

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ»

На правах рукописи

**ЛОСКУТОВ Евгений Евгеньевич**

**ИСТОРИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ  
ЗОЛОТО-УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО УЗЛА**

Специальность:

25.00.11. – Геология, поиски и разведка твердых полезных  
ископаемых, минерагения

Диссертация

На соискание ученой степени кандидата  
геолого-минералогических наук

Научный руководитель:  
доктор геолого-минералогических наук  
профессор В.И. Жижин

Москва 2016

## Оглавление

<b>Введение.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. ЭТАПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ЭВОЛЮЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО УЗЛА.....</b>	<b>10</b>
1.1. История геологической изученности и гипотезы предшественников о формировании руд .....	11
1.2. Геологическая эволюция территории Нимнырского террейна и расположенного в его пределах Эльконского рудного узла.....	14
1.2.1. Архей – раннепротерозойский этап.....	15
1.2.2. Позднепротерозойский – раннепалеозойский этап .....	25
1.2.3. Мезозойский этап .....	27
1.2.4. Неоген-четвертичный этап и блоковое строение Эльконского рудного узла .....	37
<b>ГЛАВА 2. ПЕТРО- И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНОВОЗРАСТНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО УЗЛА.....</b>	<b>45</b>
2.1. Петро- и геохимическая характеристика медведевского комплекса.....	45
2.2. Петрохимическая характеристика гранитоидных комплексов Эльконского рудного узла .....	59
2.3. Петрохимические и геохимические особенности мезозойского магматизма в пределах Эльконского рудного узла.....	71
2.4. Геохимические условия формирования рудоносных зон .....	88
<b>ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ ПОИСКОВЫХ КРИТЕРИЕВ ЗОЛОТО- УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО ТИПА.....</b>	<b>94</b>
3.1. Анализ специализированных тематических (геофизических, геохимических, геодинамических и геологических) карт .....	94

3.1.1. Отображение разновозрастных магматических комплексов в геофизических полях .....	94
3.1.2. Проявление в геофизических полях рудоконтролирующих тектонических структур.....	103
3.2. Металлогенический анализ территории Эльконского рудного узла .....	113
3.3. Поисковые критерии и геолого-генетическая модель образования золото-урановых месторождений в структурах Алдано-Станового щита. ....	115
3.4. Расчет ресурсного потенциала по выделенным геологическим блокам	122
<b>Заключение .....</b>	<b>130</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>132</b>

## Введение

**Актуальность работы.** Постоянно растущий в современном мире спрос на благородные металлы и энергетические ресурсы предполагает увеличение добычи золота и урана. Это определяет необходимость изучения коренных источников благородных и радиоактивных металлов с точки зрения целенаправленного открытия новых объектов. Важным при организации поисковых работ является понимание генезиса рудных тел, что способствует уточнению геологических причин местоположения руд. В настоящее время на Сибирской платформе наиболее детально исследованы месторождения Эльконского рудного узла, расположенного в северной части Алдано-Станового щита. Золотоурановые руды Эльконской группы месторождений составляют 57% от разведанных общероссийских запасов урана, это один из крупнейших рудных районов мира. Уточнение генетических условий образования руд способствует дополнению поисковых критериев формирования комплексного золотоуранового оруденения. Эльконский рудный узел, как известно, расположен в пределах выступа древнего складчатого фундамента, на котором последовательно происходили многочисленные этапы активизации тектономагматических процессов. Понимание причин генезиса руд связано с условиями формирования их вещественного состава. Следовательно, определение первичных источников химических элементов, слагающих рудные минералы, позволит на основе научных данных прогнозировать аналогичные месторождения в других участках докембрийского фундамента вдоль северного обрамления Алданского щита.

**Цель работы** – уточнение геолого-генетических условий формирования золото-браннеритовых руд и обоснование поисковых критериев их обнаружения в пределах Сибирского кратона (на примере Эльконского рудного узла).

Согласно поставленной цели решались следующие задачи:

1. Детализировать данные о геолого-тектоническом строении Эльконского рудного узла.
2. Определить источники поступления в гидротермально-метасоматические тела рудных элементов (U, Au, Ti, Fe).

3. Установить причины, периоды и условия поступления Au и U в растворы, сформировавшие метасоматические рудоносные зоны.

4. Уточнить поисковые критерии Au-U месторождений в пределах северного обрамления Алдано-Станового щита.

**Фактический материал и личный вклад автора.** В основе диссертации содержатся данные, полученные в процессе проведения анализа фондовых и опубликованных геологических материалов, а также личные полевые наблюдения и фактические сведения, собранные и обработанные автором в процессе исследований на объекте.

Собственные исследования (2009-2014 гг.) включают изучение разрезов толщ по керну скважин, образцов пород из рудных зон, лабораторных исследований проб, отобранных на разных месторождениях Эльконского рудного узла. Большая часть полевых исследований проводилась в пределах месторождений зоны Южной. Образцы и пробы подвергались специализированным видам анализов, которые способствовали решению поставленной цели. Кроме собственных материалов обрабатывались ретроспективные данные по геологии, геофизике, геохимии по результатам проведенных на объекте исследований разведочных, поисковых и оценочных работ. Анализировалась информация, полученная из производственных отчетов Приленской экспедиции, Алдангеологии, ФГУП ВСЕГЕИ, ФГУП ВИМС, МГРИ-РГРУ.

Фактический материал представлен:

- документацией керна контрольно-стволовых и разведочных скважин, пробуренных в пределах зоны Южной (общая протяженность изученного керна ~20 тыс. п.м.);

- результатами спектрального полуколичественного анализа по пробам, отобранным по вторичным ореолам рассеяния в пределах второй по размерам рудоносной зоны Сохсолоохской (количество проб 274 на 33 химических элемента);

- данными о статистической обработке результатов спектрального анализа по вмещающим породам восточной части Эльконского рудного узла (прим. 1532 образца на 33 химических элемента).

- результатами полного силикатного анализа (286 образцов) атомно-абсорбционным методом;

- результатами химических анализов (68 образцов) на микроэлементы (45 элементов);

Весь фактический материал проанализирован и целенаправленно подготовлен для демонстрации в виде рисунков, графиков, таблиц и карт с использованием специализированного программного обеспечения (ArcGIS 9.3, Microsoft Office 2007, SPSS 17.0, Surfer 8.0, PetroExplorer 2.4, CorelDraw, Koskad 3D).

**Научная новизна.** Рассмотрен комплекс длительно проявленных геодинамических процессов от раннего архея до неотектонических движений, сказавшихся на формировании современной структуры рудных зон. На основе геохимической специализации обоснованы выводы о гидротермально-метасоматическом переносе главных рудных элементов из первичных породных магматических комплексов. Рассмотрены временные интервалы формирования рудоносных метасоматитов. На основе детального геолого-геофизического анализа обосновано участие пород архейского ультрабазит-базитового медведевского комплекса и раннепротерозойского гранитного каменковского комплекса в формировании золото-урановых руд Эльконского типа.

Выполнен комплексный анализ составленных автором тематических (геохимических, геофизических, геологических, геодинамических) карт, разрезов и планов с применением ГИС технологий для определения закономерностей местоположения рудных объектов.

**Практическая значимость.** Дополнение поисковых критериев обнаружения гидротермально-метасоматических золото-урановых месторождений, связанных с гидротермальной деятельностью и щелочным мезозойским магматизмом. Это позволит наметить новые перспективные участки для поисков аналогичных рудоносных объектов на всем северном обрамлении Алдано-Станового щита.

Существо работы отражено в следующих **защищаемых положениях:**

*1. В пределах Эльконского рудного узла выделено пять структурно-вещественных блоков: северо-западный, эльконский, минеевский, агдинский и фе-*

*доровский, которые различаются особенностями геологического строения, металлогенической специализацией и сопутствующими минералами в гидротермально-метасоматических рудных зонах.*

*2. Комплексы первичных докембрийских магматических пород (медведевский и каменковский комплексы), расположенные среди толщ Эльконского рудного узла, содержат повышенные кларки концентраций радиоактивных элементов, титана, железа и золота. Перераспределению и концентрации, указанных компонентов в рудоносные гидротермально-метасоматические зоны, способствовали флюиды и гидротермы щелочного магматизма в период всех мезозойских фаз активизации.*

*3. На основе комплекса структурно-вещественных, геологических, геофизических и геотектонических данных дополнены среднемасштабные прогнозно-поисковые критерии золото-урановых месторождений в пределах Алдано-Станового кристаллического щита.*

**Апробация работы.** Результаты исследования представлены на Аспирантских чтениях Северо-Восточного Федерального Университета в 2010 и 2012 г.г., Всероссийской научной конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-востока России» в 2012 – 2015 гг., Ломоносовских чтениях 2013. X и XI Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» в 2011 и 2013 г.г., Всероссийской конференции посвященной 150-летию академика Ф.Ю. Левинсона-Лессинга и 100-летию профессора Г.М. Саранчиной «Современные проблемы магматизма и метаморфизма» 2012 г., Второй научной школы молодежи «Новое в познании процессов рудообразования» ИГЕМ РАН – 2012 г., Всероссийской конференции научной молодежи ЭРЭЛ – 2011, 2012 и 2013. Основные выводы диссертации опубликованы в рецензируемых журналах (Наука и образование №1 2013 г. и №4 2014 г.)

**Публикации.** Результаты исследований по теме диссертации отражены в 10 печатных работ, в том числе 2 статьи – в журналах, входящих в перечень реферируемых ВАК изданий.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, включающего 96 наименований. В главах раскрыто обоснование сформулированных защищаемых положений. Объем работы 142 страницы, содержит 44 рисунка и 12 таблиц.

Во введении обоснована актуальность работы, охарактеризованы цели, задачи, предмет и объект исследования. Представлена научная новизна, практическая значимость и личный вклад автора, информация по апробации разделов работы. Приведен использованный фактический материал.

В ГЛАВЕ 1 изложены общие сведения об этапах изучения и эволюции геологических процессов формирования рудоносных объектов в пределах территории Эльконского горста. Доказывается его блоковое строение (северо-западный, федоровский, эльконский, агдинский и минеевский), с характерным составом для каждого из них минерального парагенеза в гидротермально-метасоматических рудах.

Во 2-й ГЛАВЕ приведены петрохимическая и геохимическая характеристика разновозрастных магматических комплексов и их участие в процессах образования комплексных золото-урановых месторождений. Выделены два главных источника химических элементов для формирования состава рудных минералов: архейские ультрабазит-базитовые породы медведевского комплекса для золота в эльконитах и раннепротерозойские лейкогранитные тела каменковского комплекса для урана в браннерите. Мезозойский щелочной этап магматической активизации представлен как фактор перераспределения химических элементов из вмещающих пород в зоны разгрузки (гидротермально-метасоматические жильные зоны).

В ГЛАВЕ 3 выполнен комплексный анализ геологического строения, зон и характеристики распределения геофизических полей (магнитного, гравитационного и радиационного). Обоснованы новые региональные поисковые критерии золото-урановых месторождений Эльконского типа.

Заключение резюмирует основные выводы по произведенным исследованиям, включая, данные о первичных источниках химических элементов в рудных

минералах и закономерностях локализации комплексных золото-урановых гидротермально-метасоматических жил на месторождениях Эльконского рудного узла.

**Благодарности:** Диссертационная работа выполнена на кафедре региональной геологии и геоинформатики Северо-Восточного Федерального университета имени М.К. Аммосова под научным руководством д.г.-м.н., профессора Владимира Ивановича Жижина, оказавшего автору неоценимую научную и практическую помощь, поддержку и критические замечания. Автор с благодарностью вспоминает помощь в организации первого полевого сезона в составе Эльконского геолого-поискового отряда (ЭГПО) главного геолога ГУГГП «Якутскгеология» А.А. Узункояна, генерального директора А.Н. Колтина, начальника ЭГПО А.А. Панкова. За совместные полевые работы, помощь и многочисленные консультации при написании диссертации автор выражает благодарность профессору кафедры ГМПИ ИГМР РГГРУ Г.Н. Пилипенко и д.г.-м.н., профессору, декану ИГМР РГГРУ А.А. Верчебе. В процессе работы над диссертацией было бы затруднительно обойтись без творческой поддержки и многочисленных советов сотрудников кафедры региональной геологии и геоинформатики к.г.-м.н., доцента С.С. Рожина, доцента В.Р. Филиппова и к.г.-м.н., доцента Н.А. Пуляева, а также постоянной организационной помощи и моральной поддержки к.г.-м.н., доцента, зав. каф. М.Ф. Третьякова. Отдельное спасибо коллегам кафедры поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ГРФ СВФУ к.г.-м.н., доц. Л.И. Полуфунтиковой, доц. Н.Н.Иванову.

## ГЛАВА 1. ЭТАПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ЭВОЛЮЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Эльконский рудный узел (ЭРУ) расположен в пределах Центрально-Алданского супертеррейна, в краевой северной части Нимнырского гранулит-ортогнейсового террейна (рис.1). На севере складчатые структуры этого террейна перекрыты толщами платформенного венд – нижнекембрийского чехла, а с востока ограничены Тыркандинской зоной тектонического меланжа, по которой происходит сочленение с Учурским гранулит-парагнейсовым террейном [61].

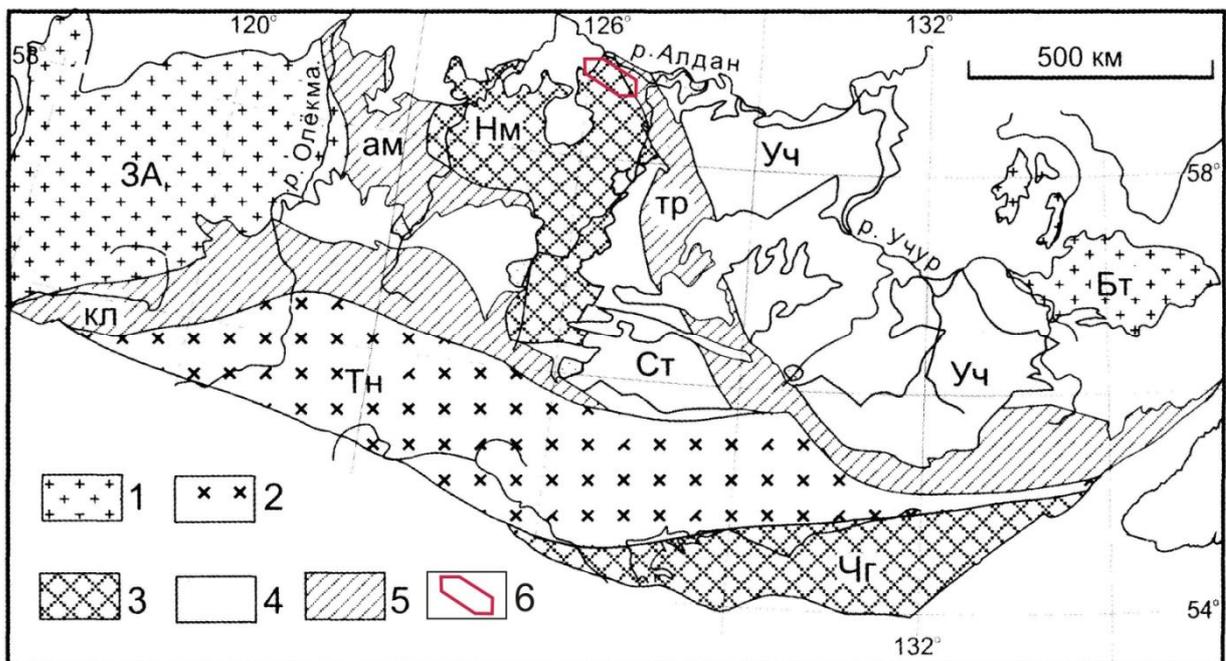


Рис. 1. Схема расположения террейнов Алдано-Станового щита [61]. 1-4 – террейны: 1 – гранит-зеленокаменные (ЗА – Западно-Алданский, Бт - Батомский), 2 – тоналит-трондъемитогнейсы (Тн – Тындинский), 3 – гранулит-ортогнейсовые (Нм – Нимнырский, Чг – Чогарский), 4 – гранулит-парагнейсовые (Ст – Сутамский, Уч – Учурский); 5 – зоны тектонического меланжа (ам – Амгинская, кл – Каларская, тр - Тыркандинская; 6 – Эльконское рудное поле.

В структурном плане Нимнырский террейн характеризуется широким развитием гранито-гнейсовых куполов, наиболее крупным из которых является Тимптонский купол. Эльконский рудный узел расположен в пределах правого, так на-

зываемого плеча Нимнырского террейна, где вскрыты толщи, представленные ассоциацией пород федоровской серии – это в основной своей массе амфиболиты с прослоями и линзами диопсидовых и флогопитовых пород.

### **1.1. История геологической изученности и гипотезы предшественников о формировании руд**

Генетические проблемы золото-урановой рудоносности на месторождениях Эльконского рудного узла уже многие годы привлекают внимание геологов. Согласно определениям абсолютного возраста [25], формирование браннеритовых руд происходило в позднеюрское – раннемеловое ( $145 \pm 20$  млн. лет) время, примерно в тот же период времени шло внедрение мезозойских щелочных магматических тел, сопряжённых с тектонической активизацией Алдано-Станового щита. Совпадение этапов образования гидротермально-метасоматических рудных зон с периодом формирования мезозойского магматизма указывает на ведущую роль мезозойской магматической деятельности. Последняя обеспечила воздействие на вмещающие породы флюидов и гидротермальных растворов, обусловивших перераспределение химических элементов с образованием жильных минералов. При этом одинаковый минеральный состав браннеритовых руд, в пределах всей территории Эльконского рудного узла, как на северо-западе района, вблизи серии вскрытых мезозойских интрузий, так и в юго-восточной части вдоль рудоконтролирующих разломов, где расстояние от вскрытых на поверхности мезозойских массивов составляет 15-20 км. Это свидетельствует о том, что в составе метасоматического рудообразования участвовали вмещающие архей-раннепротерозойские породы, обеспечившие химическими соединениями рудные минералы. Ещё один факт, который указывает на источник рудного вещества, это высокое содержание титана в рудах, содержание которого достигает 25%, заимствование его происходило из вмещающих метаморфических и магматических комплексов пород [10].

С 1964г. сотрудники МГРИ (научный руководитель проф. Захаров Е.Е.) проводили планомерное изучение на золото и уран территории Эльконского гор-

ного массива. Исследования разных геологических аспектов этого района проводились совместно с подразделениями Приленского производственного геологического объединения. К 1966 г. по результатам анализа комплексной геологической документации и собственных наблюдений, выполненных сотрудниками Московского геологоразведочного института (партия № 30, ответственный Пилипенко Г.Н.), было установлено, что золотая минерализация устойчиво сопутствует урановому оруденению во всех рудных зонах Эльконского горста [62]. Полученный вывод и послужил основополагающим фактором для дальнейшего проведения геологоразведочных работ с оценкой месторождений на золото и уран.

В 1971 г. в геологическом строении Нимнырского террейна впервые был охарактеризован самый древний магматический комплекс [78ф], выделенный как архейский (ранний – догранитный). По минеральному составу породы этого комплекса являются преимущественно амфиболитовыми. В последующем эти амфиболиты включались в состав нижнего горизонта федоровской серии пород. И лишь в конце 90-х [87ф] они были выделены в самостоятельный медведевский плутонический комплекс.

В последнем десятилетии было установлено, что пределах Алданского щита метабазиты медведевского комплекса являются золотоносными – месторождение им. Пинигина [33, 34, 35].

В этот же период определено, что главной особенностью геохимии аляскитовых гранитов, образованных в протерозойский этап тектономагматической активизации, является повышенное содержание подвижного (легкоизвлекаемого) урана [11]. Это так же облегчает задачу оконтуривания протерозойских гранитов при геологической картировании [80].

Я.Д. Готманом и др. детально изучен основной содержащий уран минерал браннерит из метасоматических рудных зон Эльконских рудопроявлений и месторождений, который был отнесен к средне – низкотемпературной его разновидности. При этом был детально изучен химический состав минерала, а также установлено, что от известных в литературе браннеритов он отличается более низкой плотностью ( $4,32 \text{ г/см}^3$ ), низкими показателями преломления  $2,06 < n < 2,11$ , значи-

тельным содержанием воды (6,04%) и составом элементов-примесей. Кроме того, этот браннерит практически не содержит тория (0,04%) и редких земель (0,55%); за исключением обычных примесей циркония (1,39%) и ниобия (2,0%), в нем установлен вольфрам (3,28%). Элементами спутниками урана в рудах являются W, Nb, Y, Yb, As и Tl. [15, 59].

В результате многолетнего изучения образцов из руд Эльконских месторождений, было установлено, что основная масса чёрного первичного браннерита присутствует в них в эндогенно разложенном виде. Эти руды представлены «палевыми микробрекчиями» [6], образованными под воздействием послерудных стадий гидротермальной проработки [52]. Было установлено, что «палевые микробрекчии» являются наиболее легко поддающимися при обогащении руды, в отличие от исходнобраннеритового оруденения, содержание которого в рудных зонах, обычно не превышает нескольких процентов.

По мнению некоторых авторов [68, 87ф] метасоматиты из рудных тектонических зон Эльконского горста отнесены к формации гумбеитов. Состав гумбеитов определяется по ассоциации в рудных зонах кварца, ортоклаза, анкерита и пирита. В отличие от шеелитовых гумбеитов, при образовании метасоматических рудных зон Эльконских месторождений, кварц-карбонат-калиевошпатового состава, вслед за замещением меланократовых минералов вмещающих пород идет усиленное растворение входящего в их строение кварца с формированием очень мелкозернистых метасоматитов состоящих из калиевого полевого шпата (40-60%), карбонатов (33-45%) и мельниковита – золотоносного пирита (7-15%). В связи с существенным отличием состава эти золотоносные метасоматиты отнесены к самостоятельному типу и названы «элькониты» [7].

Вопрос о генезисе мельниковит-браннеритовых руд, постоянно сопутствует на протяжении всей истории геологических исследований, проводившихся на этой обширной территории. Здесь выполнен комплекс геолого-геофизических и геохимических исследований: пробурено около 1 млн. пог. м. скважин, в том числе глубоких (до 2 км), пройдено более 60 км подземных горных выработок, 1,3 млн. м<sup>3</sup> канав. Для этого региона составлены специализированные на уран геоло-

го-прогнозные карты масштаба 1:100 000 (ВСЕГЕИ) и 1:25 000 (ВИМС). Активное участие в открытии и изучении золото-урановых месторождений Эльконского рудного узла принимали производственные организации «Главгеологоразведки», ВСЕГЕИ, ВИМСа, ИГЕМа, МГРИ-РГГРУ и др. Таким образом, весь более чем полувековой период изучения разных участков в пределах Эльконского рудного узла исследовались всесторонние аспекты образования и последующего существования гидротермально-метасоматических минеральных парагенезисов.

Несмотря на детальное геологическое изучение отдельных месторождений региона, остался ряд нерешённых вопросов в определении первичных источников благородных и радиоактивных элементов, содержащихся в рудных зонах, значительного по площади рудного узла. О разнообразии минералов и последовательности их образования наиболее подробная информация приведена в диссертациях [62], а также в отдельных статьях [41, 52, 53].

## **1.2. Геологическая эволюция территории Нимнырского террейна и расположенного в его пределах Эльконского рудного узла**

В истории геологической эволюции Эльконского рудного узла прослежена сложная геодинамическая последовательность, и по геологическому строению выделено более десяти этапов тектономагматической активности [24].

Работами предшественников только в истории геологического развития раннего докембрия выделено более пяти тектоно-метаморфических циклов [19, 20]. Внутренняя структура Алдано-Станового щита, подверженная процессам регионального метаморфизма, формировалась в течение длительного периода времени и в своём строении отражает неоднократную смену тектоно-метаморфических этапов. Эти этапы обусловили динамику развития с наложением друг на друга разноплановых и разномасштабных деформаций, произошедших в разнообразных обстановках формирования литогеодинамических комплексов. Неоднократное наложение разнообразных геологических процессов (региональный метаморфизм, анатексис, палингенез, метасоматоз, гидротермальное воздей-

ствие) [44] на протяжении всей эволюции привело к тому, что первоначально слагающие эту территорию горные породы различного генезиса (магматические, метаморфические, жильные) образуют полностью кристаллические массивы. При этом даже одинаковые по комплексам породообразующих минералов породы образуют весьма разнообразные по морфологии, текстурам, структурам и составу горные породы [50].

### **1.2.1. Архей – раннепротерозойский этап**

В период наиболее ранней истории, первый тектоно-метаморфический этап эволюции территории, образовались древнейшие комплексы пород, выделенные как супракрустальные толщи верхнеалданской серии. Пространственно с ними ассоциируются наиболее ранние плагиогранитоиды. Возраст характеризуемого инфракомплекса около 3,7 млрд. лет по [19, 20] и Sm-Nd модельными возрастами в интервале 3,5-3,9 млрд. лет [29]. На стратиграфической шкале 2006 года этот возраст соответствует раннему архею.

Гранитные породы чарнокитового комплекса в современном эрозионном срезе вскрыты лишь на северо-востоке Эльконского горста, где они по форме образуют согласные линзовидные или пластовые тела небольших размеров.

После первого этапа складчатости и ультраметаморфизма Нимнырский террейн, в северной части которого располагается Эльконский рудный узел, представлял собой участок ранней кратонизации (Иенгрский литоплент, Алданский микроконтинент), подвергшийся в последующем интенсивным преобразованиям [86].

В период второго тектоно-метаморфического цикла был образован комплекс базальтоидных тел континентального типа. В существующем разрезе они слагают федоровскую толщу (федоровская серия), возраст которой около 3 млрд. лет [27], а модельный возраст 3,1 -3,2 млрд. лет [29].

В интервале времени, включающего формирование структур третьего и четвертого циклов, в результате аккреции Центрально-Алданского супертеррейна с

Учурским террейном произошло присоединение островодужных образований к протоконтиненту и образование фёдоровской островной дуги представленной вулканитами дифференцированной субщелочной базальт – андезит – дацит – риолитовой серии [86ф, 95ф]. Поскольку породы фёдоровской серии интерпретируются как первично вулканические (табл.1), результаты силикатных анализов их были нанесены диаграмму классификации вулканических пород (рис.2). На данной диаграмме видно, что координаты точек, характеризующие состав пород, попадают в область субщелочной серии.

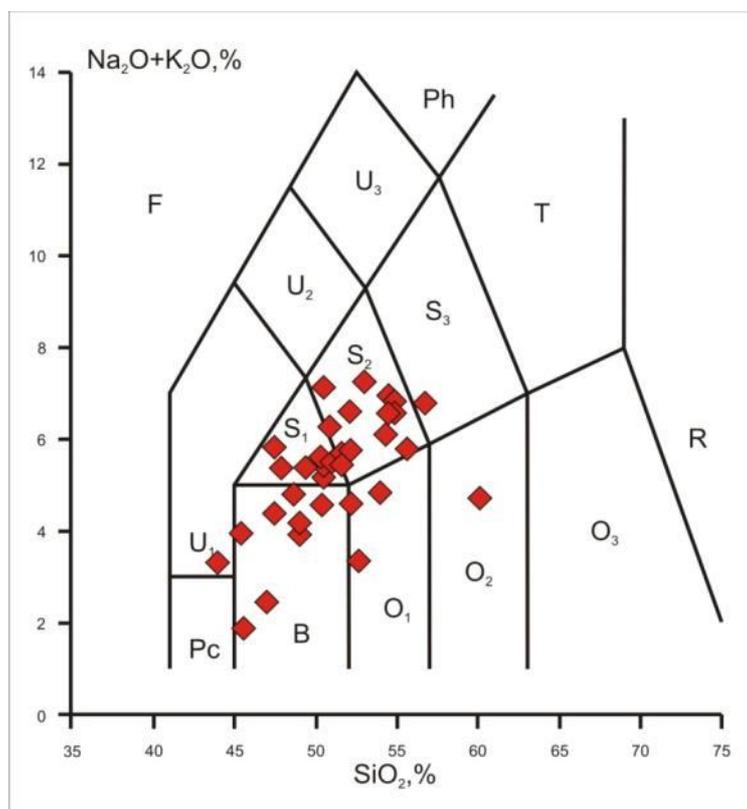


Рис. 2. TAS диаграмма [73]. F–фоидиты, Pc–пикритобазальты, B–базальты, O<sub>1</sub>–андезитобазальты, O<sub>2</sub>–андезиты, O<sub>3</sub>–дациты, R–риолиты, S<sub>1</sub>–трахибазальты, S<sub>2</sub>–трахиандезитобазальты, S<sub>3</sub> – трахиандезиты, T–трахиты и трахидациты, U<sub>1</sub>–базаниты и тефриты, U<sub>2</sub>–фонотефриты, U<sub>3</sub>–тефрифенолиты, Ph–фонолиты. По данным [95ф]

Также в архейский период были образованы тела медведевского плутонического комплекса, интерпретируемые как корневые части вулканических аппаратов или как комагматичные интрузии [95ф]. По мнению автора, именно такие разобшённые гранитизацией тела медведевского комплекса являются реликтами древ-

него зеленокаменного пояса, сохранившегося лишь частично после процессов ультраметаморфизма в позднеархейский период и гранитизации в раннепротерозойское время. Более детальная геохимическая характеристика пород медведевского комплекса приведена во второй главе.

Выше было отмечено, что с аналогичными по возрасту и степени метаморфических преобразований ультрабазит-базитовыми породами медведевского комплекса связано среднее по запасам золоторудное месторождение им. П. Пинигина. Расположено оно в юго-западной части Нимнырского террейна. Промышленная золотоносность на характеризуемом месторождении приурочена к зонам окварцевания, расположенным непосредственно в телах метаморфизованных базитов и ультрабазитов. В пределах некоторых других кратонов (Зап. Австралийском, Индийском, Южно-Африканском и т.д.) плутоногенно-гидротермальные месторождения аналогично приурочены к метаморфизованным базит-ультрабазитовым комплексам. Геохимический анализ распространения рудных элементов подтверждает, что ультрабазит-базитовые магматические породы имеют повышенный кларк концентрации золота и других благородных и тяжёлых металлов. Вероятно, что в период гранитизации, а также сопровождавших её гидротермально-метасоматических процессов, происходило перераспределение химических элементов благородных металлов из пород именно медведевского комплекса [33, 34, 35].

Ранее в пределах Эльконского рудного узла геохимическая специализация метаультрабазит-базитовых пород медведевского плутонического комплекса целенаправленно не изучалась. Радиологические датировки абсолютного возраста по этим породам неизвестны.

Таблица 1

## Химический состав пород федоровской серии [95ф]

№№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп	Σ
258/1	52,30	0,78	15,70	4,43	5,24	0,19	4,14	11,90	3,57	1,02	0,32	0,13	0,10	0,07	99,79
257/7	50,70	0,75	17,20	2,87	7,09	0,14	5,07	9,15	3,90	1,27	0,24	0,10	0,10	0,20	98,58
273/3	55,20	0,92	16,85	3,64	4,42	0,11	3,83	6,97	3,77	2,99	0,33	0,10	0,10	0,22	99,25
257/8	51,00	1,15	17,55	2,92	5,83	0,11	4,45	8,56	4,57	1,61	0,44	0,10	0,42	0,42	99,63
40/650	56,90	1,05	15,95	3,70	4,68	0,10	3,56	6,14	4,48	2,28	0,18	0,50	0,37	0,18	100,07
279/1	47,60	1,35	16,05	6,37	6,37	0,11	6,00	7,84	4,01	1,75	0,56	0,13	0,10	0,53	98,67
6256	51,90	0,74	16,30	3,53	4,92	0,09	6,21	8,71	4,00	1,38	0,19	0,22	0,10	0,66	98,81
154/1	47,20	0,87	12,25	4,03	7,13	0,19	5,27	17,28	1,91	0,54	0,30	0,22	1,11	0,28	98,58
113/1	45,70	0,51	9,40	4,22	5,88	0,18	13,24	17,57	0,88	1,02	0,01	0,10	0,10	0,78	99,39
179	60,30	0,59	16,20	3,03	3,57	0,09	2,59	7,69	4,09	0,62	0,15	0,32	0,60	0,42	100,26
6078/3,5	54,20	0,63	18,10	3,92	5,50	0,13	3,93	7,55	3,84	0,98	0,15	0,11	0,10	0,26	99,30
6180	50,50	0,99	17,10	3,97	5,52	0,11	5,58	8,27	4,31	1,30	0,34	0,16	0,33	0,49	98,98
100/1	55,00	0,86	18,00	3,84	3,97	0,08	3,21	7,26	5,25	1,35	0,32	0,10	0,10	0,36	99,70
133	55,90	0,82	17,60	3,63	4,34	0,12	3,83	7,40	4,74	1,04	0,29	0,10	0,10	0,24	99,95
110/1	49,10	0,71	17,40	5,63	6,55	0,15	5,48	10,02	3,72	0,44	0,14	0,10	0,19	0,16	99,69
6169	50,50	0,64	19,25	3,72	5,56	0,14	4,86	9,44	3,82	0,75	0,18	0,10	0,10	0,16	99,02
218/3	51,30	0,98	15,55	4,11	5,80	0,11	6,72	7,84	3,77	1,73	0,22	0,16	0,10	0,26	98,55
142	50,70	0,86	14,95	4,39	5,18	0,13	6,62	9,87	4,21	1,17	0,32	0,10	0,10	0,48	98,88
215	48,10	1,45	17,55	5,82	6,19	0,11	4,66	8,86	4,14	1,24	0,53	0,10	0,60	0,40	99,35

Окончание табл. 1

193	45,60	1,13	19,70	6,52	6,55	0,16	5,17	10,16	3,12	0,83	0,09	0,11	0,10	0,39	99,43
13542	52,30	0,86	12,50	2,57	6,98	0,14	10,38	6,20	3,10	2,61	0,39	0,10	0,10	0,55	98,58
14/6	53,30	0,99	17,20	4,87	4,71	0,11	4,26	7,26	4,31	2,90	0,23	0,10	0,10	0,38	100,52
265	50,70	1,08	16,50	3,88	5,06	0,06	3,73	7,38	5,20	1,88	0,50	1,56	0,10	0,68	98,81
252/3	49,60	0,94	14,40	4,21	5,17	0,14	7,96	9,87	3,57	1,79	0,38	0,11	0,10	0,45	98,59
16/10	51,90	1,04	18,00	4,11	4,43	0,10	4,66	9,00	4,42	1,26	0,38	0,10	0,10	0,58	99,90
25/4	54,50	0,97	15,95	3,17	5,52	0,13	6,31	6,39	4,59	1,46	0,33	0,10	0,10	0,30	99,62
6238/2	49,20	0,72	10,90	3,57	7,09	0,18	11,38	10,45	2,68	1,20	0,36	0,11	0,10	0,70	98,54
6245/21	47,60	0,81	15,95	5,86	6,02	0,11	7,03	9,15	2,63	1,74	0,10	0,16	0,28	1,29	98,73
234/616	52,80	0,57	5,82	2,33	7,22	0,23	12,90	12,11	1,77	1,58	0,10	0,65	0,13	0,77	99,28
231/3	54,70	0,79	17,40	2,89	4,64	0,08	3,93	7,11	4,51	2,41	0,44	0,10	0,10	0,32	99,22
242/1	54,60	0,96	16,65	3,27	4,08	0,11	4,66	7,26	5,07	1,46	0,46	0,11	0,10	0,49	99,18
140/3	48,90	0,82	18,20	2,61	4,85	0,10	7,45	10,60	3,39	1,39	0,04	0,10	0,22	0,68	99,25
105/5	44,10	0,46	18,75	3,43	4,52	0,12	9,72	12,35	2,16	1,14	0,09	0,13	0,10	1,57	98,54
227/31	52,40	0,85	16,95	4,27	5,16	0,13	4,43	7,24	4,90	1,66	0,34	0,40	0,10	0,48	99,21

По наблюдениям в разрезах пространственного взаимоотношения линзовидных амфиболитовых тел, выделенных в медведевский комплекс, с вмещающими метаморфическими толщами и магматическими телами (других комплексов), установлено, что они прорывают супракрустальные толщи фёдоровской серии, при этом встречаются в виде ксенолитов в гранитоидах древнеалданского чарнокит-мигматитового комплекса и являются породами субстрата в мигматитах [86ф]. По мнению автора, именно с внедрением метабазитов (амфиболитов) этого комплекса связано первичное обогащение пород территории Эльконского рудного узла характерными для зеленокаменных поясов химическими элементами (титан, железо, золото).

