на данных о направлениях векторов сдвиговых смещений и об ориентации реализованных плоскостей в механизмах землетрясений, выполненных по

методике структурно-кинематического анализа О.И. Гущенко, восстановлено поле тектонических напряжений.

- Выявлено шесть последовательных фаз смены тектонического поля напряжений регионального ранга, произошедших в течение позднемезозойско-кайнозойского цикла развития региона. Смена геодинамических режимов в развитии района с поздней юры до наших дней определялась последовательным изменением формы эллипсоида напряжений, позволяющим сделать выводы об условиях относительного «сжатия-растяжения».

- Смена всех выделенных фаз тектонического поля напряжений проходила в условиях устойчивой ориентации (трёх) главных осей тензора напряжений регионального ранга. Две «пологих» оси тензора на каждой из последовательных фаз оставались ориентированными по диагональным направлениям (СЗ-ЮВ и СВ-ЮЗ), а ориентировка третьей оси всегда оставалась «крутой», направленной почти на зенит. С явлением устойчивости (инвариантности) главных осей тензора напряжений во времени и пространстве генетически связан феномен фазово-циклического развития тектонических процессов.

- Впервые (по форме эллипсоида) удалось установить численные оценки трех фаз, в том числе рифтогенной фазы деформации региона, связанной с развитием Момского рифта.

- В реконструированной картине фазово-циклического изменения условий деформации региона удаётся более чётко определить природу и относительную последовательность основных геологических событий.

- Реконструкция полей тектонических напряжений структурно-геоморфологическим и кинематическим методами подтвердила наличие на современном (четвертичном) этапе обстановки латерального сжатия, с преобладающим правосторонним перемещением по разломам.

- Впервые для данной территории в м-бе 1:200 000 реализована технология совместного изучения материалов дистанционного зондирования, геологических, геофизических и структурно-геоморфологических данных при выявлении кольцевых структур. В результате было выделено множество кольцевых объектов и проведено их подробное изучение. Впервые установлена закономерность частоты встречаемости (плотности) кольцевых структур с различными размерами поперечника: запад и север территории – район распространения разреженных крупных кольцевых структур со средними диаметрами ~10 км (до 44 км). На остальной площади преобладают в основном мелкие, плотно расположенные структуры со средними размерами поперечника ~4 км. Крупные кольцевые структу-

ры распространены преимущественно в поле мезозойских пород, мелкие – в поле развития палеозойских отложений.

- По морфологическому выражению в плане выделено 7 типов кольцевых структур и концентрических комплексов. Установлена и охарактеризована уникальная вихревая Быллатская структура, сделано предположение о её тектоногенной природе.

- Выделенные кольцевые структуры разделены по генезису, отнесены к группе эндогенных и объединены в три типа: магматогенные, метаморфогенные и тектоногенные; а магматогенные, в свою очередь, разделены по типу магматизма и условиям формирования на плутонические, вулкано-тектонические и вулкано-плутонические. Время заложения большей части этих структур позднемеловое-палеогеновое (вулкано-тектонические), других – позднеюрско-раннемеловое (вулкано-плутонические). Все они характеризуются многостадийным и длительным развитием.

- В настоящей работе проведён эксперимент по применению технологии прогнозно-минерагенических исследований на основе материалов дистанционного зондирования, разработанной во ВНИИКАМ для прогноза комплексного золото-сурьмяно-ртутного оруденения в области палеозойско-мезозойской складчатости. Эксперимент показал следующее:

- а). Создание КПМ, построенной на основе МДЗ, является эффективным методом выявления потенциальных площадей – рудных узлов и рудных полей, т. к. группы выявленных ранее рудопроявлений и многочисленных пунктов минерализации локализованы в пределах выделенных площадей. Это, несомненно, свидетельствует о высокой информативности компонентов модели и поисковой ценности методики как оригинального способа выявления, ранжирования и разбраковки по перспективности потенциальных площадей.

- б). Для достижения оптимального результата и повышения надёжности прогнозных выводов, как показал эксперимент, необходимо включение в процесс формирования модели количественные характеристики выделяемых объектов (например, статистического анализа плотности распределения компонентов модели по площади).

- в). При формировании КПМ очень важен правильный выбор параметров выделяемых структур, зависящих в основном от геолого-структурных особенностей исследуемой территории.

- Выделены перспективные площади, благоприятные для локализации комплексного золото-сурьмяно-ртутного оруденения в ранге рудных узлов и полей. Проведена их разбраковка по перспективности и очерёдности освоения.

Проведенные автором исследования являются лишь эпизодом в истории изучения геолого-тектонического строения территории и её рудоносности. Многие вопросы, рассмотренные в работе, требуют дальнейшего развития и уточнения. Это касается, в частности, проблем причин орогенеза и геодинамических условий формирования отдельных элементов геолого-структурного плана региона, их пространственных и временных соотношений; определения взаимоотношений и последовательности формирования структурных парагенезисов; развития и совершенствования прогнозно-поискового моделирования, основанного на использовании космической информации.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Журавлёв А.Н., Корчуганова Н.И. Тектоника и геодинамика Верхнеселенных – Уяндинского района РС (Я). // Изв. вузов. Геология и разведка. 2009. № 3. С. 3 – 8. 1.
2. Журавлёв А.Н. Космотектоническая модель строения района Селенных – Уяндинского междуречья (Респ. Саха (Якутия). // Новое в региональной геологии России и ближнего зарубежья. Материалы совещания. М.: РГГРУ, 2008. С. 36-39.
3. Журавлёв А.Н. Формирование и развитие тектонической структуры Верхнеселенных-Уяндинского района Якутии в мезозое. Тез. Докладов X юбилейная международная молодежная научная конференция «СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2009», Ухта, УГТУ, 2009 г. С. 39-41.
4. Журавлёв А.Н. Новейшая тектоника Верхнеселенных-Уяндинского района Якутии. // Изв. вузов. Геология и разведка. 2010. № 1. С. 7-13.