Перераспределение этих рудных элементов произошло в процессе последующих этапов регионального метаморфизма или магматизма и связанных с ними гидротермально-метасоматической активностью.

Завершились активные геологические события архейского периода развития территории формированием древнеалданского чарнокит-мигматитового комплекса. Образование гранитов чарнокитов, имеющих в составе высокожелезистый гиперстен и даже мелкое вкрапление магнетита, обусловлено процессами гранитизации базитов, существовавших к этому времени в структурах древних зеленокаменных поясов.

В результате раннепротерозойской тектономагматической активизации сформировался основной объём гранитоидов изучаемой территории с подчиненными им аляскитовыми гранитами каменковского плутонического комплекса (рис.3). По морфологии основная часть гранитоидов представлена крупными мигматит-плутонами и мелкими параавтохтонными телами часто неправильной формы.

Выделенные в каменковский комплекс лейкограниты имеют удлиённую форму тел по размеру до первых сотен метров в поперечнике. По результатам Изотопного Центра ФГУП «ВСЕГЕИ» возраст первой группы гранитоидов в результате U-Pb датировки цирконов установлен в интервале  $2271 \pm 36$  -  $1924 \pm 10$  млн. лет [68], что позволяет отнести их к ранней стадии формирования каменков-

ского плутонического комплекса, возраст которого варьирует от 1900 до 2200 млн. лет [55, 67].

Процессы ультраметаморфизма и гранитизации содействовали широкой мобилизации радиоактивных элементов из вмещающих метаморфических пород. В работах предшественников показано, что за счет дифференциации кварц-полевошпатовой части пород повысилась подвижность урана [11, 85ф, 86ф, 90ф, 91ф]. Раннепротерозойские геологические процессы способствовали масштабному перераспределению радиоактивного вещества с образованием локальных участков с наибольшей концентрацией урана. Более подробно условия миграции радиоактивных элементов при гранитизации метаморфических комплексов террейна рассмотрены во второй главе.

Еще одной важной особенностью раннепротерозойской тектономагматической активизации является формирование крупных долгоживущих разрывных нарушений (рис.4), являющихся рудоконтролирующими и существенно влияющими на общее металлогеническое и геологическое строение рудного узла. Формирование древних дизъюнктивных структур происходило синхронно процессам ультраметаморфизма и гранитизации района. Они образовались под влиянием мощных направленных сжимающих усилий в земной коре. В зонах разломов, в результате воздействия процессов динамометаморфизма, наблюдается струйчатые текстуры деформированных пород, крупная сланцеватость, дайки метадиоритового состава скального комплекса и будинированные кварцевые жилы, характеризующиеся отчетливой радиогеохимической специализацией (U до 21 г/т, Th до 7 г/т) [11, 68].

Разрывные нарушения раннепротерозойского времени простираются в северо-западном направлении (300-330°) и круто (50-90°) падают на юго-запад. Протяженность разрывных зон достигает 25-30 км, а мощность от первых до нескольких десятков метров. Такой каркас из древних бластомилонитовых и бластоклазитовых швов определяет общую позицию размещения месторождений в пределах ЭРУ.

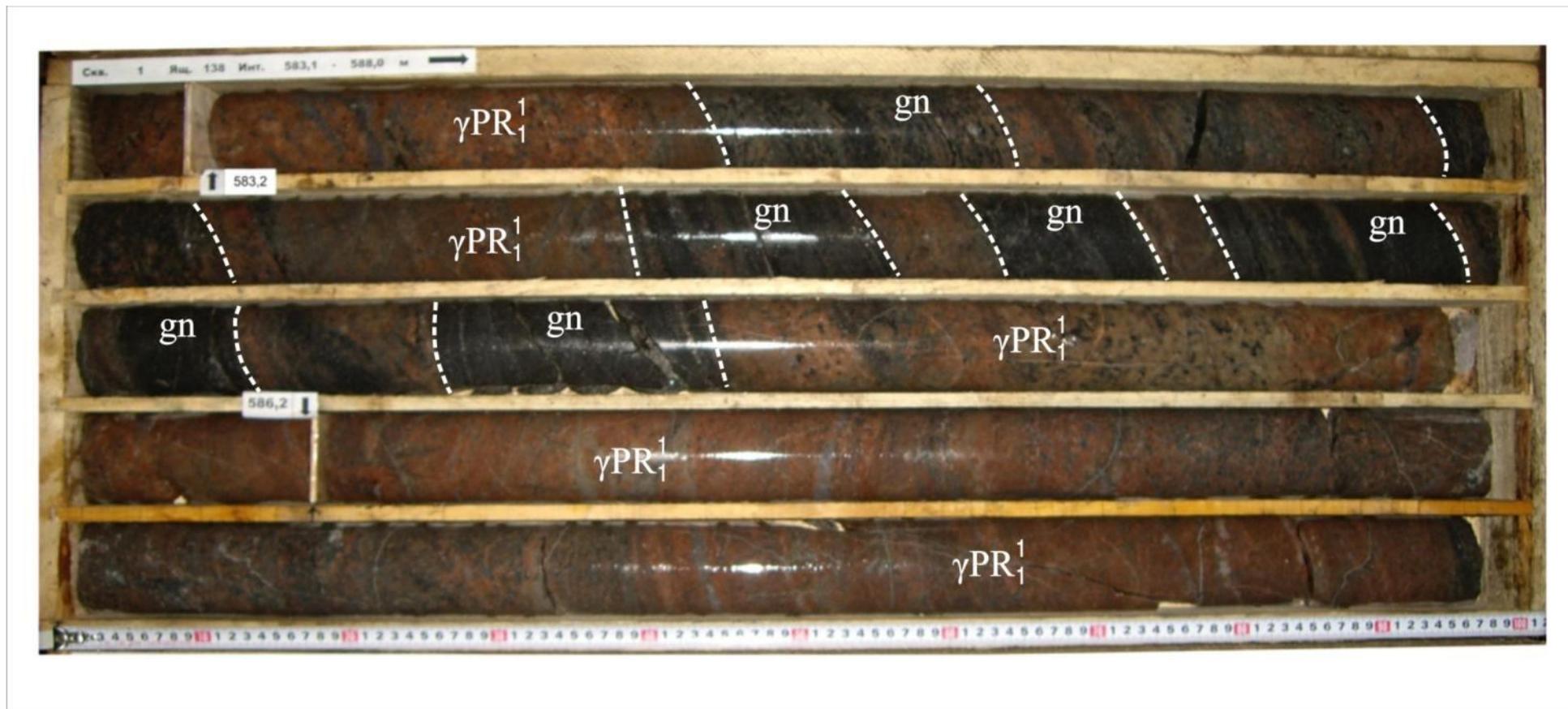


Рис. 3. Чередование лейкократовых гранитов ( $\gamma PR_1^1$ ) мясо-красного цвета с биотит-амфиболовыми гнейсами (gn) федоровской серии. КСС-1, интервал 583,1 – 588,0 м.

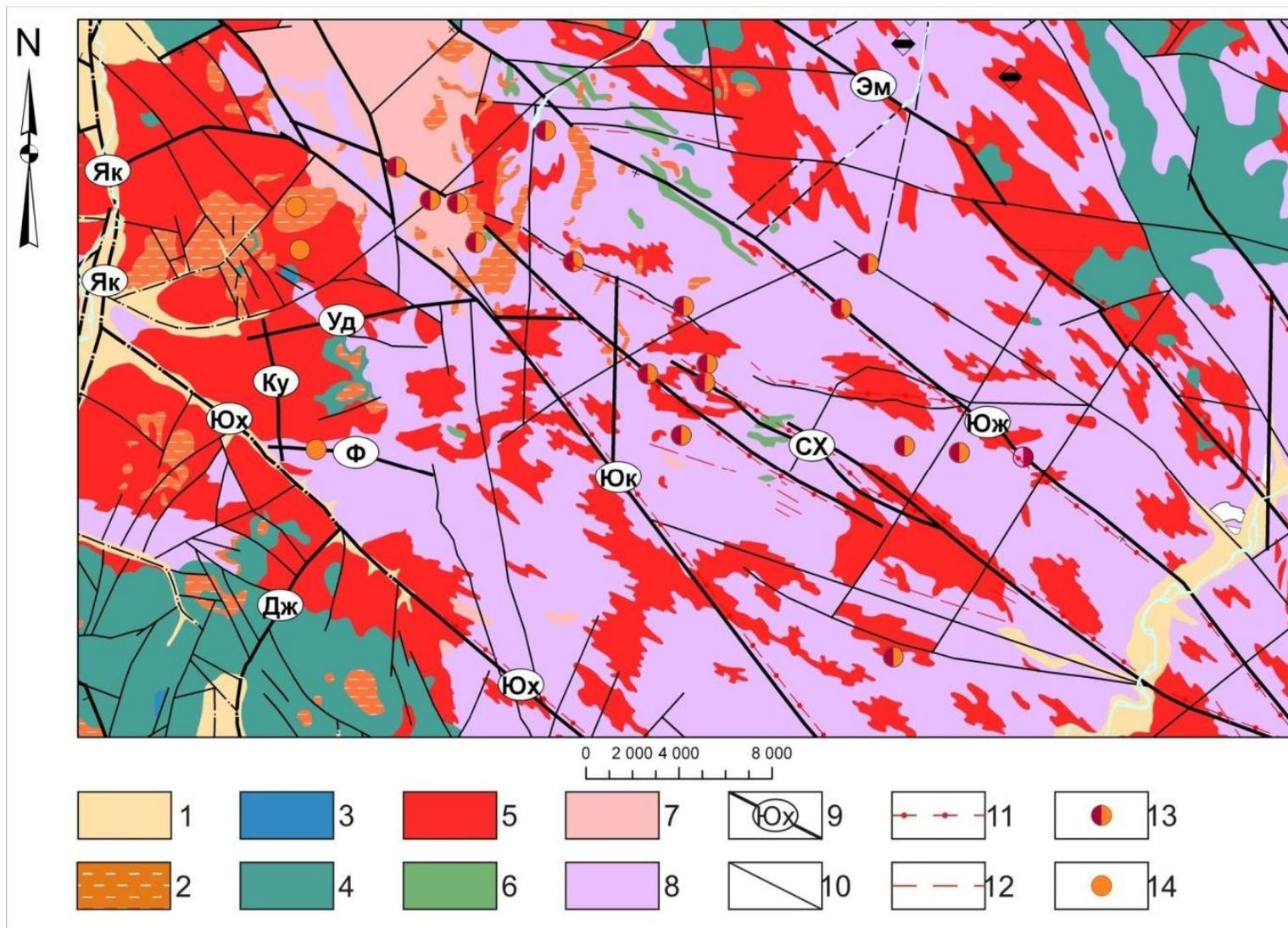


Рис. 4. Тектоническая схема Эльконского рудного узла. По данным [12, 13, 14] с дополнениями автора (условные обозначения к рисунку на странице 24).

Условные обозначения: 1 - четвертичный аллювий; 2 – мезозойские субщелочные интрузии; 3- нижнеюрские осадочные отложения; 4 – венд-кембрийская платформенная карбонатная толща; 5 – лейкогранитовая и гранит-мигматитовая формация (раннепротерозойская); 6-9 – архейские породы кристаллического фундамента: 6 – ультрабазит-базитовая формация; 7 – чарнокитовая формация; 8 – мрамор-сланцевая, гнейсо-сланцевая и кварцито-гнейсовые формации; 9-10 – разрывные нарушения: 9 – региональные разломы раннепротерозойского возраста (Дж – Джекондинский, Ку – Курумканский, СХ - Сохсолоохский, Уд – Уджинский, Ф – Федоровский, Эм – Эмельджакский, Юж – Южный, Юк – Юкунгрский, Юх – Юхтинский, Як – Якокутский); 10 – разрывные нарушения второго порядка; 11-12 – тектониты: 11 – бластомилониты; 12 – тектониты нерасчлененные; 13-14 – месторождения: 13 – уран-золоторудные; 14 – золоторудные.

Пространственная (северо-западная) ориентировка разрывных нарушений раннепротерозойского возраста совпадает с пространственным расположением разрывных нарушений Тыркандинской зоны тектонического меланжа, вследствие чего каркас дизъюнктивных нарушений Эльконского рудного узла может являться фрагментом Тыркандинской шовной зоны.

Если в раннем архее в процессе анатексиса и гранитизации породы были подвержены упруго-пластическим деформациям, то к концу архейско-раннепротерозойского этапа геологического развития территория Эльконского рудного узла уже была представлена жестким геоблоком. В этот период на площади снова формировались метаморфогенные и гранитоидные комплексы. Образование лейкократовых гранитоидов обусловило геохимическую специализацию территории на радиоактивные элементы. Завершающие этот период процессы дизъюнктивной тектоники сопровождались преобразованием пород вдоль разломов под действием динамометаморфизма. Вероятно, в этот период было формирование зон катаклаза и милонитизации, сопровождавшееся уже тогда начальной концентрацией рудного вещества.

### 1.2.2. Позднепротерозойский – раннепалеозойский этап

В позднепротерозойский период произошло формирование магматических тел сиваглинского гипабиссального комплекса (рис.5). Интрузии этого комплекса прорывают все раннепротерозойские образования рудного узла. По форме это прямолинейные дайки, тёмно-серого до чёрного цвета, иногда зеленовато-серые, массивные. На отдельных участках породы имеют – миндалекаменные структуры, местами встречаются долериты и микродиориты с шаровой отдельностью, мелко-микрозернистые. Вдоль отдельных разломов дайки, охарактеризованные выше, имеют значительные по длине выходы. Преобладающее количество даек этого комплекса обладают мощностью первые метры или менее (жилы 0,2-0,3 м). Иногда они расширяются, достигая в раздувах сотен метров, при этом по простиранию такие тела прослеживаются до 8 км (дайка на водоразделе Большого Дёса и Салга-Дёса). Дайки долеритов и микродиоритов выполняют крупные трещины растяжения диагональной и ортогональной систем разломов, залегая субвертикально (70-90°). По ориентировке простирания резко преобладают СВ и СЗ тела. Вдоль таких разломов прослежены участки, где дайки долеритов образуют скопления с кулисообразным размещением (бассейн руч. Аннинский, участок слияние Бол.и Мал. Неакуи, верховья Ивановки и Лакуса). Скопления даек сиваглинского комплекса образуют две региональные зоны, прослеженные далеко за пределами территории рудного узла: зона сгущения даек вдоль Юкунгринского разлома и перпендикулярная ей зона Ыллымахского разлома с повышенной концентрацией даек. Контакты долеритов с вмещающими породами резкие, образуют маломощные (0,5-10 см) зоны закалки и обусловили зеленокаменные изменения вмещающих пород. В центральных частях наиболее мощных даек зернистость возрастает, вплоть до появления среднезернистых габбро-долеритов.

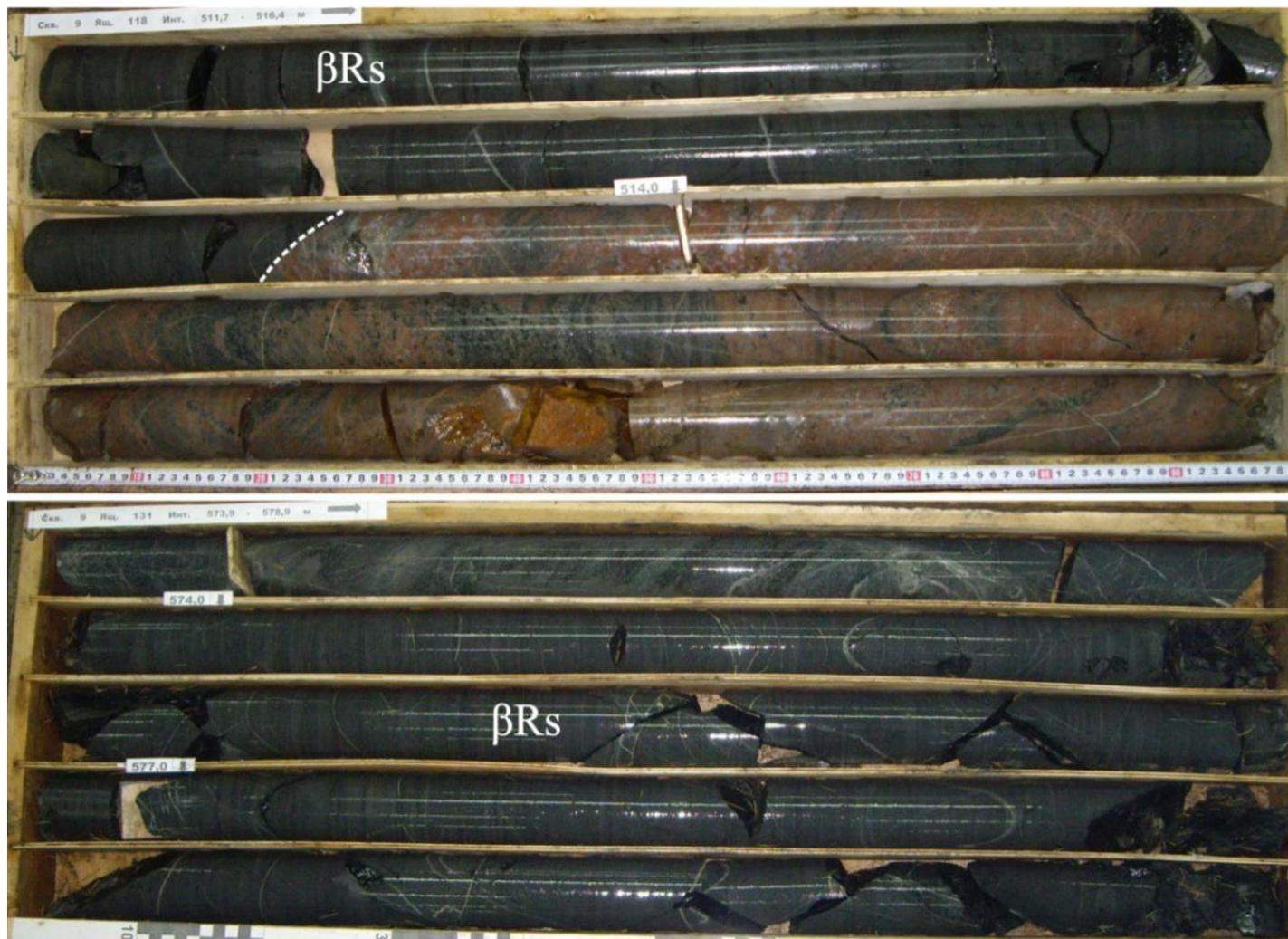


Рис. 5. Микродиориты ( $\beta$ Rs) сиваглинского гипабиссального комплекса. Темно-серый, до черного, мелкокристаллический. На верхнем фото, чёткий контакт с архейскими гранито-гнейсами. На нижнем фото густая сеть кварц-карбонатных прожилков различной ориентировки. КСС-9, интервалы 511,7-516,4 и 573-578.

Возраст долеритовых и микродиоритовых даек сиваглинского комплекса определен как среднерифейский ( $1204 \pm 20$  млн. лет) [48].

Венд - раннепалеозойский период геологического развития территории Эльконского рудного узла характеризуется платформенным режимом развития. Останцы горизонтально залегающих осадочных отложений платформенного чехла на территории Эльконского рудного узла сохранились лишь в северо-западной части. По возрасту это венд-кембрийские карбонатные толщи усть-юдомской свиты [79ф].

Осадочные толщи карбонатных пород формировались в мелководноморских условиях платформенного режима развития территории, об этом свидетельствуют многочисленные прослои конгломератов и оолитов. Такие останцы карбонатных толщ сохранились на северо-западе, а также за пределами рудного узла на северо-востоке и юго-западе (рис. 4).

В период с раннего кембрия, вплоть до мезозойской тектономагматической активизации, территория, по-видимому, была областью денудации, так как севернее на карбонатных отложениях кембрийского возраста со стратиграфическим несогласием залегают юрские терригенные породы.

### 1.2.3. Мезозойский этап

Начиная с раннеюрского времени, в мезозойский этап, территория Алданского щита и всего Центрально-Алданского мегатеррейна испытала воздействие интенсивных процессов тектономагматической активизации. В пределах Эльконского рудного узла щелочные породы мезозойского этапа тектономагматической активизации проявлены, в основном, в северо-западной части и практически не наблюдаются на юго-восточном фланге (рис. 4). Геохимическая характеристика мезозойских образований представлена во второй главе.

Наиболее ранние мезозойские образования представлены томмотской фазой (здесь и далее, автор использует понятие *магматическая фаза* – совокупность пород близкого состава, которые возникли в течение отдельного импульса маг-

*матизма*) лейцитит-щелочнотрахитовой формации. Магматические тела этой фазы представлены как покровными вулканогенными телами (Ыллымахский вулканоплутон), так и секущими дайками. Протяжённость даек на поверхности не превышает 400 м, а мощность их обычно первые метры. Дайки слагают породы зеленоватого или черного цвета, с порфировыми текстурами. Вкрапленники в трахитах представлены ортоклазом (до 30%), эгирином (до 15-17%), редко эпидейцитом (до 15%), а основная масса породы сложена мелкозернистым агрегатом калинатрового полевого шпата, альбита, эгирина, биотита, карбоната, магнетита или вулканическим стеклом.

Томмотская фаза мезозойского магматизма как отдельный комплекс впервые была выделена Е.И. Бирюковым по рекомендации Е.П. Максимова под названием томмотский трахит-фонолитовый (без расчленения на покровные и субвулканические фации) [75ф]. Обоснование выделения трахит-тоналитовой томмотской фазы в Чаро-Алданском районе с уточнением петрографического наименования подготовил Е.П. Максимов [94ф].

Магматические тела томмотской фазы в современном эрозионном срезе вскрыты в основном в юго-западной части Эльконского рудного узла, в пределах фёдоровского геоблока.

В следующий по времени период внедрялись пластообразные тела трахитов и сиенит-порфиров, выделенные в верхнеселигдарскую фазу (рис.6). Основной объём пластовых тел этой фазы составляют роговообманковые сиенит-порфиры, охарактеризованные ещё Ю.А. Билибиным [2]. В строении пластообразных тел участвуют изменяющиеся по составу породы от монцодиорит-порфиритов и монцонит-порфиров до кварцевых сиенит-порфиров. Часть апофиз, вскрытая на незначительном удалении от крупных пластовых тел, сложена вогезитами, имеющими местами постепенные переходы в типичные сиенит-порфиры.

С пластовыми телами верхнеселигдарской фазы пространственно связано образование маломощных зон (до первых десятков метров, часто доли метра) контактовых мраморов (km), проявленных вдоль соприкосновения сиенит-порфиров с вмещающими карбонатными отложениями чехла.

Возраст магматических тел верхнеселигдарской фазы по данным [2, 93ф, 94ф, 95ф] 188-158 млн. лет. Сиенит-порфиры массива Распадистый K-Ar методом датированы в пределах  $157 \pm 3,3$  млн. лет [92ф].

Позднеюрско-раннемеловые интрузивные массивы фергусит-щелочносиенитовой формации выделены как алданская фаза. Эти интрузивные щелочные массивы вскрыты или прослежены по данным бурения лишь в западной части характеризуемой территории. Ранее в составе алданской фазы рассматривался весь комплекс щелочного мезозойского магматизма Центрально-Алданского района и даже Алданского щита [3]. Исследование петрографического состава интрузивов и выделение их в отдельный Алданский комплекс на основании его возрастных определений впервые были произведены Е.П. Миронюком [54, 55], а впоследствии уточнены Е.П. Максимовым [93ф, 94ф, 95ф].

По фергуссит-щелочносиенитовому составу пород и структурному взаимоотношению магматических тел в разрезах выделяют две подфазы внедрения таких интрузивов. К первой подфазе отнесено только одно неполнокольцевое дайкообразное тело мощностью до 50-100 м, по составу пород соответствующее малиньитам. Оно расположено по внешнему контакту Ыллымахского вулканоплутона, на площадь Эльконского рудного узла попадает лишь своим восточным фрагментом. Малиньиты, породы, слагающие это кольцевое тело, представляют собой темно-



Рис. 6. Сиенит-порфиры верхнеселигдарской фазы. КСС-1, ин. 379,7-384,6.

серые среднезернистые, реже неравномернозернистые породы с гипидиоморфно-зернистой структурой и массивной текстурой, сложенные (в %) авгитом, диопсид-авгитом (до 40%), биотитом (3-15%), нефелином (3-20%), ортоклазом, анортоклазом (до 45-50%).

Ко второй подфазе внедрения отнесены мелкие (до 1,5 км в поперечнике) штоки щелочных сиенитов и шонкинитов. Эти породы почти всегда участвуют в сложении многофазных массивов, либо прорывая верхнеселигдарские тела (массив Распадистый), либо предшествуя лебединским интрузиям (массив Власовский), а иногда и то, и другое вместе (массив Пика). Породы второй подфазы имеют массивное среднезернистое, реже мелкозернистое сложение с переменными соотношениями породообразующих минералов: в пределах одних тел наблюдаются постепенные переходы в ряду шонкинит-лаурвикит (массив Пуля), лаурвикит-пуласкит (массив Власовский), нефелиновый сиенит-эгириновый сиенит-пуласкит (массив Распадистый).

Возраст эгириновых сиенит-порфиоров в верховьях ручья Эльконкана К-Аг методом датировки оценен в районе  $159 \pm 0,8$  млн. лет [92ф].

Лебединская фаза монцонит-сиенит-гранитовой формации объединяет мелкие штоки бесфойдовых сиенитоидов в Ыллымахском (массивы Весёлый, Власовский, Пика) и Джекондинском (массив Часовой) узлах, тяготеющие к предшествующим щелочным интрузиям.

С телами лебединской фазы пространственно связано образование контактовых мраморов, кварцевых и полевошпатовых метасоматических жил и штоков с сульфидной минерализацией, проявленных во вмещающих карбонатных отложениях чехла. Метасоматическая зональность скарнов выглядит следующим образом: околоскарновая порода, диопсид-флогопит-форстеритовый скарн, кальцифир, контактовый мрамор. Ширина ореолов изменённых пород достигает первых сотен метров.

Лебединские магматические образования на площади прорываются дайками колтыконского и нижнекуранахского комплексов. Известные изотопные определения возраста лебединских сиенитоидов на смежной территории К-Аг методом

по породе или полевым шпатам или амфиболу (18 определений) находятся в интервале 131-154 млн. лет – усредненно около 140-142 млн. лет. Эти данные совпадают с единичной Rb-Sr датировкой по объемной пробе из Якокутского массива сиенит-порфира лебединской фазы возрастом  $140 \pm 1$  млн. лет [30].

Раннемеловые магматические образования представлены телами тобукской, нижнекуранахской, колтыконской и экльконской фаз внедрения.

В тобукской фазе преобладают вязкие порфировые щелочные пикробазальтоиды, содержащие в тёмно-серой стекловатой массе (30-90% объёма, в среднем около 60) столбики чёрного авгита (20-35%). Остальные вкрапленники (оливин, магнетит, плагиоклаз) наблюдаются в незначительном количестве (в сумме – 3-6%). Эти породы образуют немногочисленные дайки мощностью 1-2 м и протяжённостью 200-700 м, в единичных местах секущие лебединские сиениты. Условно к этому же комплексу отнесены единичные, но довольно мощные (до 5-7 м) и протяжённые (до 800 м) дайки щелочных трахитов – тёмно-серых порфировых пород. Вследствие малой распространённости (отдельные дайки центральной части ЭРУ) породы комплекса плохо изучены.

Нижнекуранахская фаза вогезит-минеттовой формации объединяет большую часть лампрофиров (рис.7), и структурно связанные с ними породы. Дайки минетт распространены ограниченно, прорывая лебединские сиениты. Макроскопически тёмно-серые мелко-, тонкозернистые порфировидные породы с вкрапленниками биотита и, в меньшем количестве, авгита.

Структура существенно калишпатовой основной массы гипидиоморфнозернистая, иногда близка к бостонитовой. Акцессории – магнетит, апатит. Изредка наблюдаются единичные дайки вогезитов. Дайки бостонитов пользуются большим распространением, но многие из них отнесены к комплексу условно.



Рис. 7. Темно-серый, мелкокристаллический, порфировой текстуры биотитовый лампрофир (минетта). КСС-8, инт. 648,6 – 653,0

Мощность даек не превышает первых метров, протяженность изменяется от 100-300 м до 2,5 км.

В бассейне руч. Лунный радиологическая датировка К-Ag методом отобранных пяти образцов минетт и вогезитов по породе указывает возраст образования в промежутке  $131,8 \pm 4$ - $141 \pm 1,3$  млн. лет [92ф].

Колтыконская фаза сиенит-порфировый формации объединяет дайки сиенит-порфиров, распространенных в пределах федоровского, северо-западного и эльконского геоблоков. Мощность их составляет 1-5 м, а протяженность – 100-1000 м. Макроскопически это коричневато-желтые порфировые породы с размером вкрапленников (15-25% объема породы) 3-5 мм. Часть бостонитов, отнесенных к нижнекуранахским, может принадлежать этому комплексу. К нему же отнесены редкие маломощные (0,5-1,5 м) дайки трахитов в бассейне рч. Юкунгра.

Колтыконские дайки пересекаются дайками грорудитов эльконской фазы. Но известны и единичные пересечения грорудитов лейкократовыми сиенит-порфирами[8]. На смежной территории по валовым пробам колтыконских сиенит-порфиров К-Ag методом получены (по константам 1964 г.) изотопные возрасты  $134 \pm 4$  (район пос. Лебединый) и  $137 \pm 3$  (р. Алдан в районе о. Байонай) [94ф].

Завершающая эльконская фаза щелочносиенит-щелочногранитовой формации объединяет продукты самого молодого щелочносиенит-гранитового магматизма: сельвсбергиты, тингуаиты, грорудиты, эгириновые сиенит-порфиры и эгириновые бостониты (рис. 9). Они обычно наблюдаются совместно в форме даек и жил мощностью от долей метра до 15-20 метров самой разнообразной ориентировки, в т. ч. пологозалегающих, и чрезвычайно широко распространены в северо-западном геоблоке. Максимальная протяжённость тел не превышает двух километров.

Наблюдались многочисленные пересечения эльконскими дайками всех мезозойских образований. Наблюдения обратных соотношений редки и сомнительны. В истоках Эльконкана К-Ag методом по породе получены возрасты тингуаитов ( $132,6 \pm 1,5$  млн. лет) и эгириновых сиенит-порфиров ( $135 \pm 1$  млн. лет) [92ф].

*С мезозойской тектономагматической активизацией связано подновление наиболее крупных древних разрывных нарушений, что выразилось в развитии брекчий и гидротермально-метасоматических образований - эльконитов (рис.8), а также формирование дизъюнктивов собственно мезозойского возраста.*

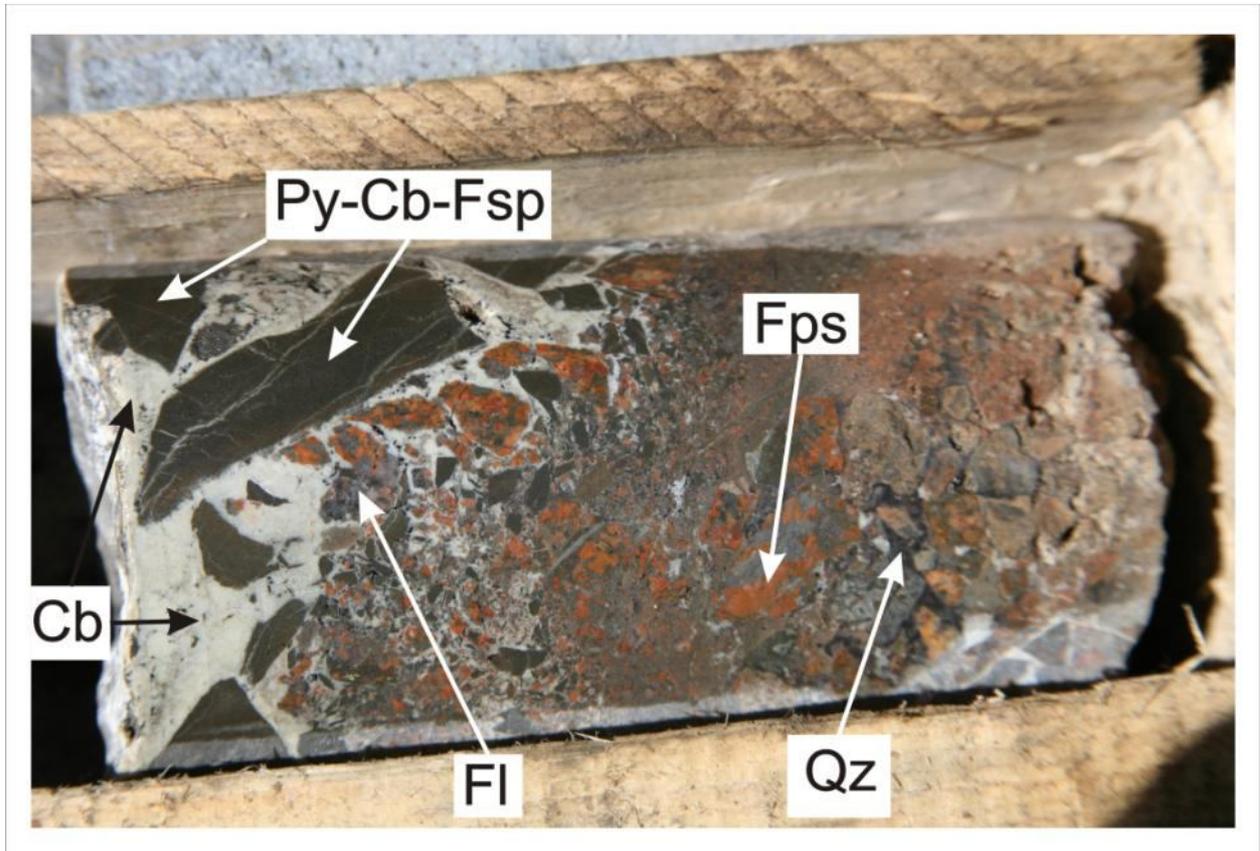


Рис. 8. Тектоническая брекчия. Py-Cb-Fsp – пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты (элькониты); Fps – окисленные полевые шпаты; Qz – черный кварц; Fl – флюорит; Cb – карбонатный цемент (кальцит-анкерит). Скв. 2047, инт. 328. Сокращения по [71]



Рис. 9. Бостониты эльконской фазы внедрения. КСС-1, инт. 1744-1749 м.

#### 1.2.4. Неоген-четвертичный этап и блоковое строение Эльконского рудного узла

В неотектонический этап геологического развития обновилась система ранее заложенных разломов, вдоль которых произошло формирование структуры Эльконского горста. Начался новый цикл тектонической активизации с конца палеогена, в процессе деятельности которого происходили интенсивные дифференцированные «клавишные» смещения геоблоков. Горообразовательные движения совместно с процессами выветривания и эрозионного разрушения обусловили денудацию поднимаемых частей Эльконского рудного узла и накопление мощных рыхлых отложений в опускаемых участках.

В течение неогена вертикальные блоковые движения постепенно затухали, и в результате спокойного гидрологического режима в долинах рек формировались озерно-болотные отложения. Этот сравнительно спокойный тектонический период в истории геологического развития рудного узла прослеживается до конца неогена. На рубеже неогена и четвертичного периодов начался новый цикл тектонической активизации региона, который наиболее проявлен в рельефе на территории Эльконского горста. В этот же период происходило современное оформление существующей ныне гидросети, заложившейся еще в палеогене [95ф].

В результате мезозойской и неоген-четвертичных тектономагматических активизаций на площади Эльконского рудного узла происходит перестроение на пять (северо-западный, эльконский, минеевский, агдинский и федоровский) геологических блоков. Каждый из них различается геологическими, структурными, геофизическими и металлогеническими признаками (рис. 10).

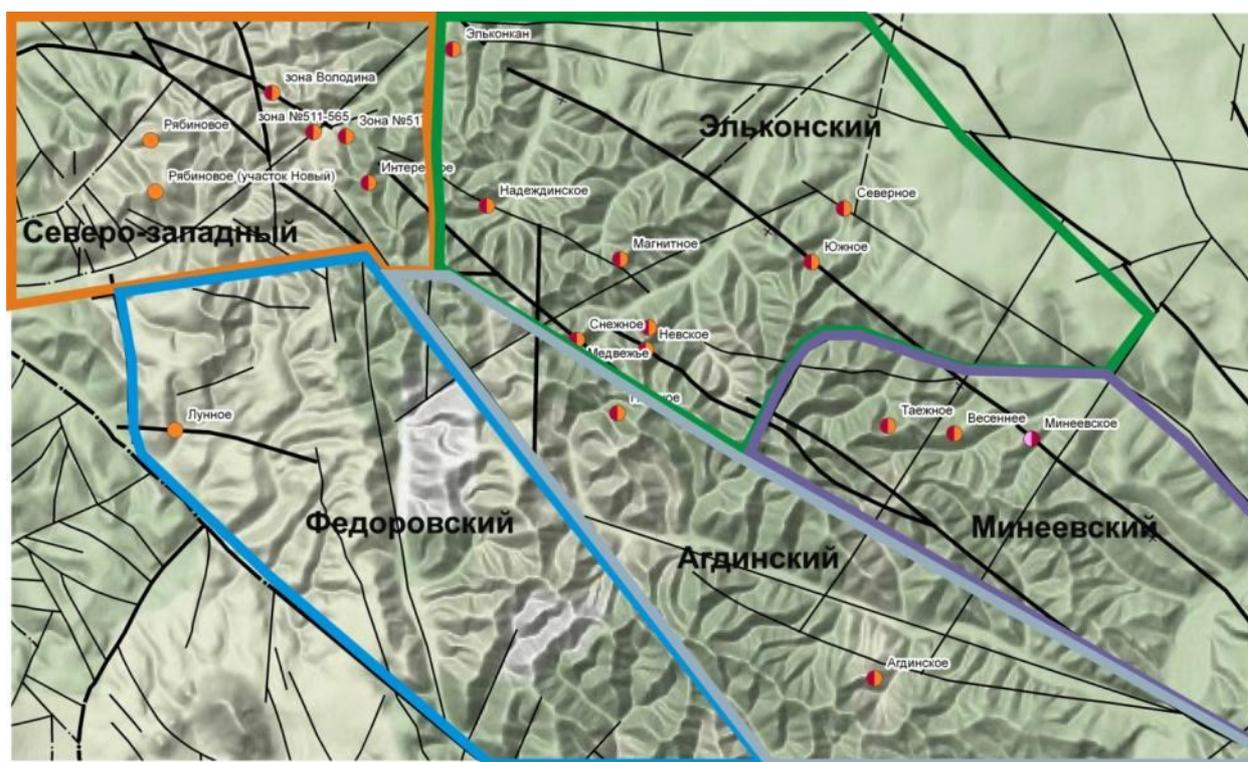


Рис. 10. Блоковое строение Эльконского рудного узла.

*Северо-западный* блок характеризуется широким проявлением всех стадий мезозойского субщелочного магматизма, к ореолам развития которых приурочены гидротермально-метасоматические преобразования (фениты). В геофизических полях северо-западный блок охарактеризован аномальным магнитным полем от -100 до -300 дТ и отрицательными значениями гравитационной составляющей до до -26 мГл (рис. 11, 12). По морфологии и минеральному составу в пределах северо-западного блока выделяется два генетических типа руд, граница между которыми проходит вдоль Юкунгрского регионального разлома.

В западной части находятся Au-Cu-порфировые месторождения «рябиновского» типа, локализованные непосредственно в группе небольших многофазовых интрузий мезозойских щелочных пород. Оруденение этого типа характеризуется метасоматическим тонко-вкрапленным и прожилково-вкрапленным тонкозернистым типом руд [31]. Средние содержания золота 3-4 г/т, серебра – 10-12 г/т.

Для восточной части блока характерны золото-уранинитовые руды, которые локализованы в зоне ореола интенсивно фенитизированных вмещающих породах архейского возраста [56]. В обеих частях блока вскрыты многочисленные тела

многофазовых мезозойских щелочных массивов. Здесь проявлено 7 фаз внедрения (верхнеселигдарская, алданская, лебединская, нижнекуранахская, тобукская, колтыконская и эльконская) (рис. 13).

Федоровский блок – в магнитном поле оконтурен положительной магнитной аномалией (до 800 дТ) (рис.11) и отрицательным гравитационным полем (до -24 мГл) (рис.12). В центре этого блока расположены вскрытые на поверхности мезозойские малые интрузии и дайки. Характеризуемому блоку присуща металлогеническая специализация с особым, федоровским типом (браннерит-Ag-Au) оруденения, отличающимся повышенными содержаниями золота и серебра (месторождения Лунное) [18]. Степень эрозионного среза федоровского блока незначительная. В центральной части геоблока присутствуют платформенные образования – венд-кембрийские известняки юдомской серии. В пределах федоровского блока, в современном эрозионном срезе, наиболее интенсивно проявлен мезозойский щелочной магматизм. Здесь вскрыты 7 фаз внедрения мезозойских щелочных массивов (томмотская, верхнеселигдарская, алданская, лебединская, нижнекуранахская, колтыконская и эльконская) (рис.13). В отличие от соседнего северо-западного блока, здесь присутствуют геологические тела томмотской фазы внедрения и отсутствуют тобукской.

Золото на месторождении Лунном проявлено не только в пирите, но и как крупное свободное. Минеральные сочетания в рудных зонах такие же, как и в пределах Эльконского блока. Однако, рудные минералы представлены наличием совместно с браннеритом серебра. Так как руды отличаются, и имеется их ограниченность по разрывным нарушениям, это позволило выделить данную территорию, как отдельный структурный блок Эльконского рудного узла.

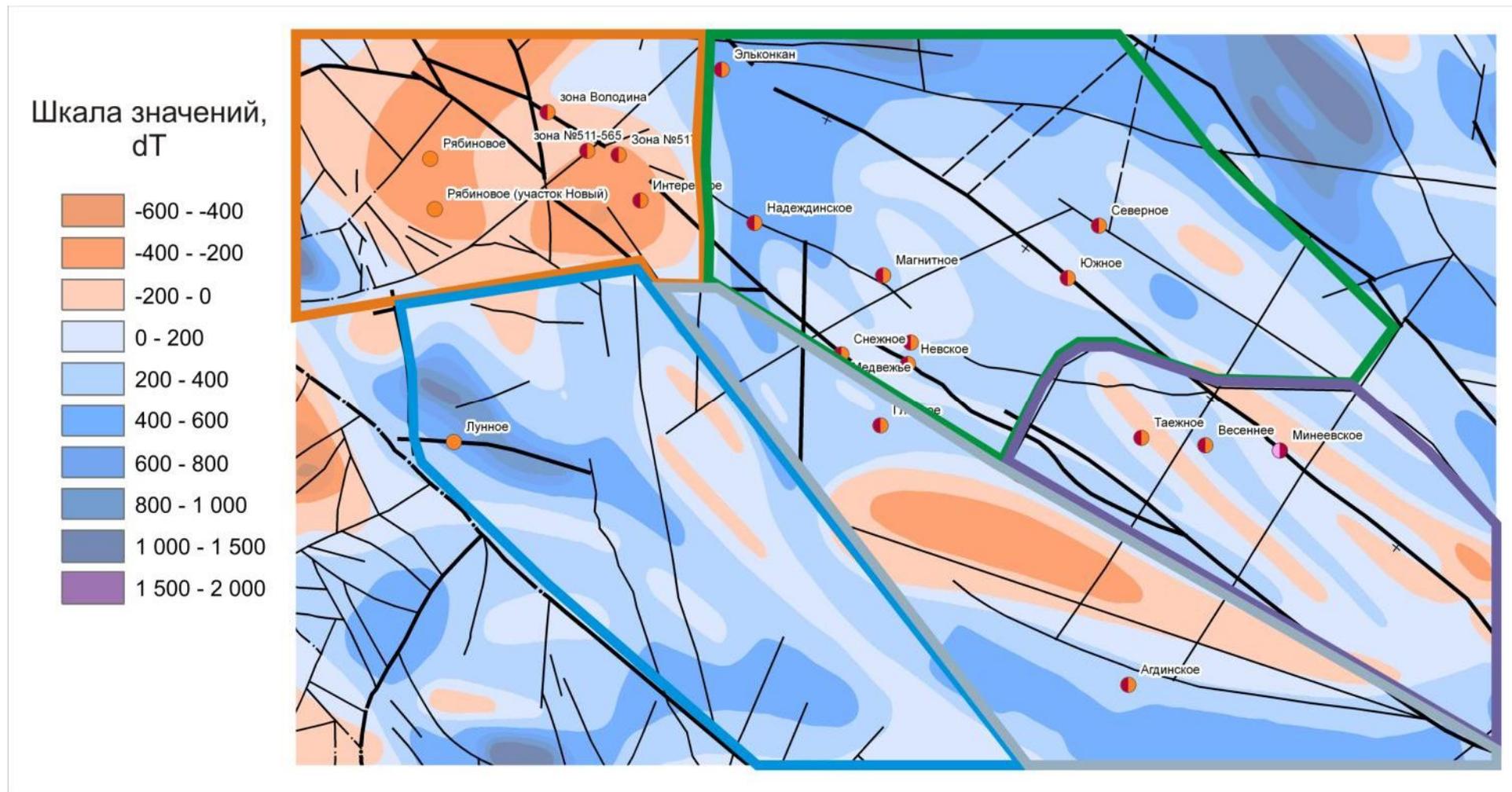


Рис. 11. Карта аномального магнитного поля [12,13,14]

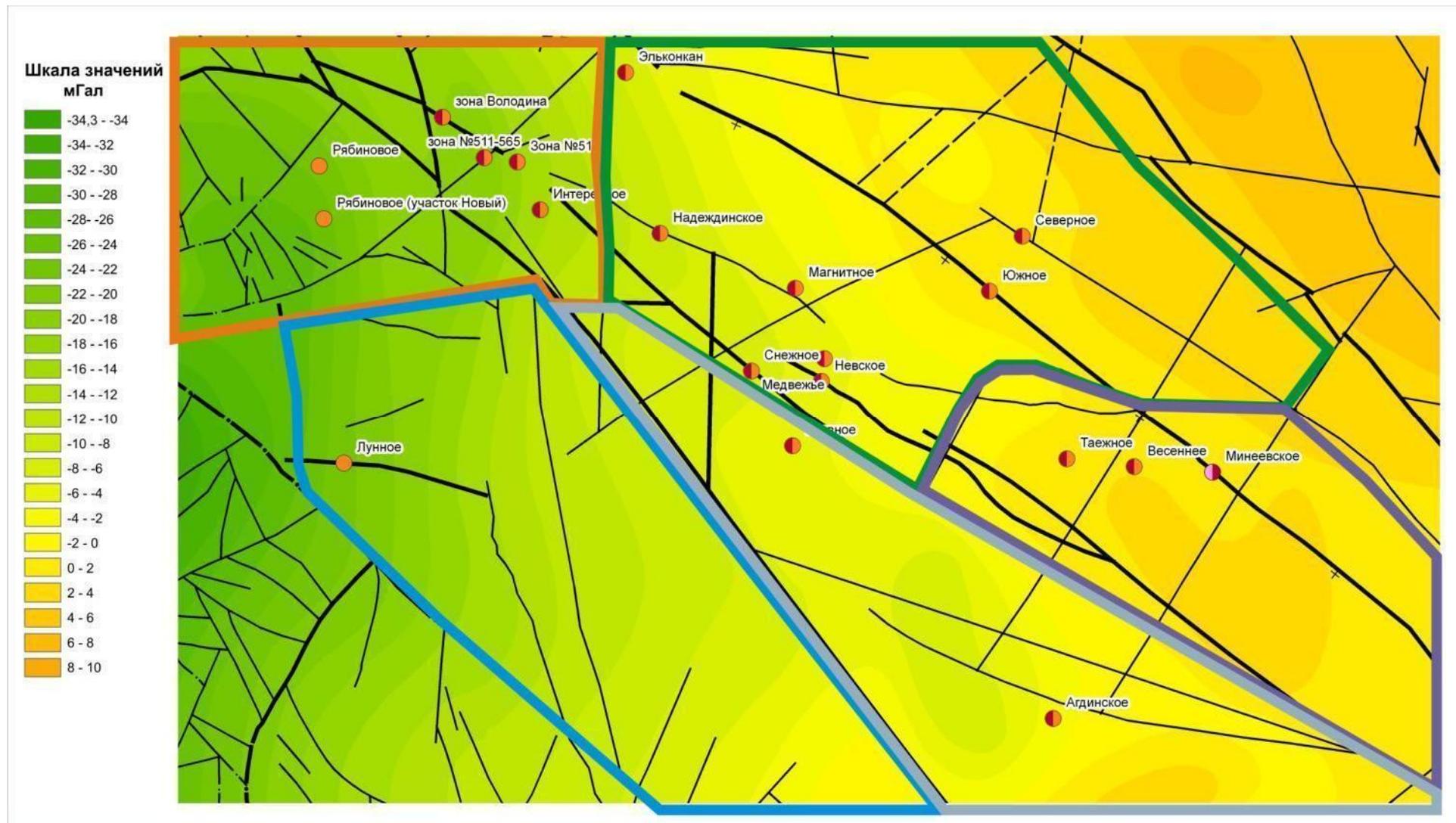


Рис. 12. Карта региональной составляющей гравитационного поля [12,13,14]

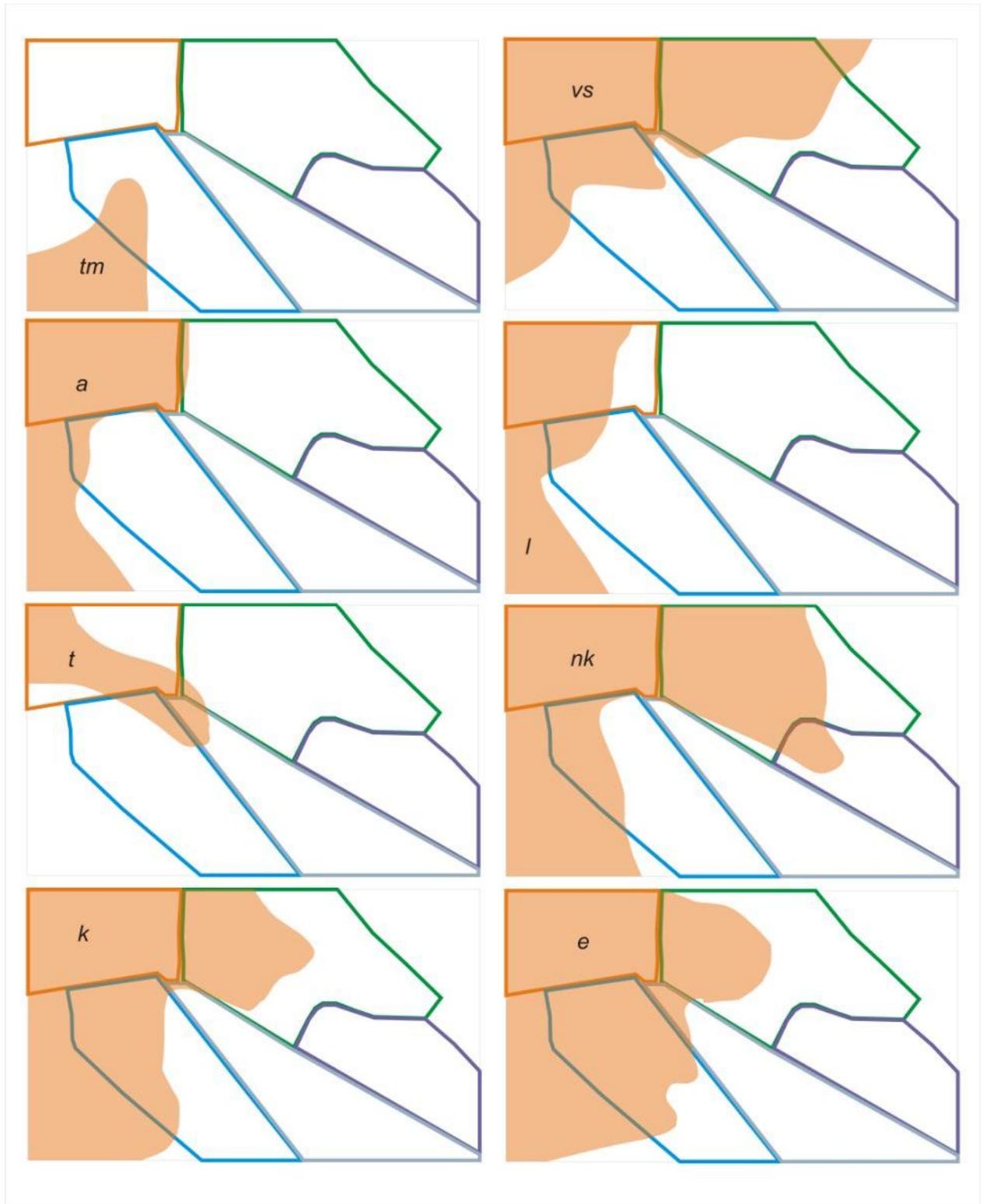


Рис. 13. Распространение этапов мезозойской тектономагматической активизации в пределах блоков Эльконского рудного узла

Условные обозначения. Буквами показаны этапы: tm – томмотский; vs – верхнеселигдарский; a – алданский; l – лебединский; t – тобукский; nk – нижекурунахский; k – колтыконский; e – эльконский.

Эльконский блок—характеризуется наибольшим числом разведанных рудоносных зон и золото-браннеритовым оруденением (зоны Северная, Южная, Невская, Медвежья и т.д.).

На специализированных геофизических картах этот блок отображается повышенными положительными магнитными аномалиями (до 1000 dT) (рис. 12) и инверсией гравитационного поля от отрицательных значений к положительным (от -6 до 2 мГл) (рис. 13).

Архейско-раннепротерозойский каркас Эльконского блока представлен швами бластомилонитов, бластокатаклазитов, их ответвлениями и кулисами с мощностью от 3 до 12 метров.

В характеризуемом блоке интенсивность присутствия на существующем эрозионном срезе магматических тел мезозойского возраста уменьшается в направлении с северо-запада на юго-восток. Здесь вскрыты тела только трёх фаз щелочного мезозойского магматизма— это верхнеселигдарский, нижнекурахский и эльконский (рис. 13). Уровень глубины эрозионного среза понижается с юго-востока на северо-запад. Так на юго-востоке геоблока на поверхности вскрыты архейские породы верхнеалданской серии, а в северо-западной его части присутствуют фрагменты платформенного чехла венд-кембрийского возраста.

Минеевский блок – рудные зоны минеевского блока отличаются повышенными содержаниями Мо (средне 0,15%), с непромышленными концентрациями Au и U (Бойцов, 2010). В пространственном отношении характеризуемая территория находится южнее центра проявления мезозойского щелочного магматизма.

На геофизических картах Минеевский блок выделяется дифференциальным строением магнитного поля (рис. 11), а также положительными значениями гравитационного поля (до 4 мГл) (рис. 12).

В современном эрозионном срезе здесь вскрыты мезозойские дайки нижнекурахского комплекса, в виде отдельных линейных тел на западе (рис. 13). По степени эрозионного среза Минеевский блок является наиболее глубоко эродированным.

В геофизических полях этот блок имеет дифференцированный облик (рис.11, 12). В центральной части расположены отрицательные магнитные (до -300 дТ) и гравитационные (до -6 мГл) аномалии. На этой территории практически полностью нет вскрытых эрозией магматических тел, и только на его северном фланге вскрыто несколько небольших мезозойских массивов (рис. 13). К сожалению, данных по минералогическому и морфологическому строению у автора нет, но в геофизических полях и на геолого-структурных схемах, этот блок отчетливо выделяется как самостоятельный.

Детальное геохимическое изучение участка Сохсолоох [42], расположенного на юго-восточном фланге Эльконского рудного узла, а также визуальный анализ рельефа территории и характера распределения геохимических ореолов показали, что максимальные концентрации Au и U сосредоточены в пределах метасоматических зон, преимущественно, на водораздельных участках. На нижних гипсометрических уровнях за счет более глубокого эрозионного среза подобные геохимические ореолы отсутствуют.

*В результате детального рассмотрения структурно-вещественных комплексов, геофизических полей и металлогенической зональности территории Эльконского рудного узла, автором выделено 5 блоков с развитием «северо-западного» (Au-Cu + Au-уранинит), «федоровского» (U-Au-Ag), «эльконского» (Au-браннеритового), «минеевского» (Au-U-Mo) и «агдинского» (U-Au) типов оруденений.*

#### ***Первое защищаемое положение***

***В пределах Эльконского рудного узла выделено пять структурно-вещественных блоков: северо-западный, эльконский, минеевский, агдинский и федоровский, которые различаются особенностями геологического строения, металлогенической специализацией и сопутствующими минералами в гидротермально-метасоматических рудных зонах.***

## ГЛАВА 2. ПЕТРО- И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНОВОЗРАСТНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЭЛЬКОНСКОГО РУДНОГО УЗЛА

### 2.1. Петро- и геохимическая характеристика медведевского комплекса

Рассматривая геологическое строение Эльконского горста в целом, устанавливается, что породы ультрабазит-базитового состава, формирующие линзовидные тела медведевского комплекса, имеют относительно небольшие параметры (до 150-200 м по протяжённости и первые до 10-20 м в ширину). На дневной поверхности они вскрыты преимущественно в центральной части рудного района (рис.14, 15). В 1999 году при выполнении геологической съёмки 1:50000 масштаба геологом Мякишевым А.И. впервые ультрабазит-базитовые тела были выделены в пределах изучаемой территории как отдельный медведевский комплекс. Однако, первые упоминания об амфиболитах, залегающих в основании, федоровской свиты, были сделаны еще в 70-х годах, тогда эти тела выделяли как архейский (ранний – догранитный) комплекс [78ф].

Мякишев А.И, Утробин Д.В. [87ф, 93ф, 94ф] считают, что амфиболиты медведевского плутонического комплекса относятся к ортопородам, а с учетом условий их геолого-структурного положения и петрохимических особенностей они классифицированы в соответствии с Классификацией и номенклатурой магматических горных пород как базиты или ультрабазиты [1981]. Результаты силикатных химических анализов по этим породам вынесены на общую диаграмму классификации магматических горных пород, где фигуративные точки, характеризующие химические составы амфиболитов, занимают соответствующие поля.

Для построения графиков распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) были предварительно вычислены рекомендуемые коэффициенты.



Рис. 14. Пример прослоя зеленоватых амфиболитов в разрезе контрольно-стволовой скважины 1, интервал 1342,1 – 1347,9 м

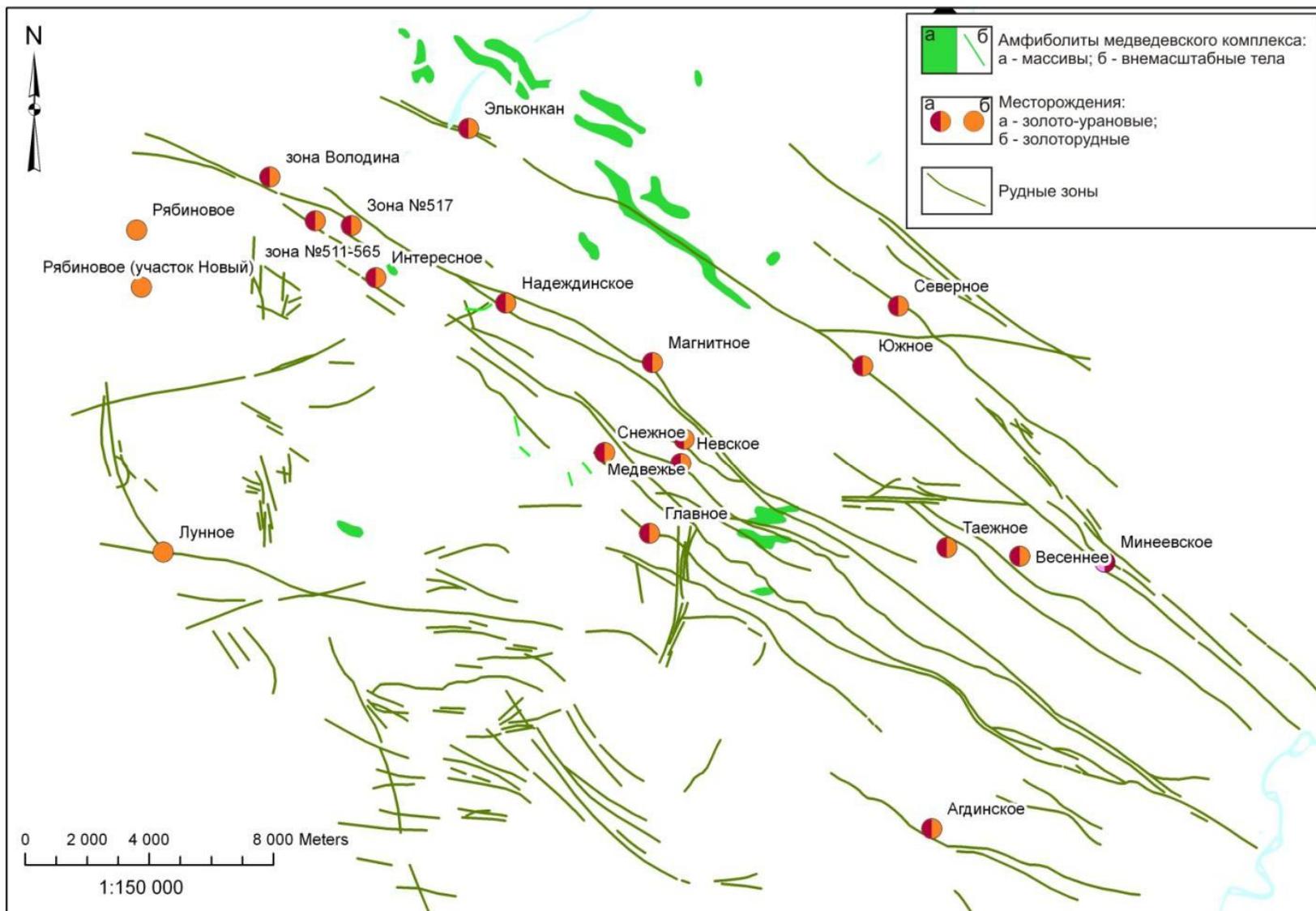


Рис. 15. Схема распространения на поверхности выходов массивов и мелких тел медведевского комплекса [12,13,14]

Для этого результаты геохимических анализов сравнивались с табличными составами семейств и видов магматических горных пород и т.д. [1]. В комплексе, дифференцированном по Фернеру, ультрабазит-базиты разделены по содержанию MgO (табл. 2.1.1).

Образцы пород медведевского комплекса для химического исследования отбирались при описании разведочных и контрольно-стволовых скважин. Петро- и геохимическая характеристика пород этого комплекса выполнена с использованием литературных источников и производственных отчетов, а также дополнительно было проанализировано с определением силикатного состава и микроэлементов методом атомно-эмиссионной спектрометрией порядка 50 образцов.

По минеральному составу все исследованные породы из тел медведевского комплекса были разделены на амфиболиты и эпидотизированные амфиболиты. Последние располагаются в разрезах непосредственно вблизи окolorудных интервалов.

На основе результатов атомно-эмиссионной спектрометрии построены графики распределения редкоземельных элементов, данные представлены в таблицах 3, 4, 5 и на рисунках 16, 17, 19.

Анализ химических составов пород по таблице 2 показал, что во всех проанализированных образцах пониженные содержания  $TiO_2$  (<1%), что свидетельствует об интенсивном выщелачивании титана при воздействии на ультрабазит-базитовые породы гидротермальными растворами в период мезозойского магматизма.

Спектр распределения редкоземельных элементов в амфиболитах Эльконского горста имеет плавный отрицательный наклон, который в общем свойственен для средних значений океанических базальтов обогащенного типа (плюмы).

Таблица 2

Химические составы (масс. %) и содержания редких элементов (г/т) в ультрабазит-базитах медведевского комплекса Эльконского рудного узла (разделенные по содержанию MgO)

	> 18%	12-18%		8-12%					6-8%				
	3-342,4	3-344,1	11-544,5	3-338*	13-534	3-315,5	2215-30	2077-354,6	1-1656	2070-323	3-93,5	9-577	9-554
SiO <sub>2</sub>	16,85	15,55	36,26	45,47	53,47	57,52	32,91	39,17	17,95	30,00	41,88	16,52	3,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,97	4,23	10,56	6,68	8,99	4,35	17,02	5,32	19,79	22,00	21,60	21,58	19,01
TiO <sub>2</sub>	0,12	0,12	0,08	0,38	0,57	0,25	0,91	0,28	1,08	0,72	0,72	0,75	0,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,02	44,58	6,59	13,02	9,27	22,03	12,43	22,37	10,49	14,41	14,07	13,68	13,66
MnO	0,35	0,22	0,08	0,11	0,10	0,30	0,13	0,33	0,12	0,19	0,20	0,18	0,19
CaO	3,45	13,65	16,81	12,60	9,97	26,73	11,62	24,35	11,26	10,64	10,34	10,65	11,19
MgO	26,85	15,80	12,01	11,66	11,13	9,35	8,98	8,75	7,19	6,54	6,34	6,26	6,13
Na <sub>2</sub> O	0,47	0,53	0,93	2,98	4,74	1,52	4,91	1,62	4,58	4,20	4,16	4,45	4,20
K <sub>2</sub> O	1,23	0,19	4,18	1,79	0,78	1,00	1,43	1,30	1,88	2,33	1,83	1,60	2,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,02	0,02	0,15	0,72	0,39	0,01	0,61	0,15	0,15	0,16	0,16
Ni	24,05	25,74	309,5	17,13	185,4	33,99	74	66,83	69,89	110,8	114,9	104,7	106,9
V	54,01	110,2	58,17	61,73	160,7	98,29	242,3	114,1	195,3	309,1	242,9	233,3	335,8
Co	37,25	40,15	26,35	30,6	30,34	40,85	34,38	54,55	35,63	43,44	43,5	44,77	40,36
Sc	5,144	7,126	17,98	8,111	43,35	21,96	47,46	8,567	45,4	88,9	84,52	82,06	76,88
Sr	26,39	34,8	422,9	95,84	270,4	70,84	538,5	113	1357	499,4	310,9	301,7	413,8
Ba	297,7	36,99	216,3	114,6	148,4	25,64	251,7	69,51	1258	491,9	479,9	484,4	456,1
Nb	3,625	3,446	2,242	14,1	7,018	2,999	11,46	3,746	7,67	12,46	8,641	8,091	13,04
Zr	20,22	46,9	21,35	124,1	76,22	130,6	113	212,2	107,6	135	145,6	150,4	127,8
Y	6,078	14,35	8,998	32,87	21,44	31,41	38,43	24,68	15,43	21,6	20,65	20,25	20,4
Yb	3,401	5,725	1,665	4,934	3,254	5,223	5,372	4,971	2,42	3,964	3,596	3,546	3,96

Окончание табл. 2

	>6%												
	8206-323	3-322	2070-324	8206-606	11-579	7-313	1-1566	7-063	2077-670	8606-463	2126-1154	13-1732	2014-532
SiO <sub>2</sub>	26,79	7,77	12,97	41,62	55,91	22,42	54,93	22,07	16,63	30,54	21,73	56,89	19,84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,21	23,20	18,63	29,10	18,89	26,72	24,55	27,73	26,72	26,12	23,97	24,55	22,54
TiO <sub>2</sub>	1,36	0,16	0,68	0,97	0,43	0,79	0,55	0,68	0,88	0,66	0,53	0,68	1,46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,36	8,80	12,94	10,89	8,29	9,11	7,18	7,94	8,11	7,83	6,81	8,10	11,44
MnO	0,10	0,12	0,17	0,08	0,12	0,07	0,09	0,11	0,12	0,08	0,09	0,08	0,09
CaO	10,18	21,23	10,43	9,65	9,69	9,83	7,73	9,17	9,05	7,35	7,04	7,02	5,17
MgO	5,89	5,52	5,31	5,20	5,17	5,10	4,40	4,32	4,29	4,20	4,16	4,04	4,00
Na <sub>2</sub> O	5,57	3,99	3,58	6,40	4,49	5,77	5,98	6,37	5,11	6,46	5,70	6,12	4,78
K <sub>2</sub> O	1,15	1,18	3,03	1,34	0,79	1,40	0,95	1,06	4,20	1,25	1,36	0,86	5,58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,42	0,50	0,15	0,54	0,04	0,47	0,36	0,39	0,69	0,34	0,26	0,38	0,81
Сумма	100,00	100,00	100,00	105,79	103,82	100,00	106,72	100,00	100,00	100,00	100,00	108,72	100,00
Ni	30,22	19,88	98,42	39,2	43,35	46,49	53,57	19,62	36,28	20,69	31,99	21,44	48,9
V	261,4	37,81	460,3	207,1	131	168,4	118,4	139,7	174,9	140,7	103,9	141,1	141,8
Co	35,86	18,77	40,95	28,78	24,02	26,58	21,33	17,84	20,93	21,06	18,43	24,16	24,58
Sc	73,97	16,32	71,32	52,14	40,59	46,44	39,88	46,35	46,92	32,82	37,85	36,79	27,97
Sr	843,6	261,8	730	1108	491,1	742	944	1011	859,9	879	815	941,2	870,1
Ba	286,6	85,78	482,6	540,2	225,3	451,1	379,5	651,8	1007	472,4	615,9	484,3	2998
Nb	10,13	0,758	20,85	8,662	4,651	6,178	4,566	4,956	8,174	5,492	4,264	5,809	11,73
Zr	95,49	87,69	95,49	80,64	49,57	48,3	38,85	27,29	133,5	56,09	45,16	45,92	133,4
Y	33,14	11,76	18,54	29,79	11,9	14,13	15,02	15,66	35,52	15,19	16,69	19,43	26,96
Yb	4,341	1,882	4,37	3,669	2,435	2,529	2,033	2,176	3,76	2,213	2,131	2,513	2,707

*Примечание:* Дифференциация по содержанию MgO: >18% - ультрамафиты; 12-18% - переходные породы мафит-ультрамафиты; 8-12% высокомагнезиальные мафиты; 6-8% - умеренномагнезиальные мафиты; <6% - низкомагнезиальные мафиты. \*образец 3-338 (Амфиболит), контрольно-стволовая скважина №3 – содержание золота 7,65 г/т.

Для амфиболитов свойственны повышенные показатели легких (группа церия) и промежуточных (группа тербия) элементов, однако, не превышает 10-кратных норм по хондриту. Отчетливо прослеживается типичное для E-MORB поведение Pr.

На графиках распределения видно, что преобладает наличие положительных аномалий Eu или без аномалий (рис.16). Во всех породах отрицательный наклон спектров распределения редкоземельных элементов обусловлен значительным обеднением тяжёлыми редкоземельными элементами, относительно пород E-MORB, объясняется наложенными процессами гранитизации (ранний протерозой) и продолжительного метасоматоза (мезозойский этап ТМА) [1].

По химическому составу амфиболиты Эльонского рудного узла сходны с петротипами медведевского комплекса центральной части Алдано-Станового щита и интерпретируются как его аналоги. Долгое время породы медведевского плутонического комплекса включались в состав нижнего (медведевского) горизонта федоровской толщи, а выделение его принималось не всеми геологами. В настоящее время геологами признается существование как медведевского стратона, так и метаморфизованного в амфиболитовой фации интрузивного комплекса [93ф, 94ф, 95ф].

По результатам представительного опробования петротипа и сопредельных территорий участков на водоразделе рек Эвота – М. Нимныр, северней от трассы Амуро-Якутской магистрали и в долине р. Эвота выше устья р. Гоголь, там, где вскрываются ультрабазит-базитовые тела медведевского горизонта, охарактеризована геохимия базитов табл. 5, и на рис. 17 [33, 34, 35].

Таблица 3

Содержание редкоземельных элементов (г/т) в амфиболитах  
медведевского комплекса Эльконского рудного узла

№ проб	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
3-93,5 (B)	19,98	29,37	16,98	20,37	3,23	1,49	4,04	3,10	0,82	1,21	3,60	0,35
3-338	75,88	124,00	20,30	55,13	6,19	2,06	3,24	5,26	1,14	1,08	4,93	0,38
2070- 323	20,57	31,24	17,55	19,42	3,00	1,53	4,03	2,88	0,68	1,08	3,96	0,36
2215- 30	53,31	115,40	20,36	74,02	11,38	2,63	5,77	6,17	1,32	1,79	5,37	0,36

Таблица 4

Содержание редкоземельных элементов (г/т) в околорудных  
эпидотизированных амфиболитах

№ проб	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
2011- 809,5	77,32	97,09	31,02	48,26	3,456	3,305	5,018	2,87	0,548	1,02	3,39	0,331
2077- 353	17,42	32,7	27,85	21,18	0,63	2,288	3,136	3,325	0,966	0,923	6,543	0,714
2077- 354,6	23,56	49	36,73	27,35	-	1,746	3,637	4,035	0,794	0,723	4,971	0,586
2077- 670	52,32	87,81	14,7	55,38	9,853	2,179	5,119	5,552	0,859	1,55	3,76	0,22

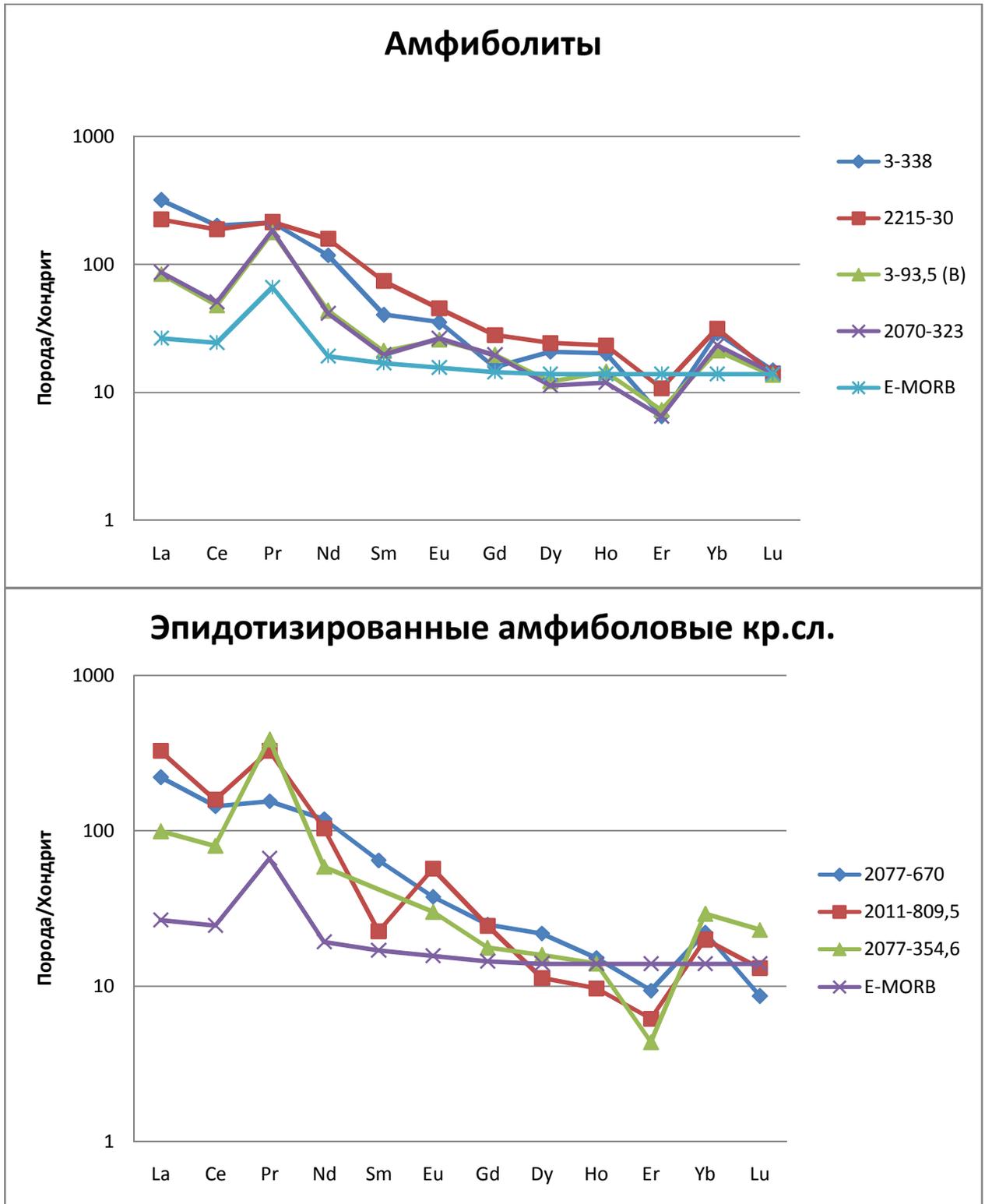


Рис. 16. Спектр распределения редкоземельных элементов в породах медведевого комплекса Эльконского рудного узла, нормализованных на хондрит по Sun S.S., McDonough W.F. [74]

Содержание редкоземельных элементов (г/т) в метабазитах  
медведевского комплекса в петротипической местности [35]

№ проб	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Ho	Er	Yb	Lu
4/03	17,3	44,9	23,8	5,67	1,82	5,38	1,02	2,77	2,95	0,4
5/03	36,1	88,1	34,3	6,64	1,91	5,6	0,98	2,63	2,57	0,35
1729	7,5	22,6	13,3	3,53	1,15	3,01	0,45	1,19	1,01	0,12
3716	7,66	19,9	13,4	3,95	0,95	4,36	0,8	2,19	1,91	0,25
3719/1	10,7	23,1	15,5	4,62	1,06	4,89	0,96	2,84	2,44	0,33
3719/2	9,66	22	14,6	4,1	0,9	4,26	0,74	2,04	1,85	0,29
3963	11,4	24,42	18,1	5,15	1,25	5,46	1,08	2,88	2,87	0,37
3964	10,8	24,2	17	4,18	1,12	4,67	0,77	2,04	1,82	0,27
3964/2	18	35,4	28,8	6,95	1,83	7,71	1,24	3,32	2,96	0,5

Ультрамафиты по содержаниям  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  и других оксидов по принятой классификации [28] соответствуют пироксенит-горнблендитам, а не перидотитам [35]. Породы, по химическому содержанию окислов, а также структурным особенностям определены как метаморфизованные аналоги пикродолеритов и долеритов. Все породы комплекса имеют достаточно схожие содержания и спектр распределения редкоземельных элементов (рис. 2.2.3). Преобладает наличие слабых отрицательных аномалий европия и более редко отмечены их положительные отклонения.

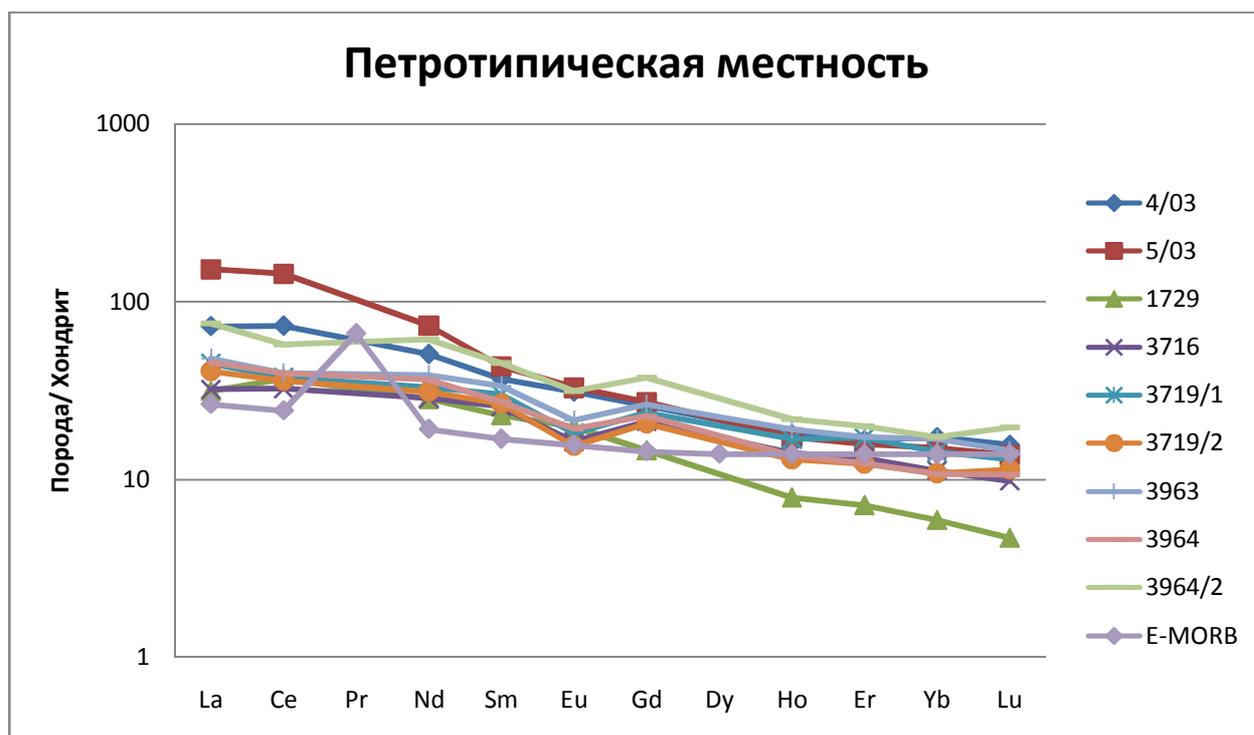


Рис. 17. Спектр распределения редкоземельных элементов в амфиболитах медведевского комплекса петротипической местности, нормализованных на хондрит по Sun S.S., McDonough W.F. [74]

Следовательно, по петрохимическим особенностям и геолого-структурному положению метаботиты Эльконского рудного узла сопоставимы с петротипами из тел медведевского комплекса и являются его аналогами, вскрытыми в пределах горста. Отличия заключаются в том, что ультрабазит-базиты Эльконского рудного узла были подвержены процессам последующих гранитизаций. В виду чего в базит-ультрабазитовых телах наблюдаются повышенные концентрации  $\text{SiO}_2$ .

Совместное рассмотрение петрохимических особенностей метаморфизованных базит-ультрабазитов Эльконского рудного узла и петротипической местности медведевского комплекса, как пород однотипного магматического комплекса, позволяет произвести обоснование вероятной модели генезиса первично-магматических образований региона. Так, по содержанию  $\text{SiO}_2$  породы медведевского комплекса в пределах Эльконского рудного узла соответствуют и ультраосновным, и основным (рис. 18). По соотношению  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  они попадают в поля коматиитов-базальтов. Судя по некоторому разбросу значений  $\text{SiO}_2$ , в том

числе и попадание некоторого количества фигуративных точек в поле андезитов, предполагается, что доля из них претерпела отдельное перераспределение петрогенных элементов при последующих гидротермальных и метасоматических процессах (рис. 18). На построенной по отношениям *порода/примитивная мантия*, многокомпонентной диаграмме состояния для медведевского комплекса, виден дифференцированный спектр распределения с четкими минимумами по Rb, Nb, Sr, Sm и Er (рис. 19).

Распределение редкоземельных элементов в породах медведевского комплекса в общем обозначен дифференцированным характером (рис. 16, 17). В базит-ультрабазитах La/Yb нормированные отношения варьируют от 2 до 8, при различной концентрации тяжелых редкоземельных элементов. Уровень концентрации элементов иттриевого семейства в амфиболитах превышает 7-15 раз, а уровень легких редкоземельных элементов – в 3-5 раз. Экстремум Eu проявлен слабо. Но большинство проб образует небольшую положительную аномалию. По спектру распределения тяжелых редкоземельных элементов выделяется две группы. В первой группе (пробы 2011-809,5, 2077-354,6) наблюдается резко выделяющиеся аномальные значения по Pr. А во второй группе (пробы 2077-670, 2215-30), распределение тяжёлых редкоземельных элементов более полого, что может быть обусловлено скорей всего наложенными последующими гидротермальными процессами. В целом диапазон распределения редкоземельных элементов в породах медведевского комплекса, а также слабое насыщение пород высокозарядными и крупноионными литофильными элементами в соотношении с базальтами срединноокеанических хребтов и примитивной мантии (рис. 2.2.5) наиболее близок к породам, имеющих плюмовый источник [47]. Значительные концентрации тяжелых редких земель (от 7 до 15 раз по отношению к хондриту), обусловлены участием в плавлении астеносферного или нижнекорового субстрата.

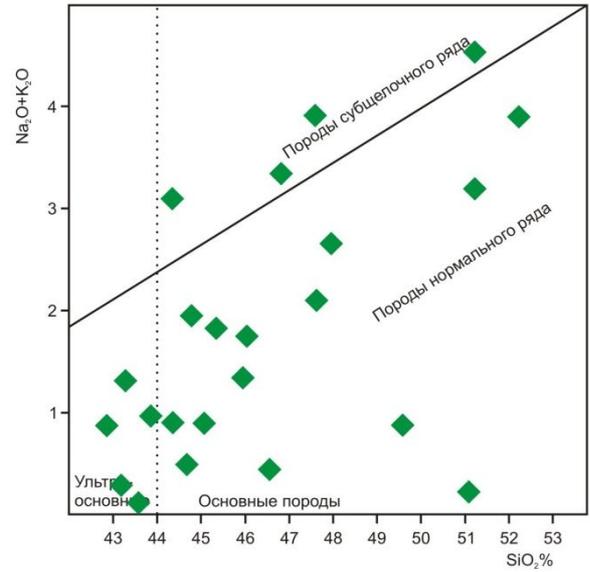
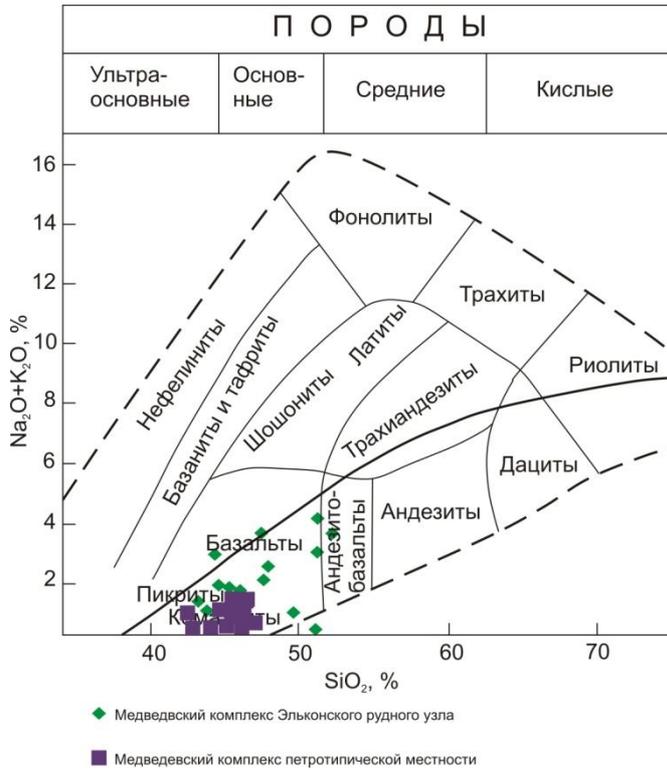


Рис. 18. Положение фигуративных точек состава пород медведевского комплекса на диаграммах  $SiO_2 - (Na_2O+K_2O)$  по [28]

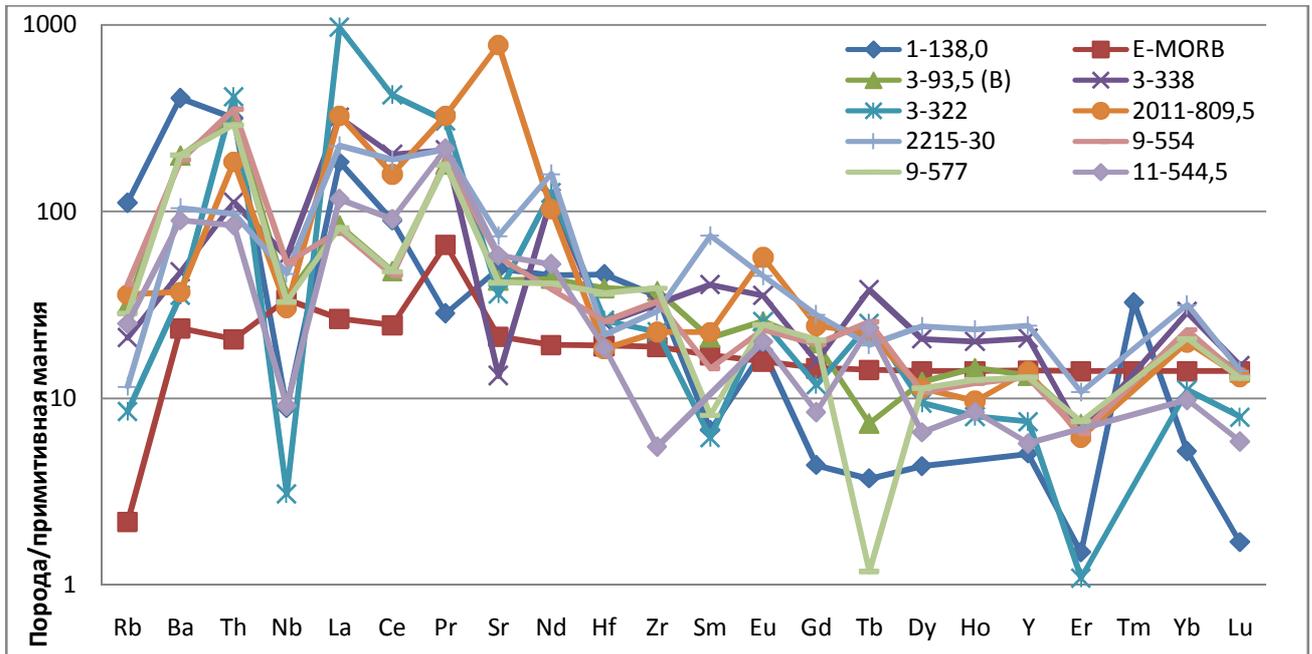


Рис. 19. Многокомпонентная диаграмма системы редких элементов для ультрабазит-базитов медведевского комплекса, нормализованных на примитивную мантию по Sun S.S., McDonough W.F. [74]

Таким образом, совпадения трендов распределения РЗЭ медведевского плутонического комплекса с мантийными породами обогащенного типа, а также с по-

родами петротипической местности, позволило нам сделать вывод о том, что эти породы имеют мантийное (плюмовое) происхождение.

С образованиями медведевского комплекса парагенетически связано месторождение золота им. Пинигина, расположенное в Нимнырском террейне Алданского щита, за пределами Эльконского рудного узла. Во многих регионах мира, в пределах древних кратонов, где имеют распространение зеленокаменные пояса, известны месторождения золота, связанные с ультрабазит-базитовыми образованиями.

*Пониженные концентрации Ti и Fe в амфиболитах медведевского комплекса, расположенных в непосредственной близости к рудным зонам, указывает на то, что эти два элемента интенсивно выносились при щелочном метасоматозе, обусловленном флюидами мезозойских фаз внедрения магматических массивов и мелких тел. Они транспортировались в зоны разгрузки, где вступали в химические реакции, при этом образовался титанат урана - браннерит. Неоспорим тот факт, что совместно с высокими концентрациями Fe и Ti, ультрабазит-базиты также являются и повышенными источниками концентрации Au (рис 20). В пробе №3-338 (контрольно-стволовая скважина) отобранной из массива пород, расположенного на отдалении от рудных интервалов, в амфиболитах из медведевского комплекса по результатам химического анализа установлено содержание золота, которое достигает до 7 г/т.*

*Анализ этих фактических данных подтверждает, что породы медведевского plutонического комплекса Эльконского рудного узла возможно были источником перечисленных химических элементов (Ti, Fe и Au) в гидротермально-метасоматических рудах, перераспределение которых происходило в процессе мезозойской тектономагматической активизации и связанных с ней активных флюидов и гидротерм.*

Кларки главных типов изверженных горных пород (% мас) Овчинников Л.Н. (1990)						
Элемент	Ультра- базиты	Базиты	Андезиты, диориты	Грано- диориты	Граниты	Сиениты
Ti	0,16	1,07	0,61	0,46	0,16	0,35
Fe	9,35	8,56	5,36	3,07	1,56	3,67
Cu	$1 \cdot 10^{-3}$	$9,2 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Mo	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Au	$6 \cdot 10^{-7}$	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-7}$
Th	$4 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$9,9 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
U	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$

Рис. 20. Кларки концентрации для главных типов изверженных горных пород (% масс) [60]

## 2.2. Петрохимическая характеристика гранитоидных комплексов Эльконского рудного узла

Граниты и гранитизированные в процессе анатексиса комплексы пород в геологическом строении Эльконского горста являются наиболее широко распространенной группой пород (рис. 21). При всём разнообразии структурно-вещественных (от гранодиоритов и сиенитов до щелочно-полевошпатовых лейкогранитов) и морфологических характеристик (штоки, пластовые тела, жилы, лейкосома мигматитов и т.п.) они по многим признакам соответствуют одновозрастным или близким по времени магматическим образованиям. Расчленение гранитоидов, даже близких по минеральному составу, по времени образования и морфологии тел вызывает сложности из-за участия отдельных из них в мигматизации метаморфических комплексов, а также в силу многократных метаморфических процессов, обуславливающих вязкопластические деформации толщ, в которых они подвергались изменению.

В пределах Эльконского рудного узла наиболее широкое распространение имеют древние гранитоиды двух комплексов: архейского древнеалданского чар-

нокит-мигматитового (рис. 22) и раннепротерозойского каменковского гранит-мигматитового (рис. 23).

Далее рассмотрим более подробно характеристику раннепротерозойского каменковского комплекса, так как гранитоиды именно этого комплекса представляют интерес в связи с их геохимической специализацией. Формирование лейкократовых гранитов, выделенных в каменковский комплекс, продолжалось на протяжении значительного периода в раннем протерозое, минимум в две фазы. В завершающую стадию были образованы тела и массивы собственно лейкократовых аляскитовых гранитов. Более подробное их геологическое описание и история эволюции в протерозойское время, приведено в главе 1.

Аляскитовые граниты каменковского комплекса относятся к более позднему периоду протерозойского магматизма, в них сосредоточены максимально высокие концентрации U и Th среди всех вмещающих пород Эльконского рудного узла. По представлениям Титаевой [69], одним из важнейших условий концентрации радиоактивных элементов в гранитоидах является их принадлежность к щелочной серии, т.к. возрастание щелочности способствовало повышению концентраций радиоактивных элементов.

Имеющиеся в распоряжении автора силикатные анализы по образцам пород из гранитных комплексов Эльконского рудного узла нанесены на общую классификационную диаграмму (рис. 24). В них по содержанию  $\text{SiO}_2$  граниты изученных комплексов (чарнокитовый, аляскитовый) соответствуют породам кислого ряда. По соотношению  $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  фигуративные точки комплексов попадают в поля дацит (гранодиорит) – риолит-трахит. Расположение плагиогранитов в переходном поле дацит (гранодиорит) – риолит обосновано не только соотношениями  $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ , но также и высоким содержанием железистых минералов (гиперстен, магнетит, пирит), характерных для чарнокитов.

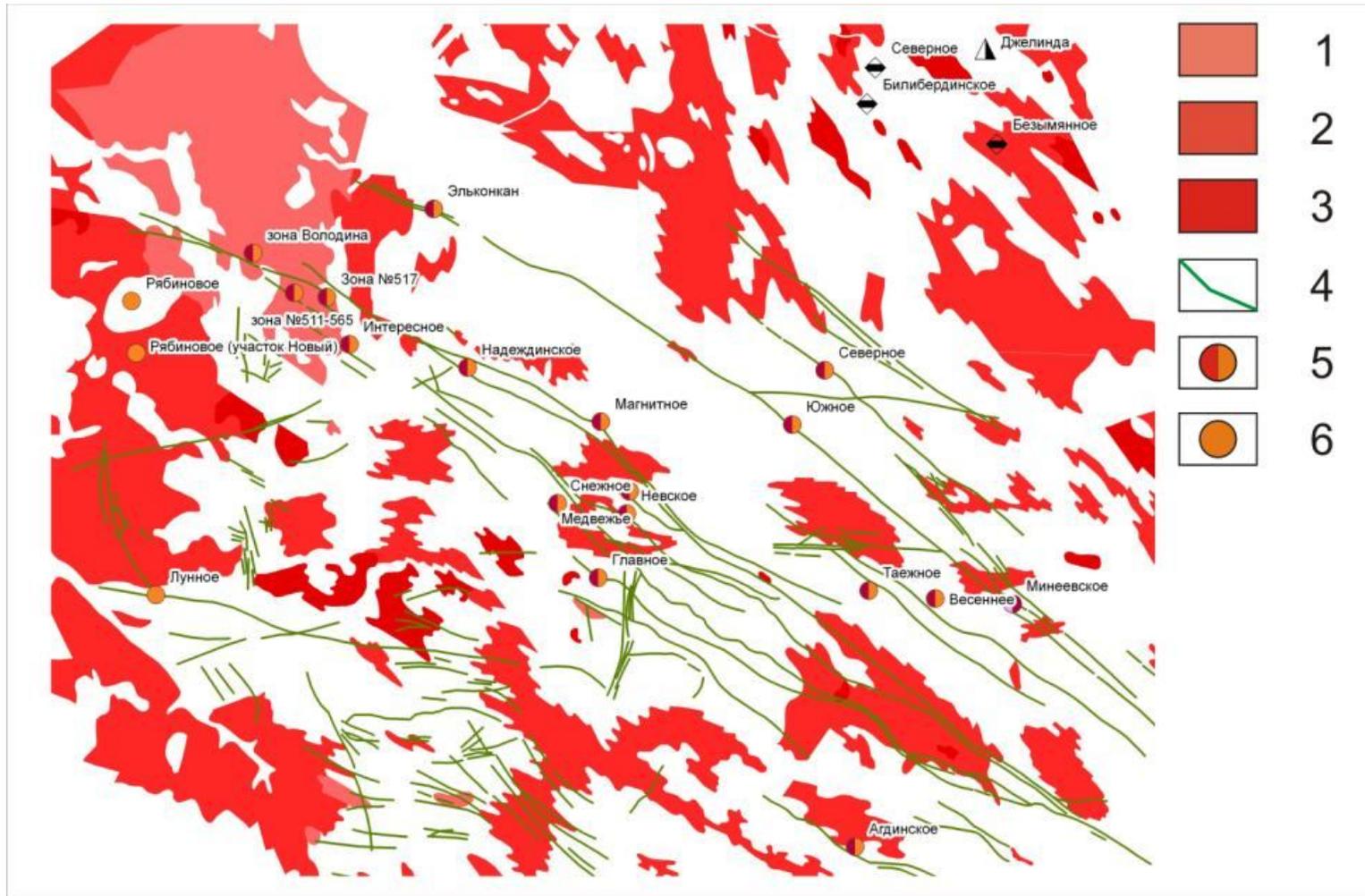


Рис. 21. Схема расположения выходов гранитных комплексов Эльконского рудного узла по [12,13,14]: 1 – граниты древнеалданского чарнокит-мигматитового комплекса; 2 – граниты каменковского комплекса I фазы; 3 – граниты каменковского комплекса II фазы; 4 – рудные зоны; 5 – золото-урановые месторождения; 6 – золоторудные месторождения.



Рис. 22. Прослой плагиогранитов чарнокит-мигматитового комплекса. КСС-2, инт. 924,4 – 930,2.



Рис. 23. Мясо-красные граниты каменковского комплекса. КСС-1, инт. 1152,7 – 1158,5 м.

Таблица 6

Химический состав пород гранитных комплексов Эльконского рудного узла [76ф, 77ф, 81ф, 93ф, 94ф, 95ф]

№№ проб	Плаггиограниты									Граниты каменковского комплекса I фазы										
	K-2	621/8	6245/3	255a	255б	234/455	1915/1	157	234/455	2223-50	10409	1013/3	1015/3	2223-40	1007/0	222/3	200	222/7	222/8	1947/1
SiO <sub>2</sub>	69	75,3	74,9	66,6	64,5	70,5	69,1	75,6	70,5	71,3	71,28	70,34	70,63	73,7	71,34	70,4	67,7	73,6	76	73,76
TiO <sub>2</sub>	0,35	0,26	0,04	1,02	1,1	0,23	0,35	0,08	0,23	0,56	0,84	0,31	0,15	0,04	0,12	0,54	0,41	0,36	0,09	0,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,8	13,0	13,5	18,8	19,2	12,0	16,8	14,2	12,0	12,0	15,2	16,6	15,0	12	16,0	11,8	14,7/5	12,4	12,2	12,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,7	0,24	0,16	0,56	1,53	1,1	1,31	0,01	1,16	2,47	1,33	1,89	0,37	1,34	0,45	3,71	2,84	1,61	0,48	1,8
FeO	3,87	1,49	1,88	1,25	1,77	2,7	0,55	2,19	2,74	3,3	0,42	1,2	0,65	1,59	0,66	2,4	2,26	1,3	0,7	0,5
MnO	0,08	0,02	0,02	0,02	0,04	0,08	-	0,02	0,08	0,1	0,01	0,01	0,04	0,03	0,01	0,05	0,01	0,02	0,02	-
MgO	1,51	0,50	0,50	0,50	0,50	1,01	0,47	0,50	1,01	0,76	0,08	1,03	0,52	1,19	0,5	1,7	0,7	0,8	0,6	0,73
CaO	3,06	2,32	2,9	3,84	3,99	3,69	4	2,76	3,69	2,1	2,02	1,7	1,72	0,77	1,25	0,65	0,59	0,8	0,7	0,5
Na <sub>2</sub> O	4,32	4,46	3,1	4,88	5,38	3,85	5,12	3,6	3,85	2,95	2,9	3,44	3,36	1,93	3,93	1	3,6	2,9	1,4	2,13
K <sub>2</sub> O	1,64	1,18	1,97	2,17	2,43	2,45	1,55	1,71	2,45	3,31	4,47	3,07	4,07	5,8	5,18	7,14	6,34	5,7	7,3	6,91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,09	0,01	0,02	0,01	0,09	0,09	0,02	0,09	0,13	-	-	-	0,1	-	-	0,07	0,05	0,06	-
CO <sub>2</sub>	0,11	0,22	0,16	<0,1	<0,1	0,86	-	0,10	0,86	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	н. о.
SO <sub>3</sub>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1	0,27	-	0,10	0,27	0,1	0,1	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1	0,10	0,1	0,1	н. о.
Σ	100	98,8	99,05	99,8	101	99,9	100	100	99,9	99,9	99,7	99,9	98,19	99,5	99,9	99,7	99,6	99,9	99,8	100,2

Окончаниетабл. 6

Граниты каменковского комплекса II фазы																				
№№ проб	К-43/1	К-44	К-45	1716/1	К-63	1620/1	К-57	1639/1	414/200	1651/1	1639/3	1639/2	1654/1	1710/1	1671/3	1618/1	1646/2	К-49	К-38	
SiO <sub>2</sub>	71,2	71,8	72,4	72,19	71,6	73	71,2	71,99	73,9	72,58	71,24	76,22	75,73	73,14	77,42	75,2	74,3	74,5	74,4	
TiO <sub>2</sub>	0,36	0,22	0,09	0,25	0,18	0,16	0,16	0,28	0,14	0,26	0,47	0,19	0,07	0,26	0,07	0,17	0,12	0,08	0,08	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,75	12,55	12,58	14	12	14,57	13,5	13,84	13,03	13,96	14,61	12,27	13,19	14,22	12,37	13,45	13,6	12,42	12,83	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,81	1,47	0,66	1,66	0,95	1,35	1,01	2,27	0,97	1,77	2,04	0,97	0,73	1,52	0,58	0,52	1,19	0,33	0,48	
FeO	2,2	2,05	2,2	0,73	2,34	0,22	1,66	0,62	1,58	0,88	0,72	0,51	0,37	0,5	0,18	0,29	0,37	1,55	1,68	
MnO	0,03	0,03	0,02	н. о.	0,03	н. о.	0,02	н. о.	<0,02	н. о.	н. о.	-	-	-	-	-	н. о.	0,02	0,01	
MgO	0,6	0,91	0,81	0,47	1,01	0,12	0,81	0,16	<0,5	0,49	0,31	0,65	0,29	0,42	0,36	0,36	0,25	<0,50	0,5	
CaO	1,02	1,16	1,02	1,54	1,31	1,34	0,58	0,67	0,89	0,9	0,95	0,86	1,12	1,29	1,25	1,03	1,39	0,87	1,02	
Na <sub>2</sub> O	3,34	3,29	2,54	2,86	2,28	2,82	2,69	2,47	3,3	2,89	3,5	2,27	2,71	2,64	3,12	2,13	2,52	2,35	2,48	
K <sub>2</sub> O	5,7	5,5	6,09	5,37	6,55	5,85	6,67	7,21	5,28	5,73	5,82	5,75	5,49	5,45	4,1	6,02	6,04	6,09	6,04	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,07	0,03	0,06	0,03	-	0,08	-	0,04	0,05	0,06	-	-	-	0,07	-	-	0,03	0,04	
CO <sub>2</sub>	0,11	0,26	0,53	н. о.	0,32	н. о.	0,10	н. о.	0,10	н. о.	н. о.	0,21	0,13							
SO <sub>3</sub>	0,10	0,10	0,10	н. о.	0,10	н. о.	0,10	н. о.	0,10	н. о.	н. о.	0,10	0,10							
ППП	0,09	0,13	-	1,07	0,12	0,58	0,4	0,76	0,28	0,79	0,48	0,58	0,47	0,53	0,7	0,8	0,58	0,08	0,23	
Σ	99,2	99,4	99,9	100,2	98,7	100,0	98,7	100,2	99,9	100,2	100,2	100,2	100,1	99,9	100,2	99,9	100,3	99,0	99,9	

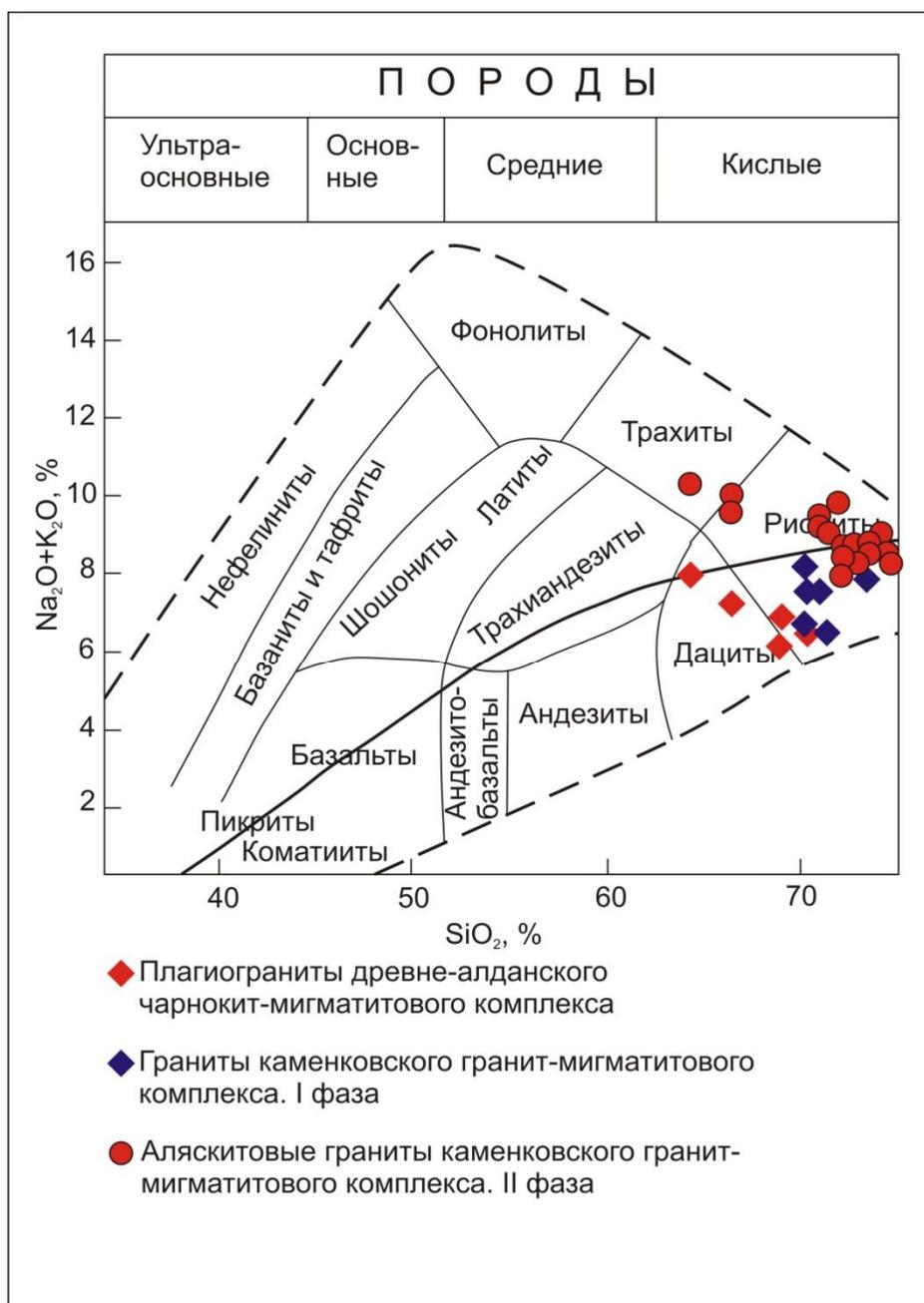


Рис. 24. Положение точек составов гранитоидов из разрезов Эльконского рудного узла на классификационной диаграмме SiO<sub>2</sub> – (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)

По распределению фигуративных точек на диаграмме SiO<sub>2</sub> - Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O, граниты каменковского комплекса отчетливо разделены на две группы. Точки первой группы попадают в поле гранитов нормального ряда, а второй группы – в поле субщелочного ряда и даже достигают трахитов. Вероятно, что каждая группа соответствует фазам внедрения [76ф, 77ф, 81ф, 93ф, 86ф, 87ф].

На классификационной диаграмме [28] наблюдается отчетливая тенденция обогащения щелочами более поздних стадий гранитизации, а остаточные части расплавов способны обогащаться радиоактивными компонентами в сотни тысяч раз [69]. Попутно с ураном в этих породах происходило увеличение содержания других элементов «гранитоидного» ряда: молибдена, серебра, свинца, иттрия, лантана и стронция [11].

На дивариантных диаграммах  $\text{SiO}_2$  – петрогенные компоненты (Диаграммы А. Харкера (рис. 25)) в соотношении  $\text{SiO}_2$  –  $\text{FeO}^*$  наблюдается четкий тренд обогащения пород каменковского комплекса железом при уменьшении содержания силикатной составляющей.

Кроме того, прослеживается зависимость содержания  $\text{MgO}$  и  $\text{TiO}_2$ . Их количество в породах увеличивается при понижении содержания  $\text{SiO}_2$ . Такая зависимость объясняется ассимиляцией гранитного расплава высокожелезистых и высокомагнезиальных пород из разрезов вмещающих толщ архея.

На диаграммах, показывающих взаимоотношение других петрогенных элементов ( $\text{CaO}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ ), отчетливых трендов дифференциации не наблюдается.

Гранитные комплексы, расположенные в пределах Эльконского рудного узла, по происхождению являются палингенными. При влиянии на метаморфические породы процессов палингенеза, происходит активное перераспределение рассеянного U и переводом его в химически активную (подвижную) форму. По результатам проведенных исследований предшественниками [23], обширно проявленные процессы гранитизации протерозойского времени и прогрессивного метаморфизма привели к перераспределению рассеянного (около 40%) U в легкоизвлекаемую форму.

Имеющиеся фактическая информация, полученная как самим автором работы, так и из фондовых и опубликованных сведений, позволила сделать вывод о том, что процессы тектономагматической активизации раннепротерозойского времени привели к повышению концентрации урана в палингенно гранитизированных породах по сравнению с более древними архейскими стратифицированными комплексами. Вместе с тем, по данным Терехова А.В. (2013), наибо-

лее насыщенными ураном породы являются лейкократовые аляскитовые граниты каменковского комплекса (до 5,2 г/т).

При процессах ультраметаморфизма (гранитизации) система становилась практически открытой, начинали поступать щелочи, кремнезем и вода, определяющие среду мобилизации рассеянного урана и формирование расплавов повышенной радиоактивности. На Украинском щите в подобных гранитоидах, образованных среди метаморфических пород амфиболитовой фации, среднее содержание урана составляет  $3,4 \cdot 10^{-4} \%$  [69].

По Н.И. Ермолаеву [22], отторжение радиоактивной примеси от горной породы происходило при повторной кристаллизации минерала-носителя, в процессе которой совершалось освобождение кристаллизующегося вещества от микропримесей урана и тория.

При ультраметаморфизме наблюдается возрастание радиоактивности от ранних этапов к заключительным этапам процесса. В наиболее поздних продуктах – в данном случае каменковском комплексе – наблюдается значительная концентрация радиоактивных элементов при обеднении радиоактивной примесью вмещающих пород. Так, породы каменковского комплекса имеют повышенную радиоактивность (до 65 мкр/час) по гамма-полю, что обуславливает аномалию в сравнении с окружающими их массивами пород. А даже при кларковых содержаниях  $1 \text{ км}^3$  гранитов содержит от 9 до 100 тыс. т. урана [9].

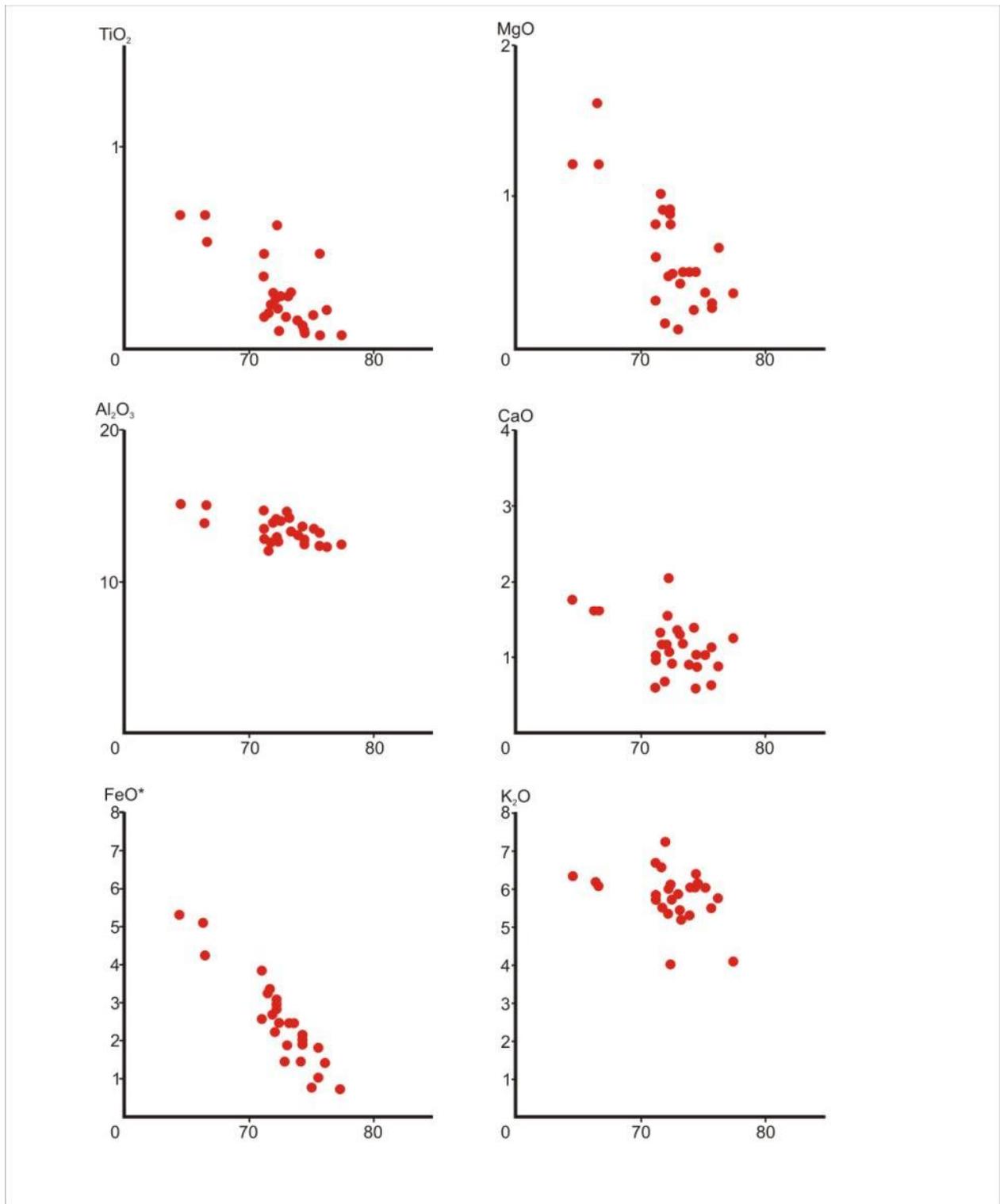


Рис. 25. Дивариантные диаграммы А. Харкера. По оси X значения  $\text{SiO}_2$ .  $\text{FeO}^* = 0,9 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  [26]

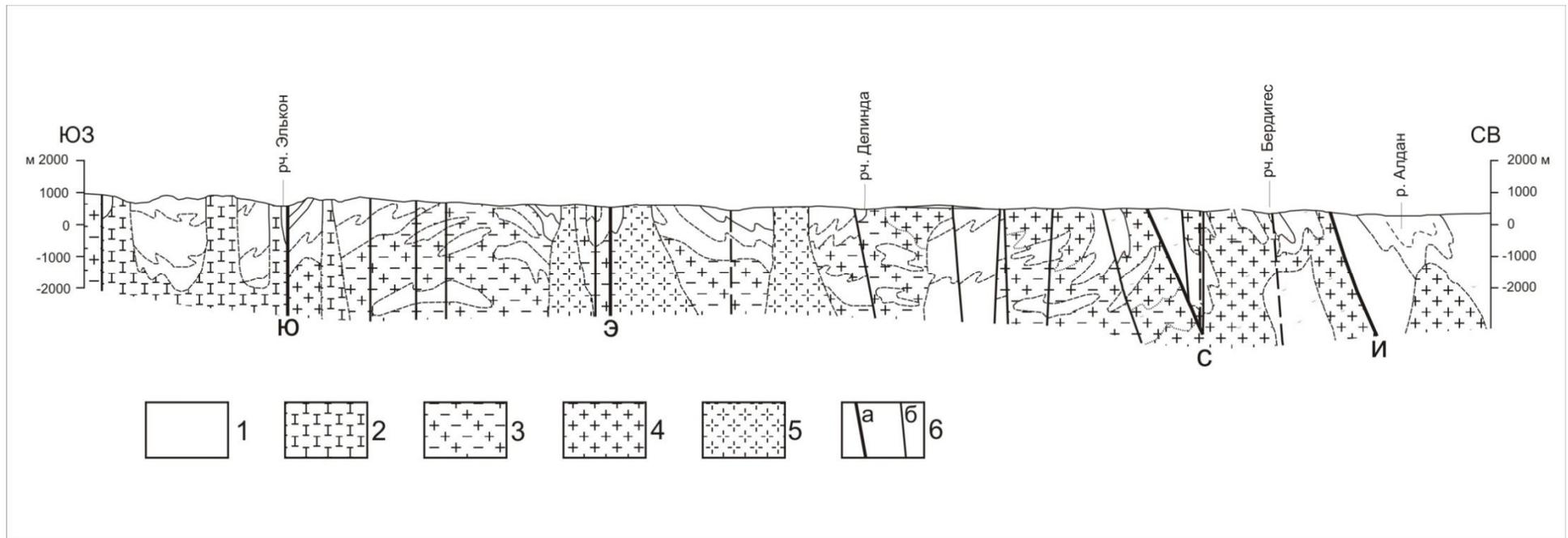


Рис. 26. Схематический разрез взаимоотношения гранитоидов каменковского комплекса и архейских толщ [93ф].

Цифрами в условных обозначениях: 1 – Архейские стратоны (без расчленения); 2 – мезозойские щелочные образования (без расчленения); 3 – гранито-гнейсы каменковского комплекса; 4 – граниты каменковского комплекса; 5 – лейкократовые граниты каменковского комплекса; 6 – разрывные нарушения: а – региональные (Ю – Южный; Э – Эмельджакский; С – Скальный; И – Идженский); б – второстепенные.

Формы миграции радиоактивных элементов при процессах ультраметаморфизма в настоящее время неясны. Однако, переход урана из рассеянного в подвижную форму определяет основной источник рудного вещества, способный к дальнейшей геохимической миграции. В пределах Эльконского горста на Алданском щите, такая миграция была обусловлена газовой-гидротермальными процессами мезозойского щелочного магматизма.

Образование главного урансодержащего минерала браннерита в метасоматических зонах, по нашим представлениям, обусловлено перераспределением титана из базитов медведевского комплекса и урана из гранитоидов каменковского комплекса.

### **2.3. Петрохимические и геохимические особенности мезозойского магматизма в пределах Эльконского рудного узла**

На протяжении мезозоя в пределах Нимнырского гранулит-ортогнейсового террейна произошло внедрение разнообразных по морфологии и строению мезозойских щелочных магматических тел в девяти последовательных фазах (ороченской, томмотской, верхнеселигдарской, алданской, лебединской, тобукской, нижнекурахской, колтыконской и эльконской). На территории Эльконского рудного узла (ЭРУ) распространены тела всех вышеуказанных фаз внедрения, за исключением самого раннего – ороченского [76ф, 77ф, 93ф] (рис.27).

Абсолютный радиологический возраст руд Эльконских месторождений, по данным разных авторов, варьирует в пределах 180-125 млн. лет, и совпадает с периодом проявления мезозойского щелочного магматизма (поздняя юра – ранний мел) [63, 76ф, 77ф, 93ф].

По результатам сопоставления радиологических датировок возрастов проявления магматизма в период мезозойской тектономагматической активизации (ТМА) и периода формирования метасоматитов в рудных зонах (рис. 29), видно, что практически все выше обозначенные магматические фазы мезозойской активизации продуцировали и влияли на образование гидротермально-

метасоматических золото-урановых руд. Максимальное их формирование сосредоточено в трещиноватых зонах по разломам. В рудных зонах, где наряду с жильными минералами содержатся браннерит и мельниковит (золотосодержащий пирит), имеющие метасоматический генезис, наблюдается крайне сложная минеральная стадийность и зональность (до 11 стадий минералообразования). Что даже больше, чем установлено этапов проявления фаз мезозойского щелочного магматизма, что также указывает на длительный процесс образования жильных метасоматических минералов и связанных с ними руд в пределах разломов Эльконского рудного узла.

Каждый цикл магматической активности оказывал последовательное влияние на комплекс перераспределения химических элементов из вмещающих пород и образование новых минералов в жилах под воздействием щелочных химически активных флюидов и гидротерм. Время образования титаната урана - браннерита по Pb методу определения абсолютного возраста, датировано в промежутке 135-130 млн. лет [53], т.е. одновременно с периодом завершения самой активной тектономагматической активизации мезозойской эры.

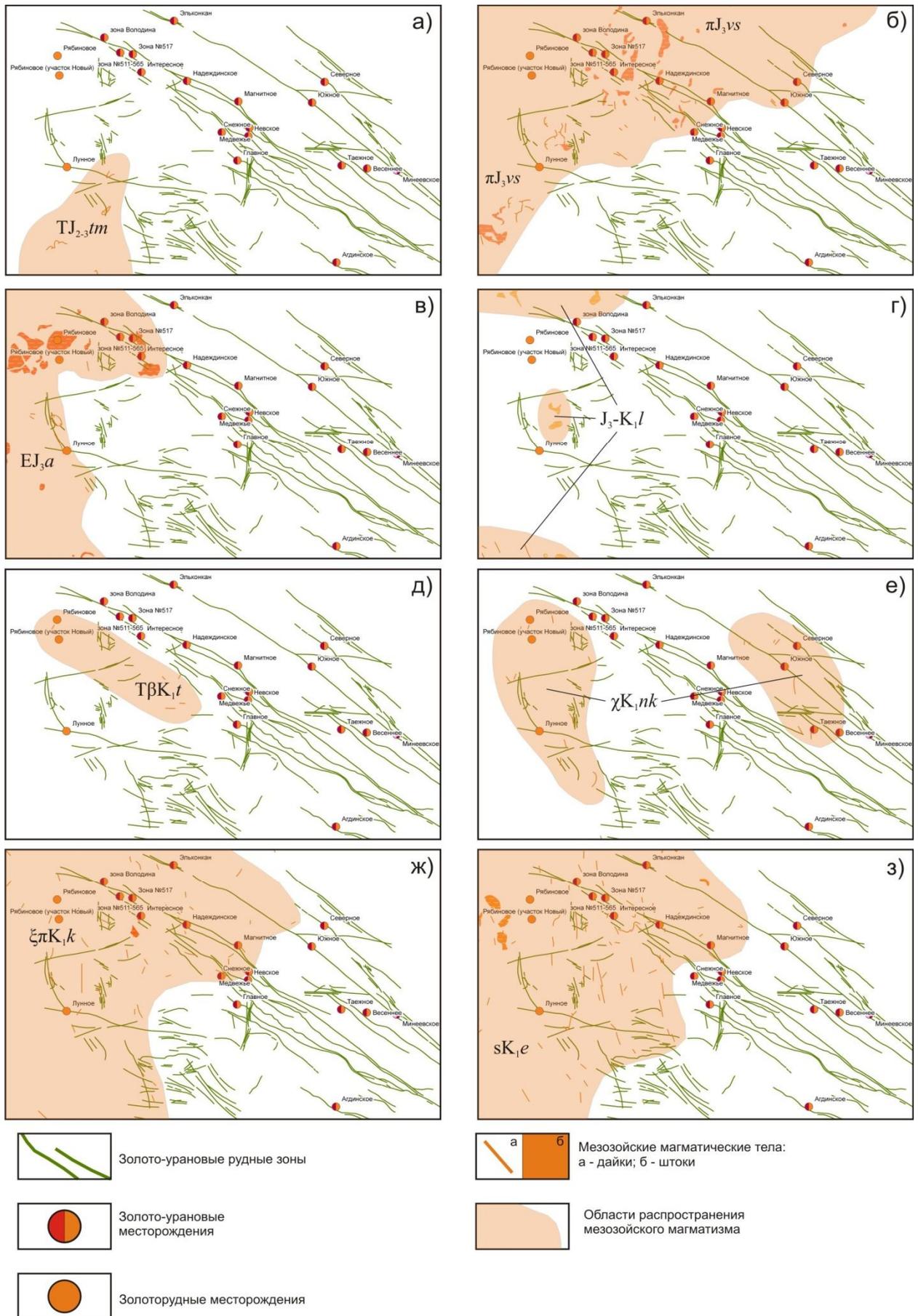


Рис. 27. Закартированные выходы магматических пород мезозойского этапа ТМА в пределах Эльконского рудного узла.

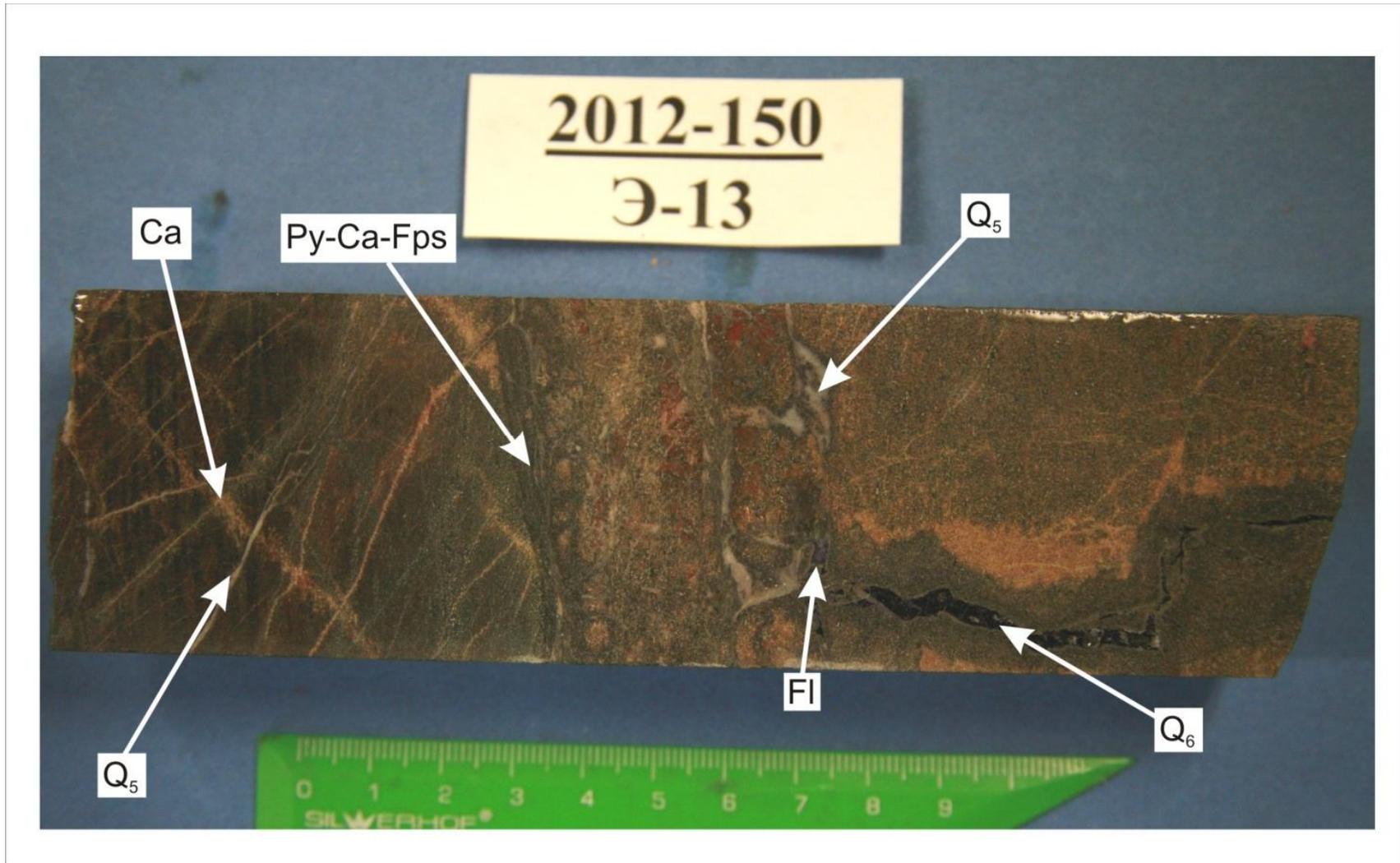


Рис. 28. Минеральные ассоциации в метасоматитах Эльконского рудного узла

Py-Ca-Fps – Пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты (3-я минеральная ассоциация); Ca-карбонатные (доломит, кальцит) прожилки (4-я ассоциация); Q<sub>5</sub>–белый кварц 5-й минеральной ассоциации; Q<sub>6</sub> – черный кварц 6-й ассоциации; Fl–флюорит 10-й минеральной ассоциации.

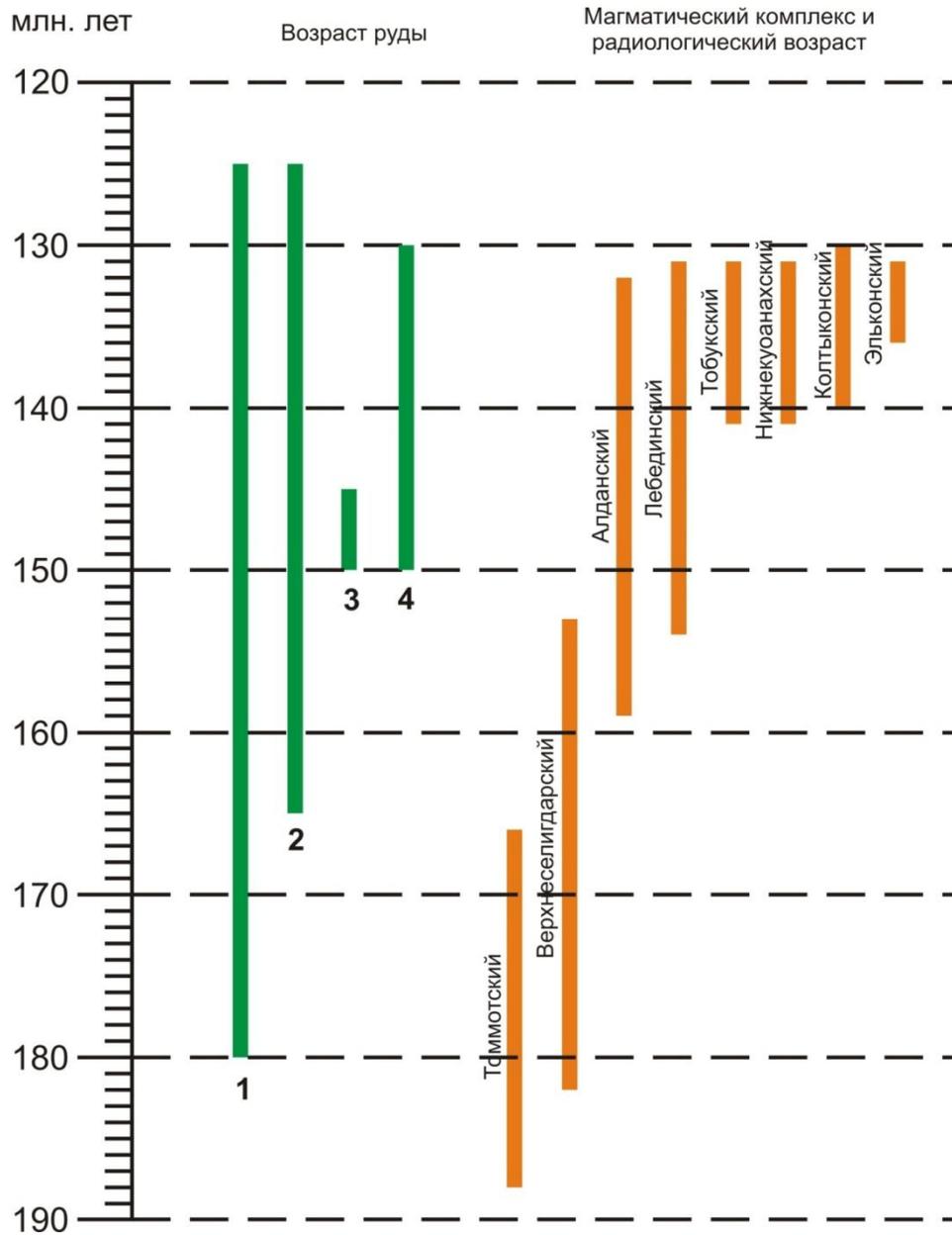


Рис. 29. Сопоставление данных радиологического возраста руд Эльконского рудного узла и мезозойских магматических щелочных комплексов. Цифрами показаны возрасты руды по данным: 1 - Горошко М.В.; 2 – Тугаринов А.И.; 3 - Утробин Д.В. и Воробьев К.А.; 4 – Пилипенко Г.Н.

По результатам исследований отдельных авторов, датировки рудных минералов ограничены в интервале 145-150 млн. лет [68, 93ф]. Автор предполагает, что данное определение возраста установлено, вероятно, в образцах из одной отдельной рудной зоны и не характеризует весь временной интервал формирования метасоматических минералов всего рудного узла. Косвенно о разнообразии воз-

растных этапов формирования рудоносных зон свидетельствуют наблюдения последовательности образования минералов в разных участках даже вдоль одного разлома (зона Южная).

Существующие генетические гипотезы в качестве главного источника рудного вещества в метасоматитах Эльконского рудного узла указывают на мезозойские гидротермы. Однако, в них гидротермы рассматриваются не как на фактор перераспределения химических элементов из вмещающих пород, а как источник постмагматических растворов, несущих из мезозойского магматического очага полезные компоненты (U, Au).

Данные силикатных анализов по образцам из щелочных комплексов Эльконского рудного узла из таблицы 7 нанесены на общую классификационную диаграмму (рис. 30). В них по содержанию  $\text{SiO}_2$  щелочные породы всех проявленных фаз мезозойского магматизма, в основном, относятся к щелочным породам основного-среднего ряда.

На графиках классификационной диаграммы видно, что распределение фигуративных точек первой фазы мезозойского магматизма начиналось с внедрения пород ультраосновного – основного ряда (рис. 30 а). К сожалению, данных по силикатному анализу томмотской фазы недостаточно. Однако, имеющиеся химические анализы по породам этой фазы внедрения на классификационной диаграмме попадают именно в поля базитов. В следующие две фазы происходило внедрение щелочных пород основного – среднего ряда: верхнеселигдарский и алданский магматические комплексы (рис. 30 б, в). Лебединский же комплекс мезозойских магматических тел проявлен в основном породами среднего – кислого составов (рис. 30 з). Следующие четыре фазы магматизма повторяют предыдущие, начиная с тобукского комплекса (рис. 30 д) – породы ультраосновного – основного ряда, далее две фазы: нижнекуранахский и колтыконский магматические комплексы породы основного – среднего ряда. И завершается мезозойский магматизм на территории Эльконского рудного узла внедрением тел эльконского комплекса, которые слагают породы среднего – кислого ряда.

Таблица 7

## Химический состав мезозойских магматических пород [76ф, 77ф, 81ф, 93ф, 94ф, 95ф]

	№№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп	Σ	Ка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Томмотский	5954	45,73	0,83	8,91	6,21	5,27	0,16	10,6	10,9	0,99	5,68	0,79	н.о.	н.о.	3,43	99,5	0,75
	5950	46,37	0,84	9,16	7,51	4,07	0,16	10,1	10,8	0,9	5,88	0,77	-	-	2,93	99,49	0,74
	5/139	44,9	0,86	8,82	5,49	6,31	0,18	8,52	10,12	0,93	7,18	0,88	3,26	0,41	1,32	99,18	0,92
	5/103.2	41,8	0,77	7,3	6,47	4,39	0,17	10,08	11,23	0,85	5,94	0,89	7	0,1	1,72	98,71	0,93
	10000	61,1	0,34	16,58	4,34	1,13	0,12	1,18	2,03	4,35	5,96	0,22	0,22	<0,1	1,98	99,55	0,62
Верхнеселигдарский	140023	62,3	0,35	17,1	2,53	1,1	0,06	1,28	2,32	5,23	5,69	0,22	0,37	<0,1	0,99	99,54	0,64
	14003	63	0,35	16,55	2,82	0,88	0,05	1,38	2,18	5,33	5,42	0,24	0,63	<0,1	0,91	99,74	0,65
	14008	61,6	0,37	16,85	2,48	1,1	0,08	1,48	2,47	5,23	5,58	0,25	0,69	<0,1	0,71	98,89	0,64
	10019/3	62,9	0,47	15,75	3,62	1,13	0,12	0,99	2,32	4,85	6,16	0,32	<0,1	<0,1	0,9	99,53	0,70
	10020/3	63,7	0,45	15,8	3,52	0,99	0,08	1,28	2,03	5,35	5,73	0,33	<0,1	<0,1	1,04	100,3	0,70
	10023	62,6	0,42	15,15	3,53	0,83	0,1	0,99	3,63	4,65	5,15	0,33	1,33	<0,1	1,11	99,82	0,65
	10524	59,7	0,35	14,75	1,88	1,77	0,08	2,81	4,9	4,74	4,82	0,21	2,81	<0,1	1,39	100,21	0,65
	10525	65,5	0,25	16,1	1,31	2,06	0,04	0,98	2,26	4,84	4,57	0,17	0,33	<0,1	0,3	98,71	0,58
	10526	62,3	0,36	15,7	1,79	2,35	0,08	1,47	3,65	4,41	5,04	0,23	1	<0,1	0,37	98,75	0,60
	14228	65,6	0,32	16	2,45	0,99	0,08	1,58	2,61	5,23	2,69	0,22	<0,1	<0,1	0,78	98,55	0,50
	14229	63,6	0,41	16,1	2,77	1,24	0,07	1,78	2,47	5,28	5,48	0,28	0,16	<0,1	0,62	100,26	0,67
	10603/4	58	0,45	15,2	2,08	4,38	0,1	3,02	4,9	4,48	4,98	0,33	0,74	<0,1	0,12	98,78	0,62
	10604	59,2	0,44	15	2,48	3,53	0,1	2,51	4,01	4,9	5,45	0,34	0,68	<0,1	0,16	98,8	0,69
	20136	60,2	0,42	15,15	3,51	1,45	0,09	2,76	3,63	4,73	5,2	0,36	0,53	<0,1	0,75	98,78	0,66
	20137	57,6	0,41	14,3	3,16	1,49	0,1	3,85	5,37	4,27	4,84	0,34	2,65	<0,1	1,07	99,45	0,64
	14406	57,6	0,24	14,6	1,55	1,41	0,05	2,67	6,04	4,43	4,6	0,24	4,61	<0,1	0,65	98,69	0,62
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1075	62,8	0,4	16,25	3,01	0,89	0,11	1,18	2,18	4,19	6,99	0,32	0,11	<0,1	1,01	99,44	0,69	

№№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ППП	Σ	Ka
14389	63,8	0,32	16	1,99	1,81	0,09	1,49	2,78	4,92	4,96	0,25	0,38	<0,1	0,6	99,39	0,62
10447	59,1	0,39	15	3,24	1,87	0,11	2,07	4,71	4,76	4,96	0,36	1,11	<0,1	0,83	98,51	0,65
10447/3	61,8	0,34	16,25	3,12	1,54	0,1	1,29	3,22	5,31	5,54	0,3	0,55	<0,1	0,73	100,09	0,67
10639	61,1	0,42	14,67	1,65	4,14	0,09	2,01	3,12	3,98	6	0,33	0,68	<0,1	0,38	98,57	0,68
10051/4	60,5	0,56	16,05	4,12	1,17	0,12	2,17	2,18	5,06	4,95	0,33	0,57	<0,1	1,91	99,69	0,62
12055	61,2	0,32	15,3	2,19	1,49	0,08	2,57	3,83	3,92	4,44	0,28	1,8	<0,1	1,26	98,68	0,55
12055/1	60,2	0,32	15,5	2,69	1,27	0,08	2,07	4,42	4	5,02	0,28	1,86	<0,1	0,84	98,55	0,58
10509	61,9	0,48	14,25	2,45	2,8	0,06	2,81	3,56	4,21	4,6	0,29	0,86	<0,1	0,72	98,99	0,62
10510	63,1	0,29	14,7	1,21	2,42	0,06	2,45	3,35	4,08	4,33	0,23	2,1	<0,1	0,39	98,71	0,57
20178	61,1	0,46	16,7	2,58	1,8	0,12	0,93	3,37	4,71	4,85	0,2	1,42	<0,1	1,66	99,9	0,57
10073/4	61,1	0,53	15,65	4,93	0,96	0,12	1,68	3,19	4,7	6,37	0,47	<0,1	<0,1	1,56	101,26	0,71
14326	53,9	0,64	14,3	4,21	2,02	0,13	3,75	6,96	3,82	5,58	0,43	2,65	<0,1	1,19	99,58	0,66
14589	56,8	0,58	14,7	2,21	4,94	0,1	2,85	4,3	4,73	5,6	0,4	1,33	<0,1	0,09	98,63	0,70
6124	61,91	0,19	17,46	2,41	1,75	0,09	1,24	2,69	4,94	6,8	0,22	<0,1	0,1	0,86	100,66	0,67
20167	59,2	0,69	15,08	4,78	2,34	0,13	1	4,23	4,48	4,7	0,54	<0,1	<0,1	1,74	98,91	0,61
15255	56,12	0,81	17,51	3,97	7,13	0,12	2,17	6,03	4,2	2,46	0,21	-	-	-	100,73	0,38
41658	56,77	0,63	17,37	4,33	3,91	0,05	2,52	5,7	4,76	2,64	0,46	-	-	0,6	99,74	0,43
41693	57,64	0,16	16,28	2,75	3,77	0,13	1,99	4,97	3,9	4,18	0,4	-	-	3,66	99,83	0,50
15558	62,8	0,36	17,2	1,65	2,61	0,12	0,83	3,34	5,57	2,87	0,16	0,7	0,1	0,72	99,03	0,49
15615	61,8	0,35	17,4	2,09	1,99	0,11	0,91	3,25	5,51	3,11	0,16	1,71	0,1	1,27	99,76	0,50
2330	63,7	0,35	17,05	1,65	1,98	0,1	1,43	2,06	5,5	5,11	0,15	<0,1	<0,1	0,76	99,84	0,62
2335	63,2	0,47	17,15	2,01	2,42	0,09	2	1,92	4,77	3,75	0,2	<0,1	<0,1	1,46	99,44	0,50
2338	61,6	0,56	17,3	2,31	2,71	0,1	2,27	3,98	5,08	3	0,27	<0,1	<0,1	0,78	99,96	0,47
64	56,84	0,8	16,28	2,75	3,78	0,12	2,57	4,35	3,62	5,02	-	-	-	3,97	100,1	0,53
128	60,52	0,48	17,06	3,86	1,39	0,11	1,19	2,88	5,45	4,45	0,25	-	-	0,9	98,54	0,58
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
125/71	60,06	0,5	17,09	3,61	1,93	0,13	1,12	2,44	6	5	0,26	-	-	-	98,14	0,64

	№№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп	Σ	Ka
	139/71	58,4	0,5	16,33	4,62	1,02	0,12	1,33	3,42	5	5	0,25	-	-	1,36	97,35	0,61
	559	58,36	0,6	16,4	3,48	2,19	0,15	1,26	3,25	5	6	0,18	-	-	2,5	99,37	0,67
	505/28	58,1	0,7	16,4	3,75	2,28	0,12	1,67	4,42	4,2	5,22	0,32	-	-	2,37	99,55	0,57
	133/71	54,7	0,59	14,38	4,59	1,91	0,13	1,81	5,61	4	6	0,31	-	-	1,19	95,22	0,70
	565	60,82	0,44	17,02	2,96	1,83	0,15	1,13	3,75	5,43	4,43	0,27	-	-	1,2	99,43	0,58
Алданский	10662	66,5	0,3	15,1	2,06	1,61	0,06	0,7	1,04	5,13	6,73	0,19	0,48	<0,1	0,6	100,5	0,79
	10662/2	60,1	0,69	16,45	3,63	2,49	0,11	1	2,52	4,9	7,28	0,19	0,26	<0,1	0,42	100,04	0,74
	10066	58,5	0,68	15,75	3,62	2,32	0,12	0,9	2,38	5,43	7,32	0,24	1,2	<0,1	0,66	99,12	0,81
	10458/1	56,5	0,38	13,4	2,92	0,95	0,06	2,67	4,42	2,22	10,45	0,11	4,19	<0,1	0,65	98,92	0,95
	10459	61	0,42	14,5	3,29	0,95	0,11	0,89	2,43	2,32	12,26	0,19	0,34	<0,1	0,68	99,38	1,01
	10469	60,4	0,28	11,95	8,01	1,16	0,22	0,64	1,47	3,87	9,92	0,05	0,37	<0,1	0,35	98,69	1,15
	10468	59	0,16	21,3	1,78	0,42	<0,02	<0,5	<0,5	0,46	15	0,02	0,11	<0,1	1,63	99,88	0,73
	10471	58,9	0,33	17,38	3,11	0,42	<0,02	0,54	0,96	1,3	13,52	0,05	1,17	<0,1	1,07	98,75	0,85
	316/41	53,1	0,9	11,7	4,7	4,43	0,17	6,12	6,92	2,28	5,84	0,87	0,64	<0,1	1,06	98,73	0,69
	342/60	49,8	0,7	12,65	5,21	4,58	0,14	5,53	6,48	2,68	7,84	0,85	0,95	<0,1	0,97	98,38	0,83
	316/41	53,1	0,9	11,7	4,7	4,43	0,17	6,12	6,92	2,28	5,84	0,87	0,64	<0,1	1,06	98,73	0,69
	342/60	49,8	0,7	12,65	5,21	4,58	0,14	5,53	6,48	2,68	7,84	0,85	0,95	<0,1	0,97	98,38	0,83
	12355	51,9	0,84	12,3	5,85	4,68	0,17	5,04	7,51	2,46	6,46	0,78	0,58	0,1	0,14	98,81	0,73
	12400	54,4	0,67	16,7	3,72	3,31	0,13	2,52	4,87	3,49	7,18	0,4	0,28	0,1	1,14	98,91	0,64
	126	56,43	0,45	21,56	1,48	1,32	0,1	0,4	1,6	2,66	13,4	-	н.о.	н.о.	0,45	99,85	0,74
	45/90	57,68	0,5	17,63	5,3	2,19	0,08	1,18	0,96	1,21	11,76	0,52	-	-	-	99,01	0,74
	48/90	59,33	0,61	19,45	3,22	0,7	0,18	0,8	1,44	4	8,87	0,17	-	-	-	98,77	0,66
	49/90	49	0,86	11,87	6,08	3,83	0,15	6,64	7,24	2,53	6,98	0,88	-	-	-	96,06	0,80
	58/90	49,79	0,96	9,5	7,57	5,99	0,54	5,98	8,61	1,11	7,49	1,33	-	-	-	98,87	0,91
	162/479	41,9	0,94	4,63	7,88	5,1	0,26	17,38	7,79	1,43	3,64	0,8	4,52	0,61	2,88	99,76	1,10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	12393	56,2	0,18	18,2	6,96	1,07	0,08	0,5	3,4	1,58	12,4	0,04	0,14	0,1	0,82	101,67	0,77

	№№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп	Σ	Ka
	14990	55	0,53	16,4	2,96	3,14	0,18	1,88	3,36	3,38	8,46	0,13	1,66	0,1	1,46	98,64	0,72
	10459	61	0,42	14,5	3,29	0,95	0,11	0,89	2,43	2,32	12,26	0,19	0,34	<0,1	0,68	99,38	1,01
	17218	61,3	0,25	13,1	3,12	1,29	0,22	2,01	3,7	2	11	0,1	0,91	0,1	0,45	99,55	0,99
	1530	54,9	0,88	14,9	4,15	4,7	0,18	2,38	6	4,11	6,98	0,52	-	сл.	н.о.	99,7	0,74
	32/1	52	1,3	14,43	5,2	4,26	0,11	4,61	7,07	3,21	6,45	-	-	-	0,55	99,19	0,67
	21	59,2	1,11	15,73	4,25	1,16	0,08	0,85	0,6	0,16	13,85	-	-	-	1,13	98,12	0,89
	2220	61,1	0,26	17,7	2,2	1,62	0,09	0,92	2,18	4,52	8,22	0,11	0,11	<0,1	0,53	99,56	0,72
	2222	61,9	0,21	18,28	2,75	0,97	0,04	<0,50	<0,50	3,18	10,31	0,03	0,54	<0,10	1,1	99,31	0,74
	2306	59	0,25	17,75	2,62	1,83	0,12	0,61	1,31	5,28	8,41	0,07	0,48	<0,10	1,24	98,97	0,77
	2306a	63,6	0,2	17,8	2,04	1,04	0,02	£0,50	0,72	1,65	11,4	0,01	0,48	0,11	0,48	99,55	0,73
	2307	58,5	0,33	16,9	2,19	1,76	<0,01	1,17	1,45	0,96	11,28	0,03	1,99	0,11	2,59	99,26	0,72
	12355	51,9	0,84	12,3	5,85	4,68	0,17	5,04	7,51	2,46	6,46	0,78	0,58	0,1	0,14	98,81	0,73
	12400	54,4	0,67	16,7	3,72	3,31	0,13	2,52	4,87	3,49	7,18	0,4	0,28	0,1	1,14	98,91	0,64
	16766	53,9	0,78	14,6	4,97	3,7	0,19	3,83	6,35	3,59	6,36	0,52	0,1	0,1	0,78	99,77	0,68
	23924	55,42	0,8	15,44	3,24	2,55	0,15	1,84	3,12	4	8,68	0,2	-	-	3	98,44	0,82
	23743	57,68	0,7	16,21	3,55	2,06	0,12	0,83	3	3,82	9,4	0,13	-	-	1,25	98,75	0,82
Лебединский	10782	64,6	0,35	16,95	2,78	0,94	0,03	<0,5	0,73	5,82	6,61	0,12	<0,1	<0,1	0,78	99,71	0,73
	10649	69,9	0,18	15,8	0,84	1,58	0,02	<0,5	1,04	5,29	4,55	0,04	<0,1	<0,1	0,34	99,58	0,62
	10649/4	66	0,15	15,4	0,92	1,11	0,02	1,31	2,82	4,89	4,2	0,03	2,12	<0,1	1,34	100,31	0,59
	247503	67,6	0,21	15,6	1,16	1,61	0,02	0,5	0,89	5,7	5,74	0,08	0,1	0,1	0,24	99,55	0,73
	16480-я	66,6	0,4	14,5	2,88	1,01	0,06	0,69	0,73	3,35	8,58	0,1	0,36	0,1	0,94	100,3	0,82
	62/32	60	0,36	16,6	2,16	0,94	0,08	1,38	2,34	5,52	5,88	0,1	1,55	1,63	0,71	99,25	0,69
	15600	60,5	0,5	18,8	1,85	1,29	0,1	0,5	3,4	4,03	8,9	0,06	0,1	0,1	0,6	100,73	0,69
	16902	60,9	0,51	16,5	2,7	2,32	0,15	1,34	2,9	5,62	5,73	0,25	0,1	0,1	0,62	99,74	0,69
	156192	65,5	0,35	16,3	1,84	1,58	0,04	0,91	0,5	3,44	7,62	0,11	0,16	0,1	1,24	99,69	0,68
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	24690	65,9	0,21	17,8	1,43	1,08	0,03	0,5	0,6	7,57	5,08	0,04	0,1	0,1	0,42	100,86	0,71

	№№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп	Σ	Ka
	2	66,23	0,25	17,3	2,16	0,72	0,02	0,03	0,55	5,25	5,97	0,08	-	-	0,6	99,16	0,65
	2212	57,4	0,71	17,3	2,74	1,76	0,1	2,24	5,8	2,96	6,16	0,28	0,43	0,57	1,65	100,1	0,53
	2264	54,9	0,81	13,15	4,7	3,77	0,12	4,9	6,96	3,23	6,09	0,73	<0,10	<0,10	0,42	99,78	0,71
<b>Тобукский</b>	10396	54,4	0,88	13,75	6,24	2,29	0,09	4,89	5,3	4,28	4,8	0,82	0,21	<0.1	1,37	99,32	0,66
	10412	51,9	0,86	11,3	5,47	3,49	0,13	7,21	8,69	2,02	5,34	1,03	0,37	<0.1	1,18	98,99	0,65
	10422	50,2	0,96	12,9	5,92	2,57	0,12	3,75	7,66	2,94	4,96	0,76	3,71	<0.1	2,15	98,6	0,61
	10623	53,2	0,86	13,8	3,53	6,36	0,17	3,72	5,05	3,78	5,8	0,66	1,65	<0.1	0,15	98,73	0,69
	20137	57,6	0,41	14,3	3,16	1,49	0,1	3,85	5,37	4,27	4,84	0,34	2,65	<0.1	1,07	99,45	0,64
	79-296	50,5	0,77	12	4,75	4,09	0,12	4,92	5,5	3,7	8,9	1,3	0,66	0,73	1,74	99,68	1,05
	79-299	49-40	0,84	11,65	5,4	4,09	0,13	5,61	5,8	3,74	8,64	0,97	0,83	0,32	2,33	50,35	1,06
	62/5,0-8,7	39,08	0,74	6,5	7,94	1,37	0,14	16,86	5,69	0,88	0,22	3,71	0,28	0,26	-	83,67	0,17
	13/39-42,5	43,15	0,81	6	2,87	4,02	0,08	18,55	6,5	2	0,36	0,23	5,95	-	4,78	95,3	0,39
	87/40	46,88	0,44	8,38	4,33	4,56	0,14	12,9	9,22	5,44	1,08	1,1	2,42			96,89	0,78
	97/172	47,89	0,48	9,17	4,88	4,35	0,15	12,73	9,63	4,01	1,11	0,96	0,24			95,6	0,56
	198/	43,19	0,59	8,2	7,8		0,07	10,75	11,55	0,58	5,63	0,77			10,36	99,49	0,76
	263/75-76	45,5	0,56	6,87	10,16		0,14	17,94	7,48	0,58	3,29	0,64			6,34	99,5	0,56
	1-106	43,9	0,61	8,63	6,49	2,3	0,12	7,81	10,92	1,3	5,52	0,82		0,1	10,4	98,92	0,79
	IV-155	43,16	0,66	8,51	4,42	4,2	0,12	8,31	9,66	0,86	6,04	0,82		0,15	12,49	99,4	0,81
		46,07	0,55	9,25	7,56		0,11	12,22	6,29	1,56	4,3	0,46			10,64	99,01	0,63
	103-10	47,2	0,44	9,4	3,55	2,48	0,08	5,31	9,52	0,45	6,47	0,48		0,37	14,37	100,12	0,74
7 (т.12)	47,76	0,71	9,18	4,7	5,26	0,14	13,68	7,61	1,48	5,72	0,73	0,22	-	-	97,19	0,78	
15649	48,5	0,84	9,7	3,92	6,37	0,17	11,3	9,87	1,88	4,53	0,53	0,11	0,1	0,99	98,81	0,66	
3	51,25	1	13,38	5,78	3,66	0,15	3,16	6,35	2,11	6,1	0,62	3,74	-	-	97,3	0,61	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
26115	48,68	1,02	12,56	7,12	1,21	0,1	4,8	6,82	2	6	1,14	3,04	0,14	2,77	97,26	0,64	

	№№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп	Σ	Ka
	621	49,82	0,75	12,47	4,84	5,1	0,19	5,68	8,43	2,78	5,43	0,65	-	-	2,93	99,07	0,66
Нижнекуранхский	29830	52,68	0,81	13,96	4	3,23	0,15	3,95	6,76	4	6,26	0,4		0,71	2,41	98,61	0,73
	158-71	54,18	0,7	14,4	6,4	3,29	0,09	2,42	3,84	3,8	7,4	0,47	1,69	0,28	0,47	99,15	0,78
	201511	56,8	0,82	14,38	4,9	3,04	0,14	3,58	4,98	4,26	4,44	0,65	0,11	<0,1	1,53	99,63	0,61
	25934	59,92	0,53	17,38	4,61	0,16	0,19	0,06	0,48	0,55	14	0,12	0,15	0,13	0,61	98,76	0,84
	3189	60,43	0,74	18,03	1,62	6,07	0,1	0,07	0,15	1,71	10,25	0,25		0,1	0,32	99,74	0,66
	6200	61,48	0,66	17,67	1,72	5,82	0,08	0,13	0,14	1,06	11,89	0,18		0,1	0,2	101,03	0,73
	13634/1	60,3	0,73	16,9	5,1	1,25	0,14	0,1	0,2	0,54	13,62	0,18		0,1	1,2	100,26	0,84
	13638	61	0,7	17,9	0,65	4,78	0,03	0,15	0,25	0,29	13,8	0,25		0,1	1,15	100,95	0,79
	1040	60,69	0,76	17,52	2,54	3,73	0,03	0,06	0,14	1,04	11,22	0,25		0,1	0,6	98,58	0,70
	120591	51,1	0,77	16,4	3,55	3,57	0,09	2,67	5,26	3,89	6,5	0,64	3,33	0,1	1,11	98,88	0,63
	12337-я	52,9	0,69	15	3,99	3,05	0,15	2,47	4,97	1,99	9,2	0,42	1,23	0,1	2,55	98,61	0,75
	621	49,82	0,75	12,47	4,84	5,1	0,19	5,68	8,43	2,78	5,34	0,65	-	-	2,93	98,98	0,65
	64/71	50,66	0,71	13,39	4,84	3,26	0,15	5,99	6,37	2,55	5,1	0,47	-	-	2,08	95,57	0,57
	152/57	47,7	0,92	11,11	6,69	3,29	0,16	4,72	5,84	1,24	8,26	0,83	6,96	0,41	0,8	98,52	0,86
	93/2	62,9	0,17	18,2	1,75	0,63	0,09	<0,5	0,58	1,31	14,3	0,02	<0,1	-	0,8	100,75	0,86
	15584	58,9	0,42	18,8	3,24	0,85	0,05	0,5	0,5	0,64	15,1	0,08	0,1	0,1	1,32	100,5	0,84
	612/139	54,29	0,54	14,83	3,19	4,81	0,12	3,12	4,98	2,69	8,23	0,3	-	-	3,28	100,38	0,74
	29830	52,68	0,81	13,96	4	3,23	0,15	3,95	6,76	4	6,26	0,6	-	0,71	2,41	98,81	0,73
	6037-1	58,3	1,01	16	8,52	0,75	0,7	0,5	0,7	0,21	12,25	0,63	-	0,1	0,98	100,65	0,78
	6200	61,48	0,66	17,67	1,72	5,82	0,08	0,13	0,14	1,06	11,89	0,18	-	0,1	0,2	101,13	0,73
	13281	61,23	0,45	17,29	2,68	1,48	0,11	1,15	2,97	1,39	10,3	0,18	-	0,1	0,35	99,68	0,68
	6124	61,91	0,19	17,46	2,41	1,75	0,09	1,24	2,69	4,94	6,8	0,22		0,1	0,86	100,66	0,67
	174/71	54,02	0,8	13,73	4,67	3,41	0,13	3,52	4,72	2,6	6	0,49	-	-	2,17	96,26	0,63
	25934	47,6	0,78	10,47	4,86	4,25	0,16	7,71	8,74	2,07	5,43	0,4	-	-	1,73	94,2	0,72
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	152/71	54,18	0,7	14,7	6,4	3,29	0,09	2,42	3,84	3,8	7,4	0,47	-	-	0,47	97,76	0,76

	№№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп	Σ	Ka
	14261	59,7	0,51	16,75	3,75	0,81	0,11	1,68	2,61	3,87	5,03	0,24	1,59	<0,1	2,71	99,36	0,53
<b>Колтыконский</b>	10398/5	58,3	0,52	14,65	3,75	1,89	0,12	2,96	4,27	3,7	5,45	0,45	1,06	<0,1	1,5	98,62	0,62
	10433/1	59,4	0,3	15,81	2,46	1,29	0,1	0,7	5,27	3,49	5,92	0,27	3,45	<0,1	1,59	100,05	0,60
	10441	57,8	0,42	13,25	2,98	2,16	0,09	3,65	5,45	3,84	5,38	0,44	2,6	<0,1	0,72	98,78	0,70
	140303	57,2	0,72	14,75	4,82	3,04	0,15	3,58	3,95	3,78	4,54	0,73	<0,1	<0,1	1,98	99,24	0,56
	10070/3	62	0,52	15,7	6,6	0,25	0,19	0,8	0,87	2,42	9,1	0,31	<0,1	<0,1	1,92	100,68	0,73
	10401/5	54,6	0,89	14,1	5,83	1,97	0,15	2,47	5,01	3,44	6,26	0,71	1,86	<0,1	1,42	98,71	0,69
	10429/1	50,9	0,81	13,05	6,16	0,49	0,11	2,79	6,44	1,1	8,41	0,65	6,57	<0,1	1,77	99,25	0,73
	10008	64,6	0,34	16,42	2,82	0,25	0,11	<0,5	<0,5	1,14	13,5	0,18	<0,1	<0,1	1,14	100,5	0,89
	10415	60,3	0,48	16,58	5,38	0,25	0,15	<0,5	1,77	0,93	10,1	0,36	0,74	<0,1	1,82	98,86	0,67
	20171	66,3	0,3	15,75	3,52	0,28	0,1	<0,5	<0,5	1,63	11,54	0,24	0,1	<0,1	0,86	100,62	0,84
	203046	57	0,66	15,4	5,73	0,25	0,1	<0,5	4,39	1,97	10,73	0,19	2,79	<0,1	2,13	101,34	0,82
	20328-3	57	0,6	16,6	3,34	2,53	0,08	2,42	4,14	5,81	4,85	0,35	1,84	0,17	0,78	100,51	0,64
	24970	57,8	0,26	14,8	0,96	1,21	0,02	2,11	5,03	4,95	4,62	0,06	6,16	0,1	0,66	98,74	0,65
	15231	60,8	0,45	18,2	1,62	2,59	0,14	0,6	2,81	6,36	3,04	0,13	1,54	0,24	1,4	99,92	0,52
	98	60,79	0,71	16,75	3,05	2,04	0,13	3,93	1,21	5,09	5,18	-	-	-	1,35	100,23	0,61
	15434	63,2	0,42	17,5	2,17	1,47	0,12	0,7	1,77	6,5	4,7	0,1	0,1	0,1	0,8	99,65	0,64
	152771	58,7	0,59	17,3	3,39	2,83	0,13	1,01	2,81	4,89	5,9	0,27	0,55	0,14	0,77	99,28	0,62
	14939	62,6	0,2	17,6	1,74	0,52	0,11	0,5	1,75	5,4	5,8	0,04	1,23	0,1	1,51	99,1	0,64
	2110/1	70	0,16	13,94	1,67	2,95	0,05	0,13	0,07	6,32	5,04	0,01	-	-	-	100,34	0,81
	5723	67,76	0,14	15,7	1,85	0,59	0,47	0,28	0,45	5,74	5,94	-	0,2	-	0,34	99,46	0,74
<b>Эльконский</b>	5508	66,3	0,14	17,7	2,63	0,29	0,03	0,06	0,25	5,54	6,13	0,26	0,2	-	0,82	100,35	0,66
	10647	61	0,53	15,85	4,24	1,4	0,07	0,9	0,74	4,46	9,7	0,23	0,15	<0,1	0,79	100,06	0,89
	146221	66,8	0,32	14,95	1,94	1,4	0,07	0,8	1,34	5,12	6,7	0,22	0,26	<0,1	0,64	100,56	0,79
	10795/3	60,2	0,14	18,45	2,23	0,78	0,02	0,64	1,4	4	10,29	0,03	1,38	<0,1	1,2	100,76	0,77
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	147871	61,2	0,18	18,35	1,98	0,56	0,02	0,5	0,67	0,88	15,46	0,03	0,28	<0,1	1,22	101,33	0,89

№№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп	Σ	Ka
14801	62,8	0,28	16,85	2,42	1,06	0,06	<0.5	0,67	0,91	15,1	0,11	0,28	<0.1	0,58	101,12	0,95
83	71,72	0,41	11,96	3,04	0,62	0,11	0,15	0,77	2,06	8,47	-	-	-	-	99,31	0,88
2110/1	70	0,16	13,94	1,67	2,95	0,05	0,13	0,07	6,32	5,04	0,01	-	-	-	100,34	0,81
5508	66,03	0,14	17,7	2,63	0,29	0,03	0,06	0,25	5,54	6,13	0,26	0,2	-	0,82	100,08	0,66
172	56,25	0,78	16,78	5,15	0,99	0,15	1,47	2,01	4,99	9,84	0,18	-	0,35	0,63	99,22	0,88
123281	56,3	0,64	16,7	4,3	2,05	0,14	1,29	2,34	5,08	9,8	0,21	0,16	0,1	0,44	99,45	0,89
143	53,58	0,47	21,64	3,02	0,76	0,18	0,68	1,24	7,33	9,37	-	-	-	1,27	99,54	0,77
168	63,86	0,49	16,91	3,09	0,57	0,07	0,78	0,91	6,37	5,77	0,09	-	0,19	0,28	99,19	0,72
167311	59,9	0,46	17,6	3,45	1,43	0,11	0,81	1,48	5,07	8,44	0,11	0,22	0,1	0,84	99,92	0,77
2118	63,5	1,07	18,38	1,79	1,81	<0,01	1,51	0,75	4,31	5,32	0,34	-	-	1,27	100,05	0,52
32	63,4	0,2	18,18	2,92	0,28	0,08	н.о.	0,4	7,52	6	0,02	-	-	0,73	99,73	0,74
6032	62,1	0,23	19	1,82	1,61	0,09	0,3	1,21	7,33	4,93	0,02	*	0,11	1,06	99,81	0,65
6033-4	63,5	0,15	18	2,08	0,47	0,05	0,4	0,3	4,22	9,1	0,02	-	0,21	1,07	99,57	0,74
18	73,84	0,16	12	1,77	0,33	0,02	0,1	0,46	4	7	0,02	-	-	0,26	99,96	0,92
25	73,7	0,17	12,79	1,8	0,27	0,02	0,1	н.о.	4	7,46	0,02	-	-	0,31	100,64	0,90

Ka – коэффициент агпаитости

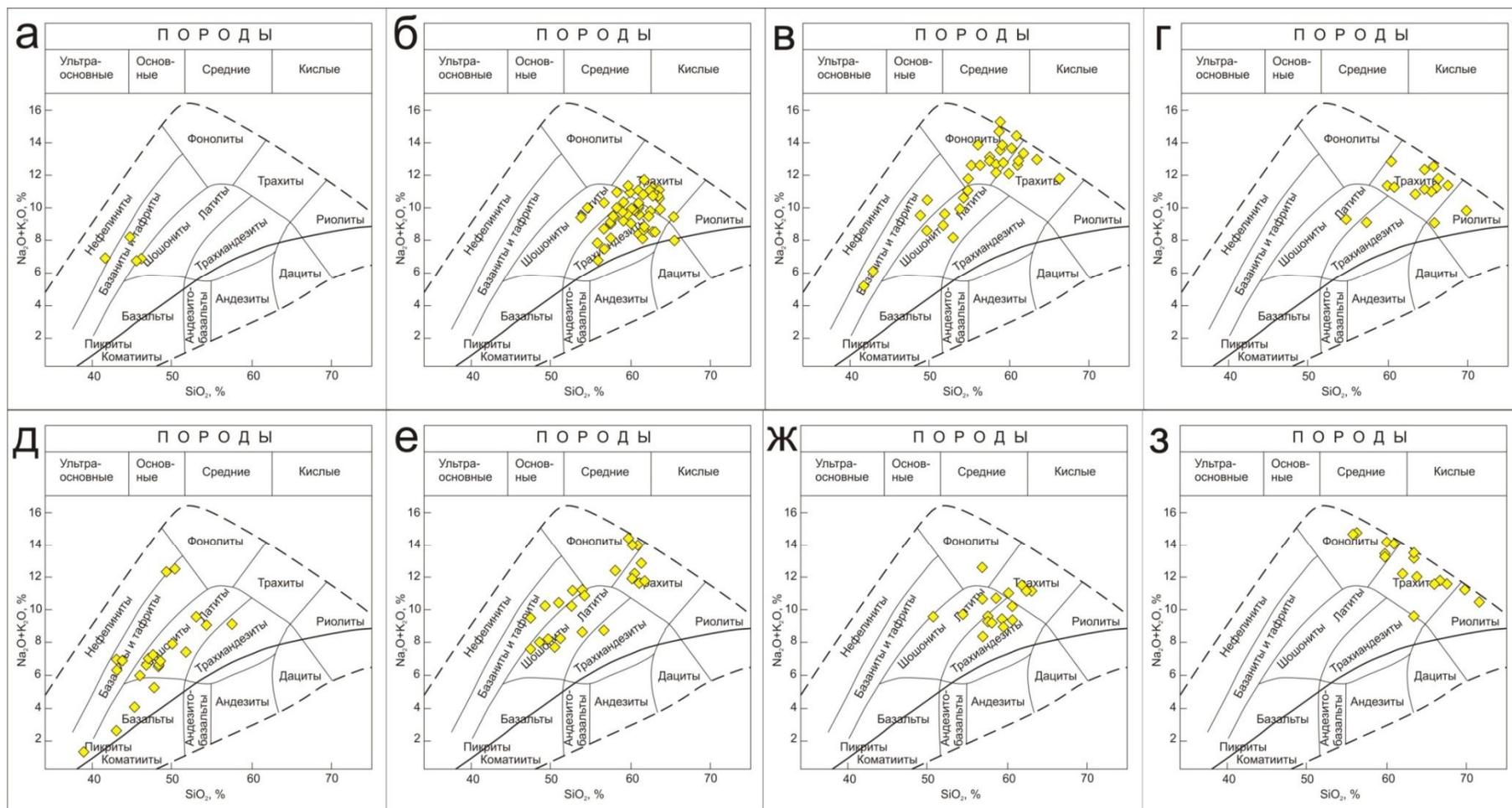


Рис. 30. Положение точек составов щелочных комплексов ЭРУ на классификационной диаграмме  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ .

Буквами указаны комплексы: а – томмотский; б – верхнеселигдарский; в – алданский; г – лебединский; д – тобукский; е – нижнекура-нахский; ж – колтыконский; з – эльконский.

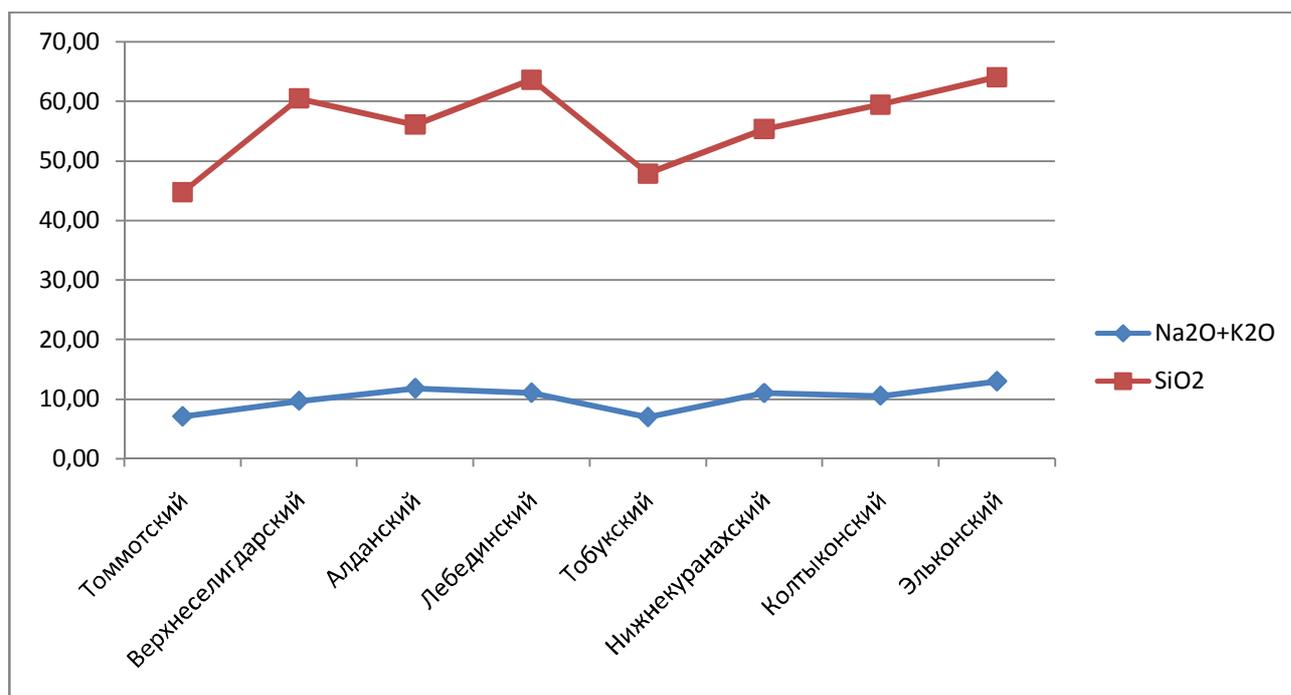


Рис. 31. Диаграмма средних содержаний суммы щелочей и SiO<sub>2</sub> в разные фазы внедрения мезозойского магматизма

Интересен график распределения фигуративных точек лебединского и эльконского комплексов (рис. 30 г, з). На графике отчетливо виден тренд зависимости щелочности пород от содержания в них SiO<sub>2</sub>, т.е. с падением щелочности возрастает кислотность.

Таким образом, в истории формирования массивов и пластовых тел мезозойского щелочного магматизма в пределах Эльконского рудного узла выделяются два этапа, которые начинались с внедрения пород ультраосновного – основного составов, а завершались внедрением пород кислого ряда.

Уровень щелочности и классификация пород по содержанию SiO<sub>2</sub> показаны на рис. 31, где на графиках видна их эволюция распределения во времени.

Для щелочных пород основного ряда содержание  $U$  наиболее отчетливо связано с коэффициентом агпаитости:

$$Ka = \frac{Na_2O + K_2O}{Al_2O_3};$$

Миаскитовые породы с  $Ka \ll 1$  отличаются меньшей радиоактивностью, чем агпаитовые с  $Ka \gg 1$  [69]. Рассчитанные по указанной формуле средние коэффициенты агпаитости для фаз мезозойского этапа показаны в таблице 8.

Средние коэффициенты агпаитости для фаз мезозойского тектономагматического этапа

Комплекс	$K_{a\text{ ср}}$	$K_{a\text{ min}}$	$K_{a\text{ max}}$
Томмотский	0,83	0,74	0,93
Верхнеселигдарский	0,61	0,38	0,71
Алданский	0,80	0,64	1,15
Лебединский	0,68	0,53	0,82
Тобукский	0,68	0,17	1,06
Нижнекуранахский	0,72	0,57	0,86
Колтыконский	0,67	0,52	0,89
Эльконский	0,79	0,52	0,95

По представленным в таблице значениям мы видим, что в среднем все породы выделенных комплексов относятся к миаскитовым, лишь в двух фазах внедрения присутствуют максимальные показатели, которые ненамного превышают значения 1.

Ранее, исследованиями предшественников, были установлены следующие содержания U и Au в мезозойских магматических щелочных породах [48, 75ф]:

Верхнеселигдарский U  $1,26-2,24 \cdot 10^{-4}\%$ , Au  $5 \cdot 10^{-7}\%$

Алданский U  $15,8 \cdot 10^{-7}\%$ , Au  $8,9 \cdot 10^{-7}\%$

Лебединский Au до  $1,36 \cdot 10^{-3}\%$

Колтыконский U до  $5 \cdot 10^{-4}\%$ , Au до  $4 \cdot 10^{-7}\%$

К сожалению, отсутствуют данные по содержанию рудных элементов во всех магматических породах выделенных комплексов. Однако, даже по представленным выше данным видно, что источником рудных элементов щелочные магматические породы мезозойского этапа быть не могли, так как содержат слишком низкие их концентрации в породах.

## 2.4. Геохимические условия формирования рудоносных зон

По данным изотопного состава свинца из галенита кварц-карбонатно-баритовых прожилков ЭРУ выявлено, что свинец по всем изотопным отношениям отвечает докембрийскому, а не мезозойскому [25] (рис.32), как того можно было ожидать, учитывая временное соотношение возрастов золото-урановых руд и мезозойского этапа тектономагматической активизации.

На основе анализа нескольких сотен рудных свинцов основных месторождений мира Браун убедительно показал, что соотношения  $Pb^{206}/Pb^{207}$ ,  $Pb^{208}/Pb^{206}$  и  $Pb^{208}/Pb^{206+207}$  для докембрийских месторождений составляют соответственно  $1,00 \pm 0,10$ ;  $2,30 \pm 0,15$  и  $1,17 \pm 0,05$ , а для постдокембрийских  $1,18 \pm 0,06$ ;  $2,10 \pm 0,07$  и  $1,13 \pm 0,02$  [70]. Для рассмотренных галенитов эти соотношения составляют 1,09; 2,21 и 1,15, т.е. характеризуют докембрийский свинец (табл. 9).

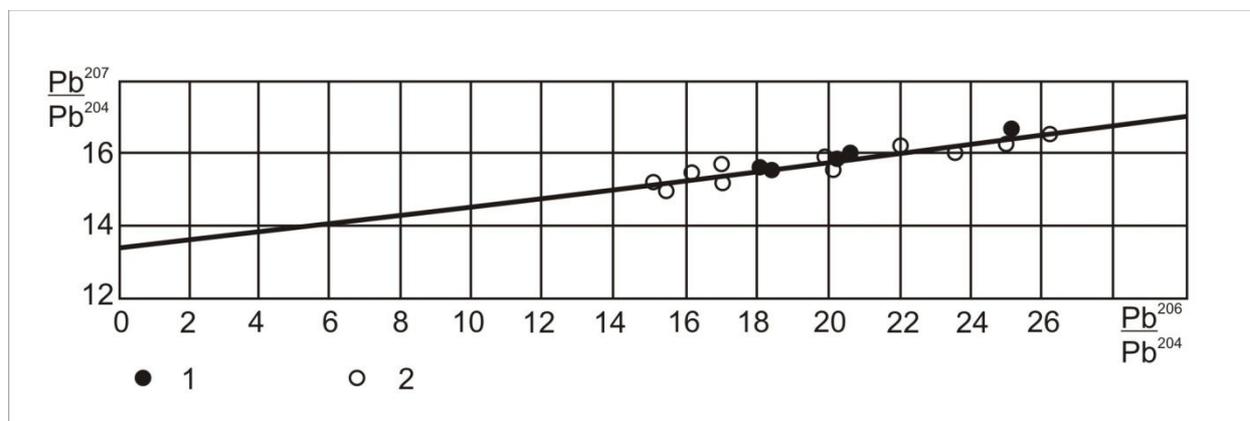


Рис. 32. Изотопный состав свинца и возраст докембрийских формаций. : 1 – свинец галенита из рудных зон; 2 – свинец микроклинов докембрийских формаций [25]

Для сравнения изотопного состава свинца галенитов рудопроявления Эльконского рудного узла и свинца вмещающих пород был изучен изотопный состав свинца 12 микроклинов из гранитов и гнейсов (рис.32).

## Изотопные соотношения свинца [25]

№ пробы	Изотопные соотношения свинца		
	$Pb^{206}/Pb^{207}$	$Pb^{208}/Pb^{206}$	$Pb^{208}/Pb^{206+207}$
27	1,09	2,21	1,16
28	1,09	2,21	1,15
29	1,11	2,18	1,15
30	1,09	2,22	1,16
31	1,09	2,20	1,14
32	1,09	2,21	1,15
СРЕДНЕЕ	1,09	2,21	1,15

Из графика на рис. 32 видно, что изотопный состав свинца галенитов, сопутствующих урановой минерализации, аналогичен свинцу вмещающих пород. Это дает основание полагать, что он был мобилизован рудоносными растворами при прохождении через метаморфические толщи пород фундамента.

Расчеты, приведенные в работе Тугаринова [25], указывают на то, что свинец поступал из вмещающих пород докембрийских формаций. Так, на расстоянии уже впервые сотни метров от тектонических зон, во вмещающих докембрийских породах происходит существенная перегруппировка минерализованного вещества под влиянием просачивающихся гидротермальных растворов в мезозойское время. В результате часть радиогенного свинца акцессорных радиоактивных минералов тех же пород частично мигрирует за пределы этих минералов, накапливаясь в рудных зонах. Косвенным подтверждением этого эффекта является также постоянно обнаруживаемый дефицит радиогенного свинца в акцессорных минералах интрузий, устанавливаемый при измерении абсолютного возраста по цирконам.

Помимо этого, автор работы произвел статистическую обработку аналитических данных по данным опробования вмещающих пород. В результате чего были составлены графики корреляционных связей, и частоты встречаемости химических элементов по участкам восточной части Эльконского рудного узла (рис.33).

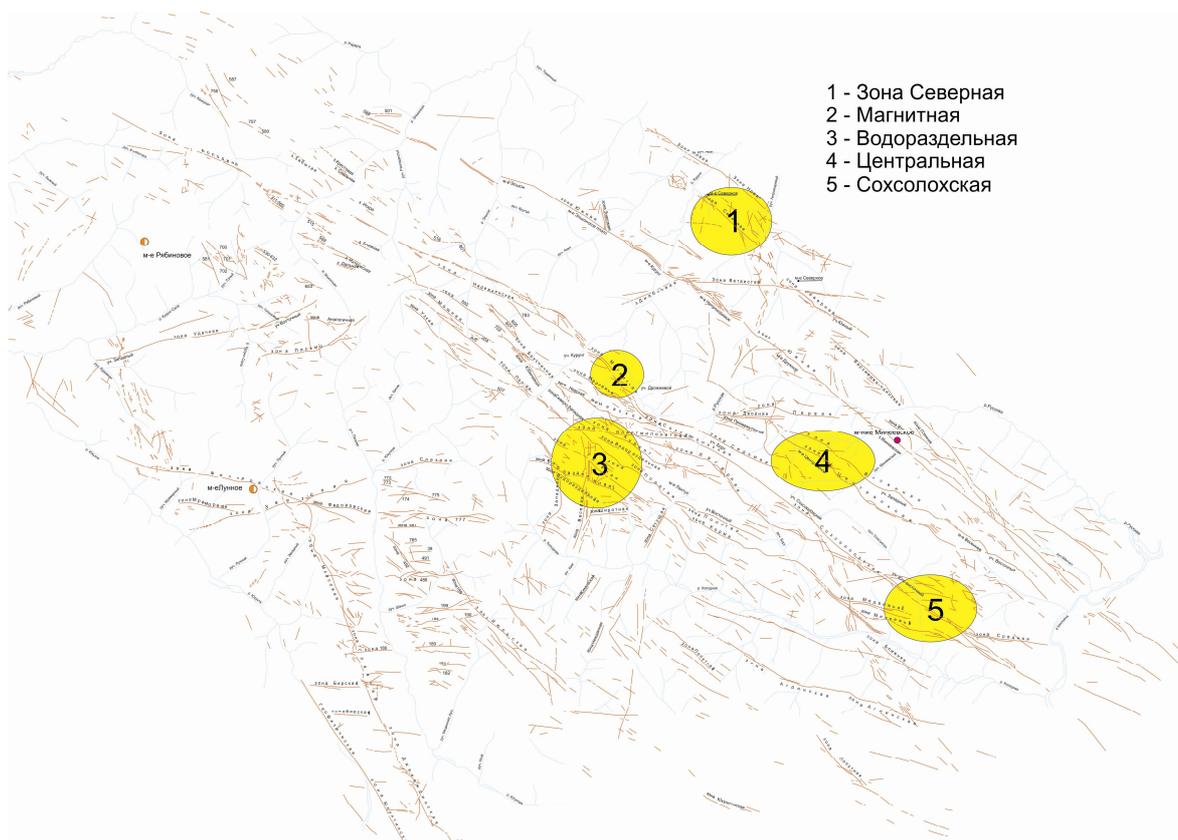


Рис. 33. Участки опробования вмещающих пород

В результате выявлена следующая закономерность, что в пределах всех пяти участков наблюдается устойчивая группа  $Ag-(Au)-V-As-Tl+W$  (рис 34). А также, в четырех из них (кроме Магнитного) химическая пара  $U-Th$  (к.к. = 1).

Еще один интересный факт в том, что радиоактивные элементы ( $U$ ,  $Th$ ) и благородные металлы ( $Au$ ,  $Ag$ ) не имеют хорошей корреляционной связи. Лишь в пределах участков Сохолоох коэффициент корреляции этих двух групп равняется 0,5, а также на зонах Северная и Водораздельная = 0,4.

**Участок Северный** расположен в верховьях руч. Непроходимый, вдоль северо-восточного фланга Эльконского рудного узла. Через этот участок прослежена одноименная минерализованная зона, трещины в которой ориентированы с падением на ЮЗ под углом 40-60 градусов, общая их протяженность до 10 км.

По результатам обработки 497 проб выявляются следующие ассоциации химических элементов:  $U-Th$  (к.к.=0,9),  $Ag-Tl-V-As-(Au)+W$  и  $Ni-Co$ . Здесь наблюдаются самые высокие концентрации  $Au$  (до 9 гр/т) и  $U$  (до  $20 \cdot 10^{-2}$ ).

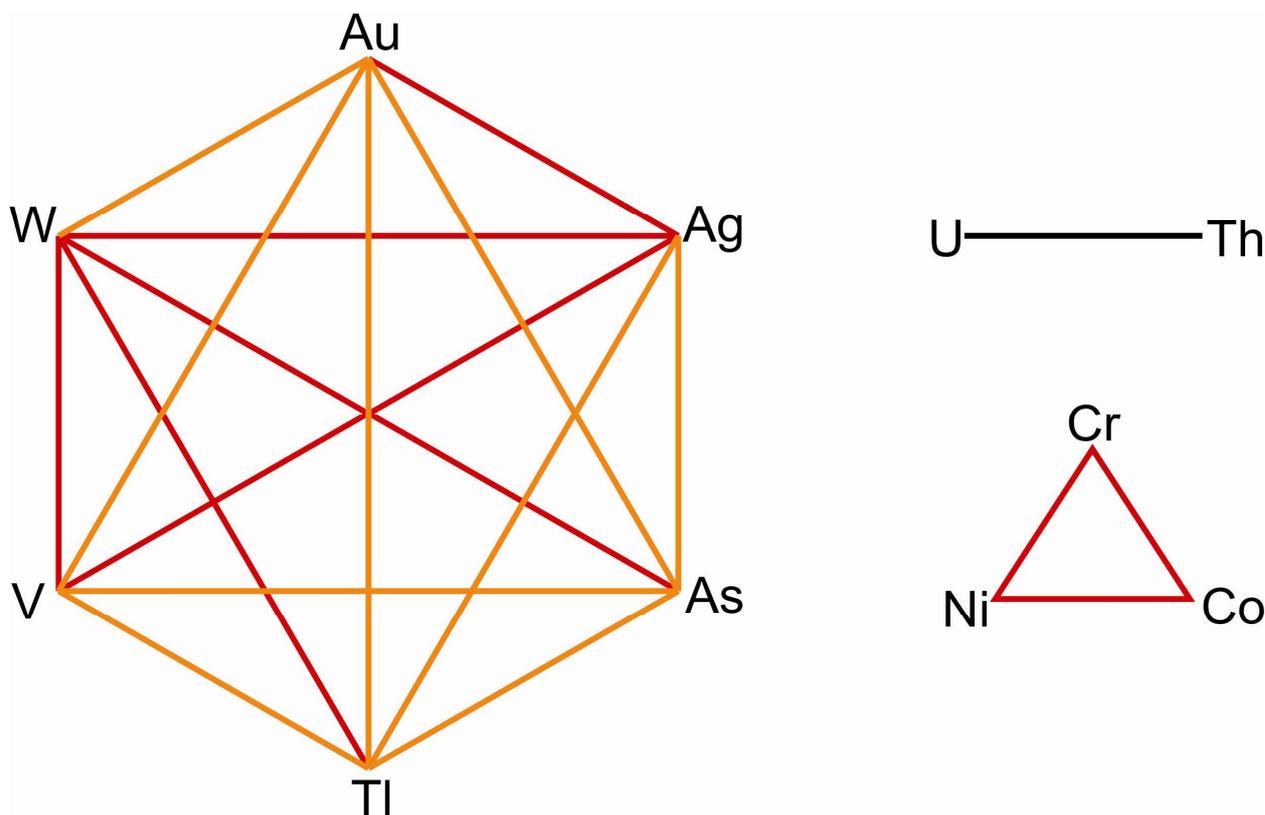


Рис. 34. Пример корреляционной диаграммы.

**Участок Магнитный** расположен вдоль левого борта ручья Дрожжевого, где собственно рудная зона является северной оконечностью крупного Сохсолохского разлома. Зона Магнитная представлена серией компактных, крутопадающих на ЮЗ жильных (пластовых и линзовидных) тел, залегающих преимущественно среди биотит-амфиболовых гранитов, гранито-гнейсов, реже амфиболовых гнейсов.

Здесь, по результатам спектрального анализа, наблюдается та же ассоциация Au-Ag-Tl-As-V+Li, но данная группа элементов отходит на второй план после трех химических ассоциаций: Sb-Cu, Be-Zr-Ti и Zn-Co-Ni. В отличие от всех остальных исследованных участков, в пределах зоны Магнитной отсутствует пара U-Th. По результатам спектрального анализа в пробах эти два элемента отсутствуют. Особенностью характеристики этой зоны является пониженная интенсивность гамма-излучения (до 76 мкр/час) [2].

Содержание золота в метасоматитах на участке Магнитный в среднем составляет 0,07 гр/т.

**Водораздельная группа зон** находится на водоразделе рек Курунг и Холодная, южнее участка Магнитный. Характеризуемые рудные зоны располагаются непосредственно в метасоматически измененных бластомилонитах и представлены компактными телами.

По результатам статистической обработки в пределах описанной группы зон наблюдаются три ассоциации химических элементов: U-Th (1.0), Au-Ag-V-As-Tl-Sb+W и Cr-Ni-(Co). Среднее содержание Au = 0,2 гр/т, U =  $0,22 * 10^{-2}$

**Зона Центральная** расположена в верховьях руч. Минеевский. По данным статистической обработки здесь выделены четыре ассоциации химических элементов: U-Th, Ni-Cr и Zn-Co. В отличие от всех остальных исследованных участков в ассоциации Ag-(Au)-V-As-Tl+W в пределах зоны Центральной золото «выпадает» тем самым образуя As-Tl-V-Sb-Ag химическую группу. Хотя среднее содержание Au по участку составляет 0,36 гр/т, что является практически наиболее высоким показателем концентрации из пяти исследованных территорий наравне с зоной Северной.

**Участок Сохолоох** является самой восточной зоной из исследованных и в геологическом отношении является юго-восточным окончанием зоны Сохолоохской, расположенной на левобережье низовьев р. Холодная. В пределах данного участка выделяются собственно типичные ассоциации химических элементов: U-Th (к.к.=1), Au-Ag-V-As-Tl+W и Ni-Co-Cr. Участок Сохолоох от всех вышеописанных зон отличается присутствием группы Ni-Co-Cr. *Последнее по видимому связано с распространением в пределах Сохолоохской зоны гематитовых брекчий.*

По данным Я.Д. Готмана, основными сопутствующими элементами U в рудах Эльконских месторождений являются W, Tl и As. Геохимические исследования автора показали, что во вмещающих породах уран-ториевая пара и группа элементов Au-Ag-V-As-Tl+W не имеют ранговых коэффициентов корреляции между собой.

Таким образом, охарактеризованное распределение химических элементов во вмещающих породах и рудах Эльконского горста, а именно изотопные составы свинца, позволили сделать заключение о том, что в формировании гидротермаль-

но-метасоматических руд большое значение имели минеральный состав существовавших вмещающих пород. Флюидные и гидротермальные процессы продуцировали щелочные мезозойские массивы и тела, при этом газы и гидротермы взаимодействовали с породами всех вмещающих магматических и метаморфических комплексов. Как показали результаты геохимической корреляции рудных элементов, источником рудного вещества в гидротермально-метасоматических зонах служат не сами мезозойские щелочные интрузии, а вмещающие их толщи архей-раннепротерозойского кристаллического фундамента.

**Второе защищаемое положение.**

*Комплексы первичных докембрийских магматических пород (медведевский и каменковский), слагающие Эльконский рудный узел, содержат повышенные кларки концентраций радиоактивных элементов, титана, железа и золота. Перераспределению и концентрации, указанных компонентов в рудоносные гидротермально-метасоматические зоны, способствовали флюиды и гидротермы щелочного магматизма в мезозойские фазы активизации.*

## **ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ ПОИСКОВЫХ КРИТЕРИЕВ ЗОЛОТО-УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО ТИПА**

### **3.1. Анализ специализированных тематических (геофизических, геохимических, геодинамических и геологических) карт**

Для прогнозирования и обнаружения новых площадей золото-урановых месторождений Эльконского типа необходимо предварительно определить комплекс поисковых критериев, включающих набор сведений о геолого-структурной позиции, генезисе и истории геологического развития подобных рудоносных объектов.

Преимущество анализа геологического строения изученной площади, заключается в послойном накоплении, хранении и отображении геологической информации для фактографического и справочно-аналитического обслуживания и главное, ее целенаправленного анализа для получения новых знаний [36].

Комплексный, последовательный анализ средне-крупномасштабных тематических геологических карт, включающих обязательно геофизические данные, петрографо-геохимические результаты исследования, а также опубликованную литературу и полевую документацию позволил на основе определения генетических причин формирования гидротермально-метасоматических руд сделать выводы об условиях формирования метасоматических рудоносных зон Эльконского типа.

#### **3.1.1. Отображение разновозрастных магматических комплексов в геофизических полях**

В главе 1 рассмотрены основные интервалы времени активизации эндогенных процессов, влиявших на формирование рудного узла в пределах современного Эльконского горного массива. По мнению автора, реликты древних зеленокаменных поясов – медведевский комплекс – являются основными поставщиками

железа, титана и золота в руды при метасоматических процессах, так как в иных вмещающих породах, а также магматических мезозойского возраста (глава 2) концентрации этих металлов очень незначительны, (особенно золота). Ввиду того, что амфиболитовые кристаллические сланцы в геологическом строении Эльконского рудного узла, как первично метаультрабазит-базитовые массивы медведевского комплекса, выделены относительно недавно, их площадное распространение определено с использованием результатов интерпретации геофизических аномалий (анализ карт магнитной и гравиметрической съемки). Комплексный анализ серии имеющихся геолого-геофизических карт на эту территорию позволил сделать вывод о том, что первично ультрабазит-базитовые тела характеризуемого комплекса в приповерхностных горизонтах современного эрозионного среза земной коры расположены фрагментарно. Морфологически это линзовидные и сложные по форме тела, небольших размеров (первые метры по ширине, до первых сотен метров по длинной оси). Объясняется такое строение длительной историей геологической эволюции земной коры этого региона. Здесь значительное влияние на изменение состава пород, вмещающих рудные зоны комплексов, оказывали процессы неоднократного регионального метаморфизма. В строении глубоких горизонтов древние метаультрабазит-базитовые комплексы, ранее образующие зеленокаменные пояса, и в настоящее время имеют довольно мощные объёмы. Это выражается в гравитационном и магнитном геофизических полях характеризуемой территории. На соответствующих геофизических картах они отражены положительными магнитными и гравитационными аномалиями (рис. 35).

Наряду с геофизическими данными, об этом же свидетельствует геохимическая специализация пород, в которых наблюдаются повышенные концентрации элементов группы Fe (геохимические аномалии), что характерно для толщ, содержащих метаультрабазит-базитовые комплексы. Наличие рассеянного магнетита, даже в гранитоидах и гранито-гнейсах, содержание которого в неизмененных породах достигает 1-1,5%, объясняет широкое присутствие в рудоносных метасоматических зонах вкрапленников тонкодисперсного пирита – мельниковита.

Ниже приведены физические свойства пород, изученные по образцам керна из разрезов докембрийского фундамента Эльконского рудного узла (таблица 10). При просмотре данных, представленных в этой таблице, видно, что повышенной магнитной восприимчивостью обладают практически все породы кристаллического фундамента за исключением относительно более молодых гранитоидных формаций. Это еще раз подтверждает наличие высоких концентраций ферромагнитных минералов в магматических и метаморфических породах, слагающих кристаллический фундамент. Такое обогащение их было обусловлено за счёт внедрения более ранних метаультрабазит-базитовых комплексов и ремобилизации из них во вновь образующиеся породы при длительной истории геологических процессов в последующие стадии развития земной коры.

Интерпретация аномалий на картах, характеризующих магнитное поле, еще раз подтверждает, что в строении Эльконского рудного узла были широко развиты архейские ультрабазит-базитовые комплексы, формировавшие протяжённые зеленокаменные пояса.

Таблица 10

## Физические свойства горных пород докембрийского фундамента [87ф]

№ п/п	Подразделение	Породы	Плотность		Магнитная вос- приимчивость	
			σ, г/см		κ, x1,26*10 <sup>-5</sup> ед.СИ	
			N	<u>min-max</u> ср.(медиа н.)	N	<u>min-max</u> ср. (ме- диан.)
1	Верхнеалданская серия нерасчлененная		46*)	<u>2,68-3,05</u> 2,81	46*)	<u>17-14675</u> 4370
1.1	Васильевская свита	биотит-кордиеритовые, силлиманит-кордиеритовые, гранат-кордиеритовые кристаллосланцы и гнейсы	36	<u>2,68-3,05</u> 2,80	36	<u>930-9380</u> 5315
1.2	Нимнырская свита	биотитовые, графит-биотитовые кристаллосланцы и гнейсы	10*)	<u>2,74-3,05</u> 2,83	10*)	<u>17-14675</u> 2575
2	Федоровская серия нерасчлененная		108	<u>2,60-3,05</u> 2,80	108	<u>70-8500</u> 2230
2.1	Федоровская серия, первая толща	биотит-диопсид-амфиболовые, диопсид-амфиболовые кристаллосланцы	34	<u>2,70-2,93</u> 2,79	34	<u>900-4335</u> 2285
2.2	Федоровская серия, вторая толща	двупироксен-амфиболовые (гиперстен-диопсид-амфиболовые) кристаллос- ланцы	31	<u>2,69-3,05</u> 2,83	31	<u>70-8485</u> 2310
2.3	Федоровская серия, третья толща	амфиболовые, биотит-амфиболовые кристаллосланцы	35	<u>2,62-3,05</u> 2,80	35	<u>150-8500</u> 2180
2.4	Федоровская серия, четвертая толща	биотит-гиперстен-амфиболовые, гиперстен-амфиболовые кристаллосланцы	8	<u>2,60-2,94</u> 2,81	8	<u>305-4630</u> 1840
3	Медведевский комплекс мегапериодит- пироксенитовый	метаультрабазит-базиты («рябчиковые» кристаллосланцы)	29	<u>2,72-3,02</u> 2,87	29	<u>180-6440</u> 2955
5	Граниты (три группы)		81	<u>2,50-2,90</u> 2,63	81	<u>1-4550</u> 610

Окончание табл. 10

5.1	Плагииграниты Нимнырской площади нерасчлененные	плагииграниты и плагиигранито-гнейсы	7	$\frac{2,55-2,76}{2,68}$	7	$\frac{1-4550}{50}$
5.2	Граниты нерасчлененные	граниты, гранито-гнейсы	52	$\frac{2,57-2,90}{2,64}$	52	$\frac{1-4365}{1100}$
5.3	Каменковский комплекс лейкогранитовый	микроклиновые, биотит-микроклиновые граниты	22	$\frac{2,50-2,66}{2,60}$	22	$\frac{1-3625}{70}$
6	Метасоматиты магнезиально-щелочные бассейна р. Леглиер	дипсидовые, скаполит-диопсидовые породы	50	$\frac{2,69-3,43}{3,02}$	50	$\frac{1-32370}{1060}$
7	Сиваглинский комплекс долеритовый	долериты, габбро-долериты	10*)	$\frac{2,63-2,99}{2,94}$	10*)	$\frac{420-3180}{1785}$
8	Брекчии тектонические		11	$\frac{2,31-2,58}{2,45}$	11	$\frac{0-6}{0}$
9	Милониты		4	$\frac{2,59-2,66}{2,60}$	4	$\frac{85-4420}{650}$
10	Метасоматиты кварц-микроклиновые		6	$\frac{2,28-2,65}{2,46}$	6	$\frac{0}{0}$

\*) – группы формировались с привлечением данных Верхнеякокотской партии [75ф].

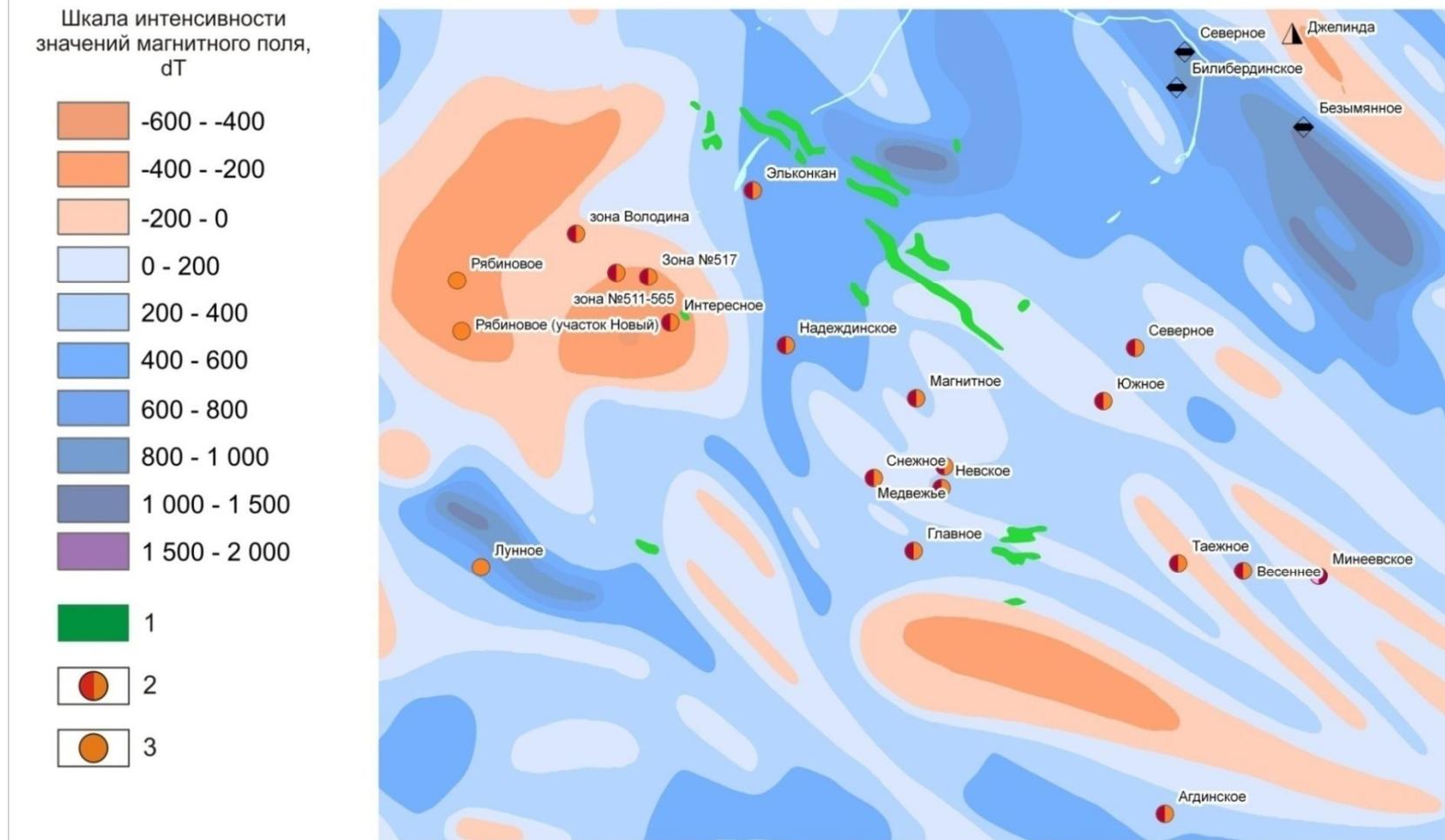


Рис. 35. Магнитное поле с положительными аномалиями, обусловленными ферромагнетиками медведевского плутонического комплекса: 1 – реликты базит-ультрабазитового медведевского комплекса; 2 – золото-урановые месторождения; 3 – золоторудные месторождения

Магматические образования более поздних этапов эволюции земной коры характеризуемого региона, (после внедрения архейского базит-ультрабазитового магматизма медведевского комплекса) на этой территории, в частности формирование гранитов чарнокитов, сиваглинских микродиоритов, затем раннепротерозойских гранитов каменковского комплекса, на карте магнитного поля проявлены несущественными отрицательными аномалиями. Причина такого строения магнитного поля объясняется тем, что граниты и гранито-гнейсы распространены в тех же структурах, где ранее были развиты образования древнего зеленокаменного пояса. Именно поэтому, в некоторых случаях, наблюдаются положительные магнитные аномалии в местах современной локализации там, где на дневной поверхности сейчас вскрыты выходы гранитоидных массивов. В этой же связи, сами гранитоиды часто содержат высокие концентрации минералов с железом: магнетит, титаномагнетит. Такой минеральный состав измененных при метаморфизме пород объясняет современный рисунок магнитного поля. Концентрации железосодержащих минералов во вмещающих породах Эльконского рудного узла достигают в незначительных по размерам телах промышленных значений. Так, на юго-восточном фланге изученной площади, расположено Эмельджакское железорудное месторождение, которое приурочено к мигматизированным породам медведевского комплекса федоровского горизонта [93ф].

Выходы мезозойского щелочного этапа магматизма, отображены на картах геофизических исследований территории (магнитометрической, гравиметрической) только там, где они образуют крупные массивы. Выше было отмечено, что существующий рисунок аномалий магнитного поля Эльконского рудного узла обусловлен следованием более ранних этапов геологической деятельности, и в настоящее время мы на карте магнитного поля наблюдаем преимущественно архейский древний каркас, первоначально сформировавший здесь строение толщи земной коры.

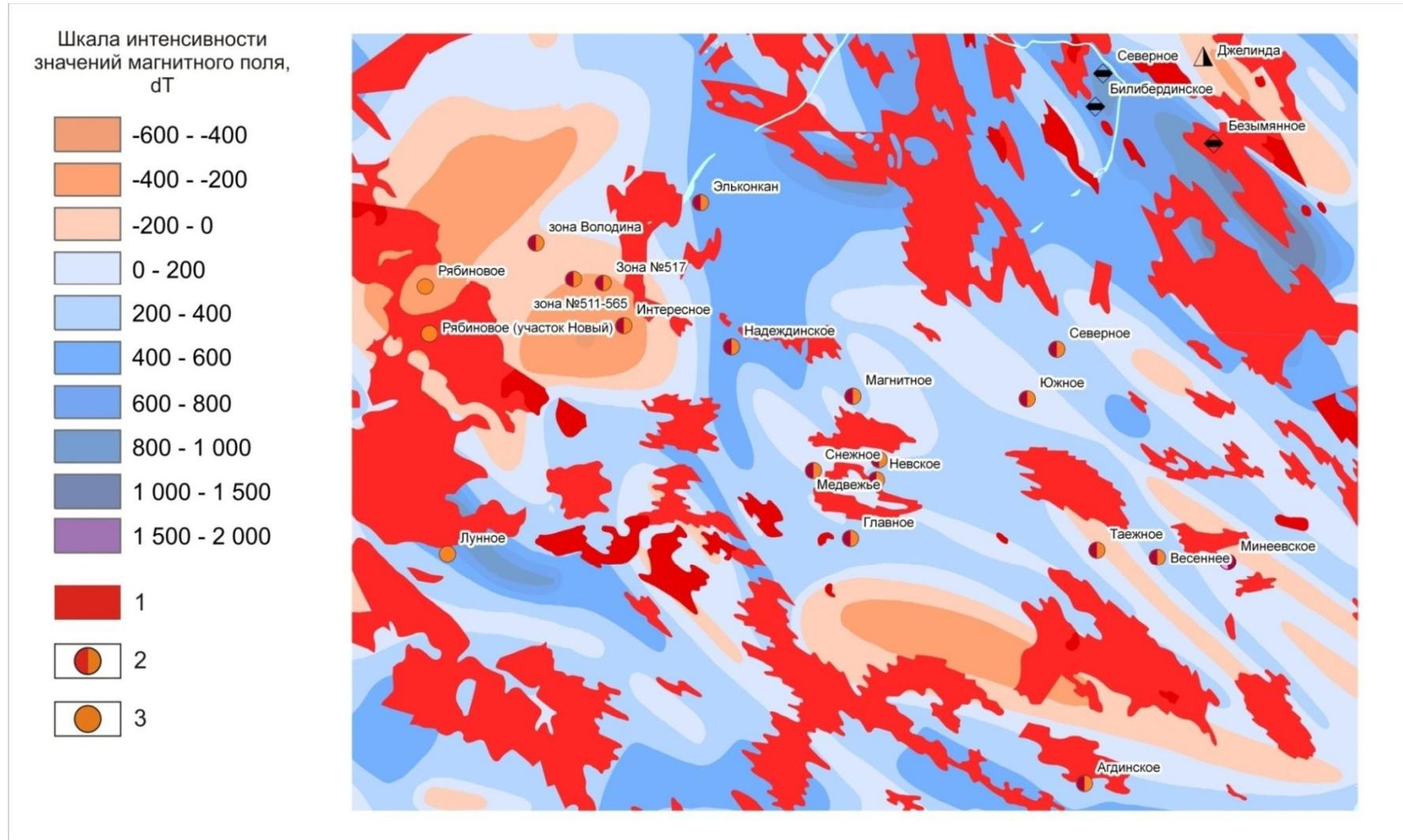


Рис. 36. Гранитные образования каменковского комплекса, на фоне совмещения с аномалиями магнитного поля: 1 – граниты каменковского комплекса; 2 – золото-урановые месторождения; 3 – золоторудные месторождения

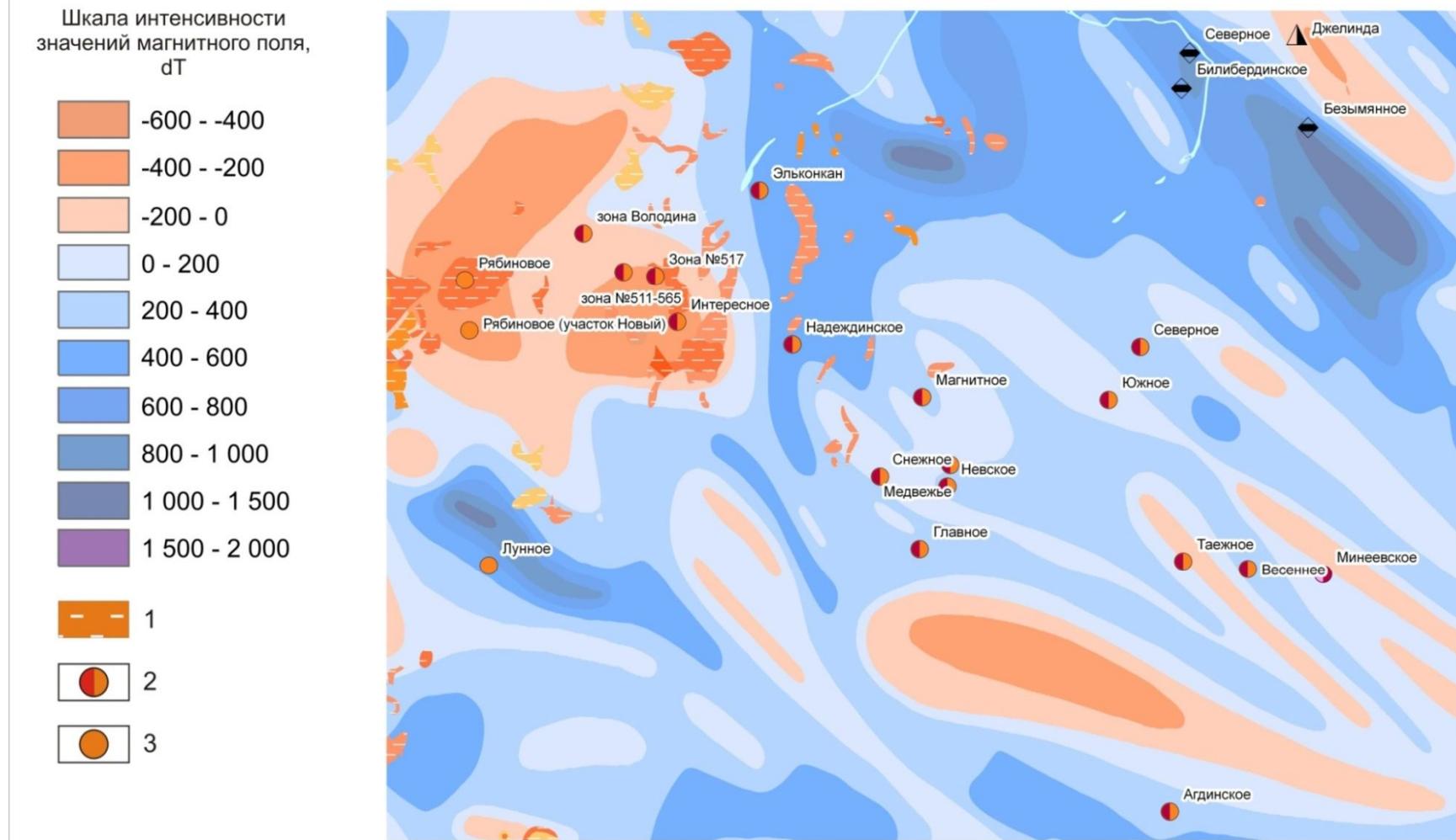


Рис. 37. Отображение в магнитном поле щелочных мезозойских массивов, линзовидных и пластовых тел: 1 – интрузии мезозойского тектономагматического этапа; 2 – золото-урановые месторождения; 3 – золоторудные месторождения

### 3.1.2. Проявление в геофизических полях рудоконтролирующих тектонических структур

Закономерности форм, расположения, направления простирания и распределения значений в геофизических аномалиях исследованы путем трансформаций геофизических полей в современных автоматизированных программных продуктах обработки первичных результатов – Surfer 8, Koscad 3D и ArcGIS. Как исходные материалы были использованы данные схем магнитного и гравитационного поля масштаба 1:500 000 [93-95ф].

**Анализ магнитного поля.** Методом двумерной автокорреляционной функции (ДАКФ) построена карта, на которой отчетливо выделяются две системы магнитных аномалий (рис. 38).

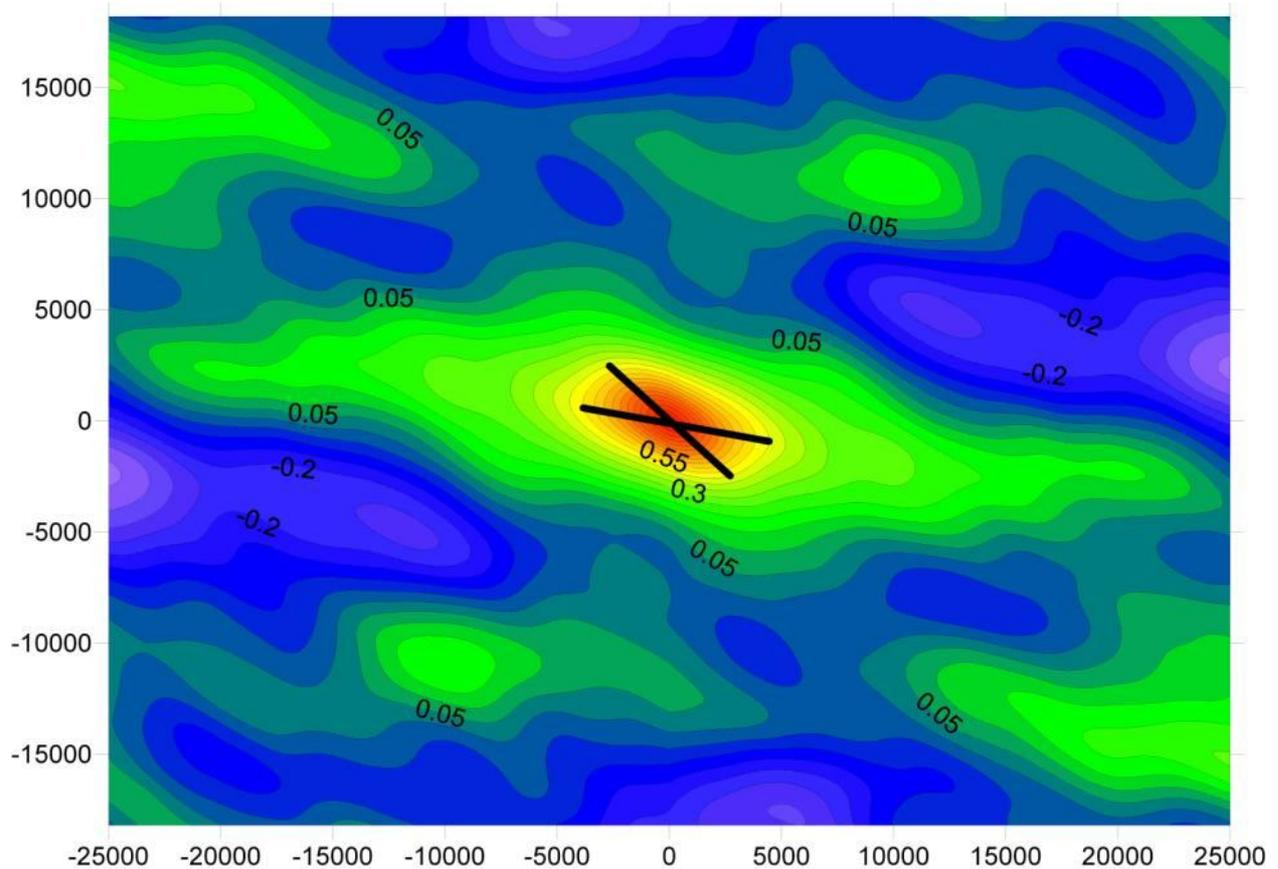


Рис. 38. Двумерная автокорреляционная функция-график магнитного поля Эльконского рудного узла

Направление простирания структур в этих системах совпадает с ориентировкой главных рудоконтролирующих дизъюнктивных нарушений, которые в основном имеют северо-западное простирание (рис. 2). При этом на графике ДАКФ магнитного поля Эльконского рудного узла не прослеживаются разломы северо-восточного простирания. Схема распространения основных дизъюнктивных нарушений показана на рис. 4. в разделе 1.2.1.

По методике Никитина А.А. и др. [58] проведенной двумерной адаптивной энергетической фильтрацией исходного поля выделены региональная и локальная составляющие. На схеме видно, что локальная и региональная составляющие магнитного поля имеют дифференцированное строение, при этом общий рисунок представлен вытянутыми, сложной конфигурации линейными аномалиями и от субширотной ориентировки в южной части района до северо-западной в центральной.

В поле региональной компоненты магнитного потенциала площадь Эльконского рудного узла так же дифференцируется на пять блоков – северо-западный, федоровский, эльконский, минеевский и агдинский (рис. 3).

Северо-Западный блок характеризуется региональными магнитными аномалиями низких отрицательных значений до  $-430$  дТ. Здесь вскрыты массивы составной части центра мезозойской тектономагматической активизации. С юга этот блок ограничен Уджинским разломом, а на севере – разломом зоны Южной. В целом, Северо-Западный геоблок имеет однородное магнитное поле, а низкий уровень значений региональных магнитных аномалий отрицательного знака соответствует интенсивным проявлениям магматических пород мезозойского этапа активизации и распространенным гранитоидным комплексам раннего протерозоя. В этом же блоке архей-раннепротерозойский кристаллический фундамент постепенно погружается под осадочные толщи платформенного чехла, поэтому здесь в потенциальном магнитном поле существенного возмущения аномалий не прослеживается.

Федоровский блок в региональной компоненте магнитного потенциала выделяется дифференцированными значениями от малоамплитудных аномалий до

высоких положительных значений. Уровень регионального магнитного поля изменяется в пределах от 0 до 750 dT. В западной части этого блока наблюдается положительная магнитная аномалия интенсивностью до 750 dT, которая имеет северо-западное простирание. Аномалия совпадает с ориентировкой зоны Федоровского разлома. Наличие положительных региональных магнитных аномалий высокого уровня в пределах Федоровского разлома, указывает на присутствие пород, содержащих повышенные концентрации ферромагнитных элементов. Восточная часть Федоровского геоблока фиксируется положительной линейной аномалией со значениями до 350 dT, трассирующей зоны Юкунгрского разлома.

Эльконский блок характеризуется положительными значениями региональной составляющей магнитного поля от нулевых до высоких положительных значений (1000 dT). С юго-запада этот блок ограничен Сохсолоохским разломом, на северо-востоке – Эмельджакским. Северная и южная области Эльконского геоблока фиксируются региональными магнитными аномалиями высоких положительных значений – до 1000 dT на севере и 450 dT на юге. Такое положение региональных магнитных аномалий высоких значений совпадает с распространением пород медведевского плутонического ультрабазит-базитового комплекса на геологической карте. Центральная часть представлена малоамплитудными положительными аномалиями относительно региональной составляющей магнитного поля.

Минеевский блок отличается региональными магнитными аномалиями низких положительных значений от 0 до 400 dT, в пределах которого отсутствуют вскрытые эрозионным срезом магматические тела мезозойского этапа тектономагматического активизации. В плане Минеевский блок как бы является продолжением Эльконского и так же ограничен с юго-запада Сохсолоохским разломом, на северо-востоке – Эмельджакским. Магнитные аномалии имеют линейную удлиненную форму с северо-западной ориентировкой длинной оси. Наличие таких линейных аномалий, по-видимому, фиксирует расположение зон трещиноватости Сохсолоохского, Южного и Эмельджакского разломов, а также осевые части складчатых структур.

Агдинский блок в своей центральной части фиксирован региональными магнитными аномалиями низких отрицательных значений до  $-430$  дТ. Характеризуемый геоблок расположен между Сохсолоохским и Юкунгрским разломами. Над толщами Агдинского блока здесь наблюдается пониженный уровень значений региональных магнитных аномалий. Это показывает, что верхние горизонты земной коры здесь сложены породами с низкой магнитной восприимчивостью. Отсутствие на этом участке высокожелезистых реликтов метаультрабазит-базитовых тел древнего зеленокаменного пояса, а соответственно крупных рудопроявлений золота и урана, подтверждает зависимость локализации подобных руд и их взаимосвязь с древними архейскими комплексами вмещающих пород.

Разрывные нарушения отчетливо фиксируются в градиентном поле, рассчитанном по региональной составляющей магнитного поля (рис. 40). Значения градиента показывают участки с наиболее нарушенными (проницаемыми) зонами. Так, опережающие структуры скального разлома, в северо-восточной части Эльконского рудного узла проявлены вытянутой аномалией высокоградиентного значения. Наиболее крупные трещиноватые зоны разломов Эльконского рудного узла фиксируются на карте магнитного поля в низкоградиентных зонах, которые отчетливо повторяют их линейные аномалии. Объясняется такой рисунок магнитного поля многостадийностью гидротермальных процессов, «залечивших» зоны открытых трещин лейкократовыми породами.

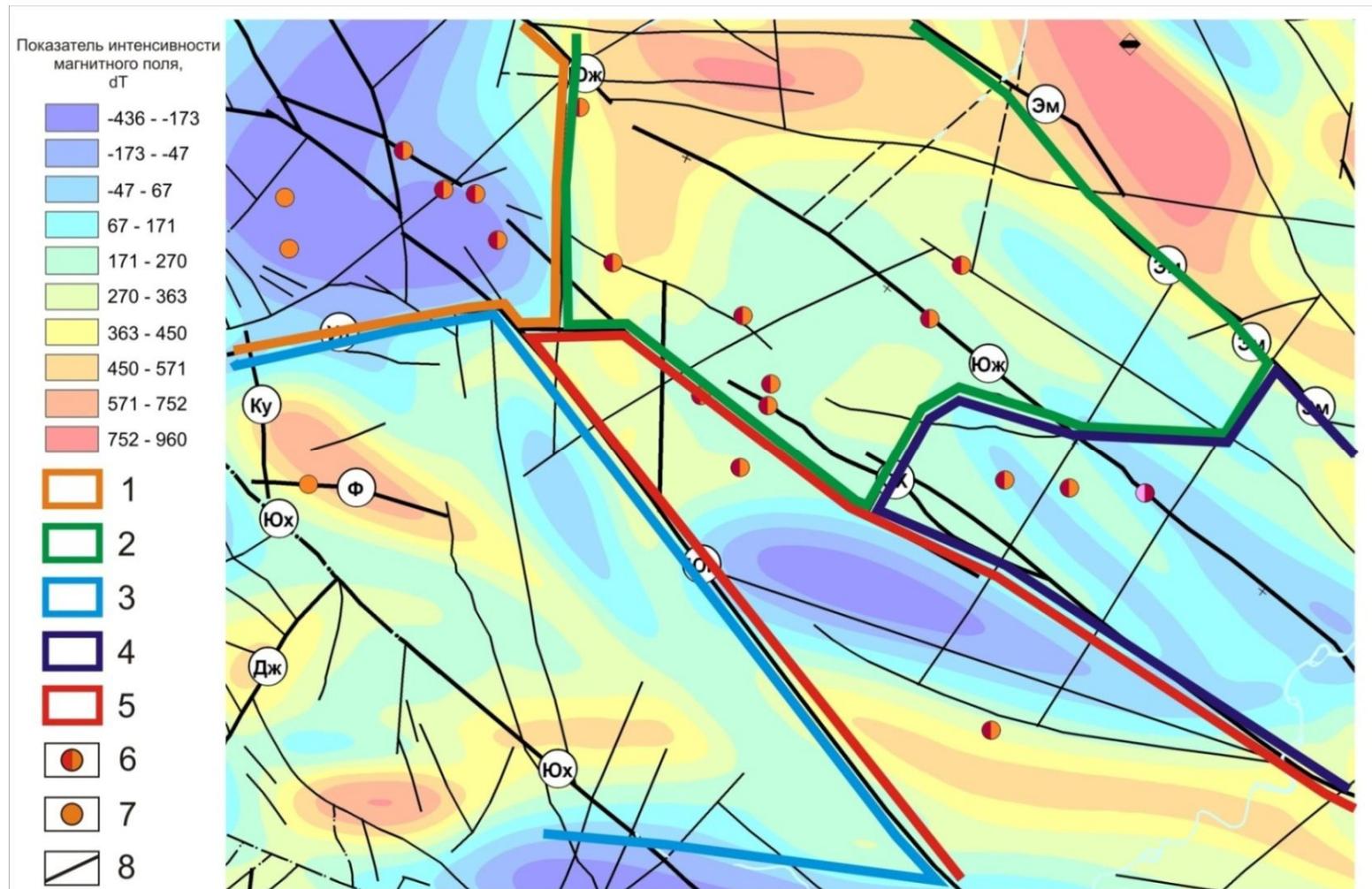


Рис. 39. Региональная составляющая магнитного поля Эльконского рудного узла и блоковое строение: 1-5 геоблоки: 1 – северо-западный; 2 – эльконский; 3 - федоровский; 4 – минеевский; 5 – агдинский; 6 – золото-урановые месторождения; 7 – золоторудные месторождения; 8 – разломы: Ку - Курумканский; Ф – Федоровский; Юх – Юхтинский; Дж – Джекондинский; Юж – Южный; Сх – Сохсолоохский; Эм – Эмельджакский.

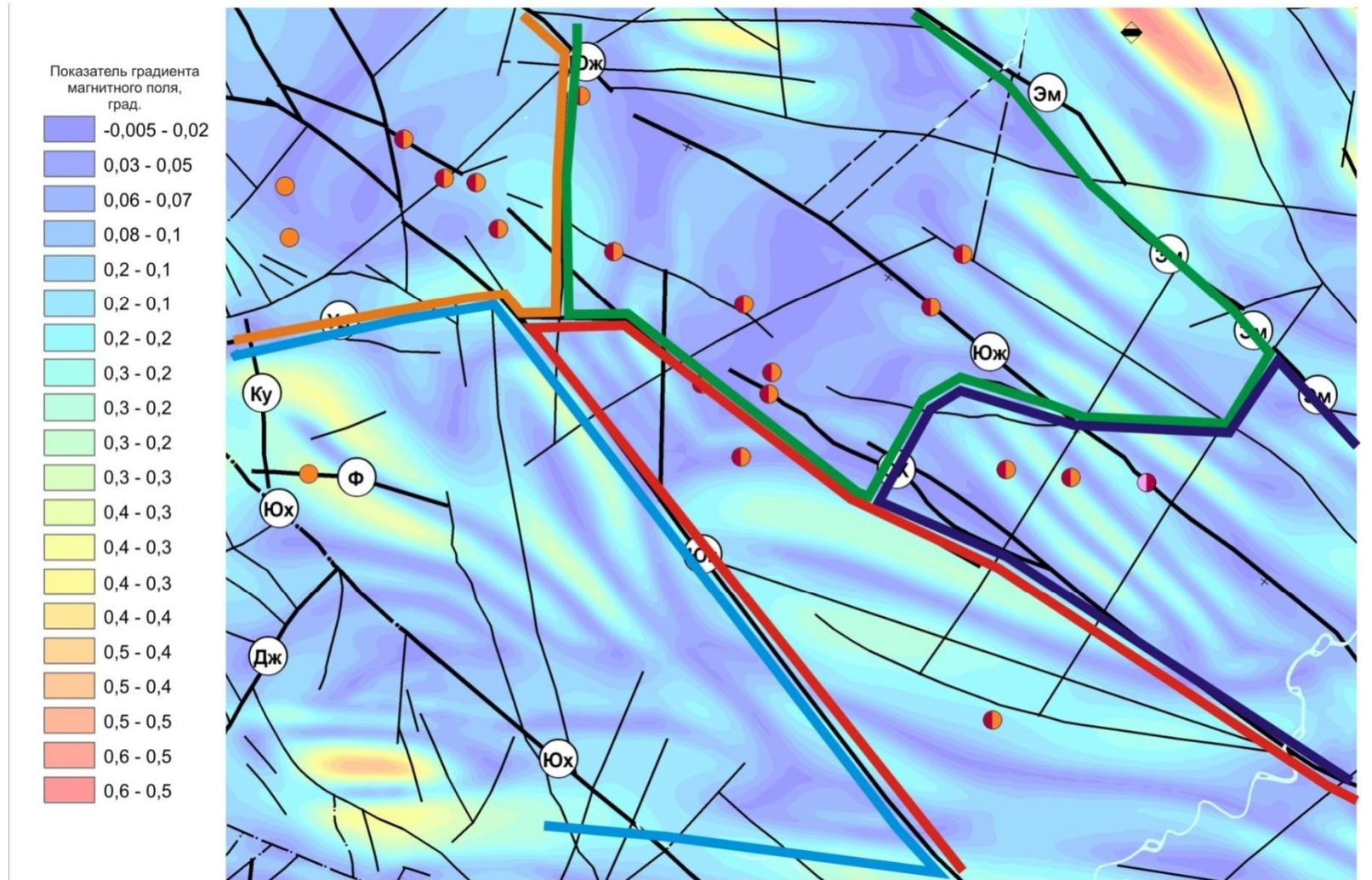


Рис. 40. Градиент магнитного поля, рассчитанный по региональной составляющей Эльконского рудного узла, с наложением основных рудоконтролирующих разломов и участков месторождений. (Остальные условные обозначения - см. рис.39).

**Гравитационное поле.** Методом ДАКФ построен график гравитационного поля на всю территорию Эльконского рудного узла. На графике видно, что все основные гравитационные аномалии имеют субмеридиональную ориентировку. Карта гравитационного поля Эльконского рудного узла представлена в параграфе 1.2.4. рис. 12.

Рассматриваемый регион разделен на две гравитационные зоны, каждая из которых имеет свою структуру и уровни значений региональной составляющей силы тяжести – восточная и западная (см. рис. 12, параграф 1.2.4). Западной гравитационной области соответствует краевая часть эпицентра мезозойской тектономагматической активизации и восточный фланг Верхне-Якокутской грабен-впадины. Отрицательное гравитационное поле западной части (до -30 мГал) отражает погружение кристаллического фундамента и постепенное увеличение рыхлых отложений и карбонатного платформенного чехла.

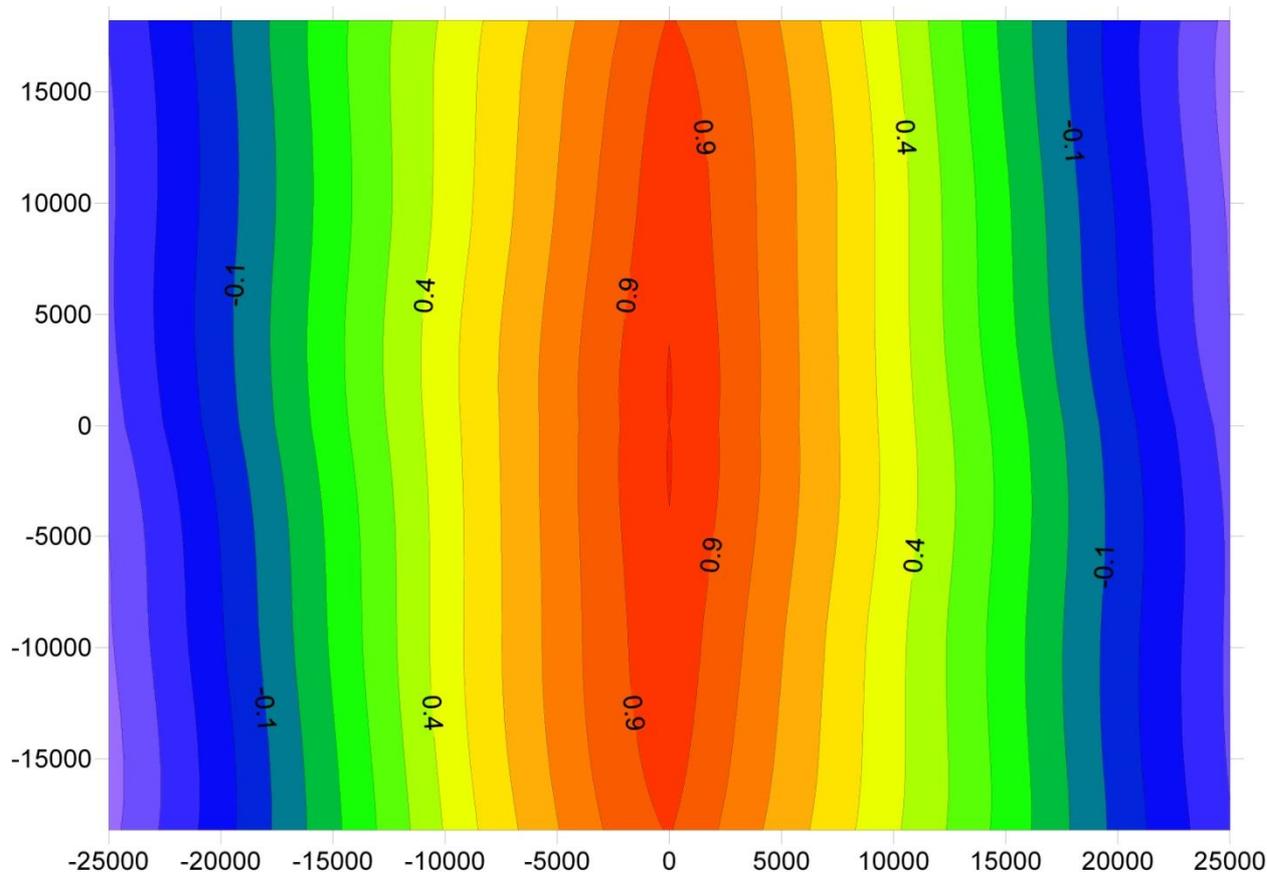


Рис. 41. ДАКФ-график гравитационного поля Эльконского рудного узла

Для восточной гравитационной области характерны высокие положительные показатели силы тяжести (до 10 мГал). Где также выделены локальные участки с пониженными и повышенными значениями поля силы тяжести, отражающие общее блоковое строение Эльконского рудного узла.

В локальной составляющей гравитационного поля отчетливо прослеживаются оси пликативных тектонических структур (рис. 42).

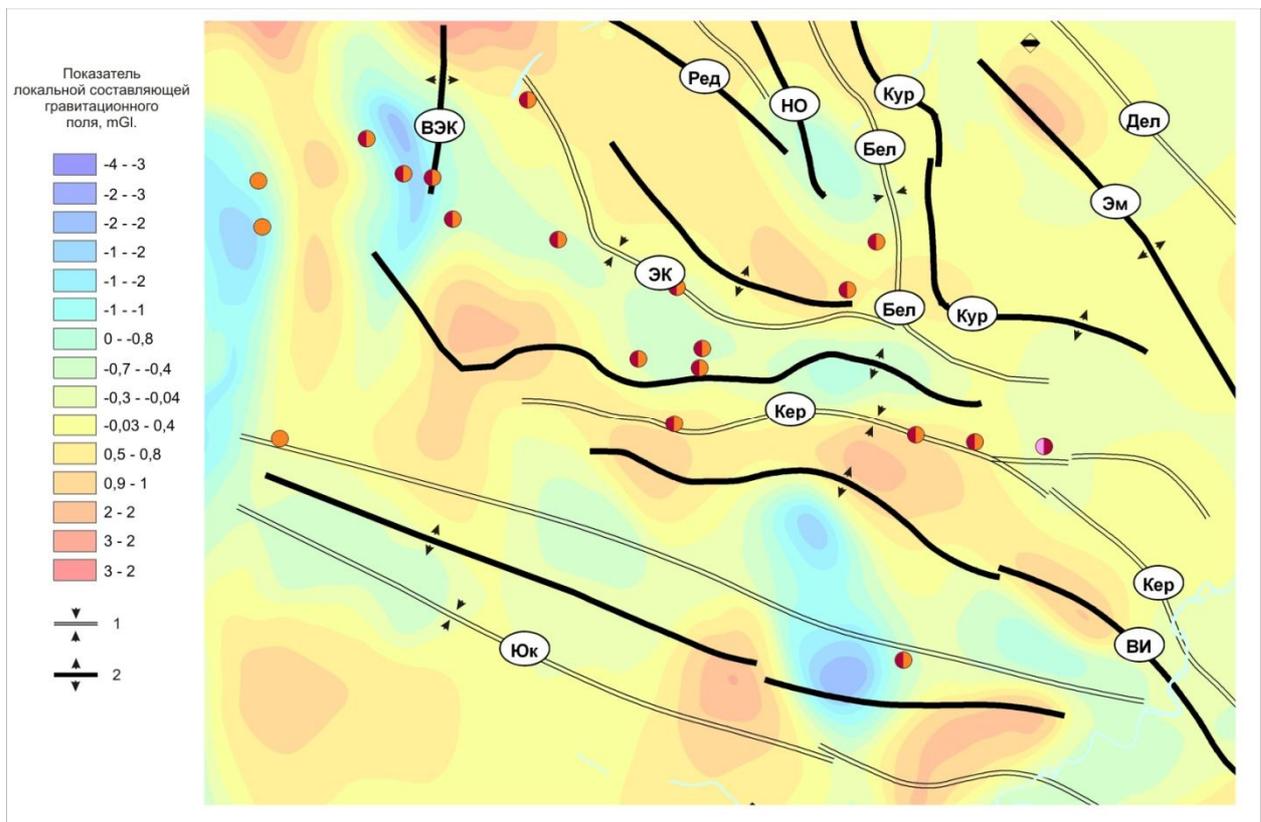


Рис. 42. Локальная составляющая гравитационного поля с наложенными осями основных пликативных структур: 1 - Синклинали: ЭК – Эльконканская; Бел – Белибердинская; Дел – Делиндинская; Кер – Керибиканская; Юк – Юкунгрская. 2 - Антиклинали: ВЭК – Верхнеэльконканская; Ред – Редергинская; НО – Неожиданинская; Кур – Курунгская; Эм – Эмельджакская; ВИ – Верхнеиреляхская (Остальные условные обозначения - см. рис.39).

Основные оси антиклиналей совпадают с распределением локальных гравитационных аномалий, оси синклинальных структур в основном совпадают с отрицательными локальными гравитационными аномалиями. Общая ориентировка складчатых тектонических структур, так же как и зон разломов имеет северо-

восточное простирание. Такая пространственная ориентировка простирания основных тектонических структур позволила сделать вывод о том, что образование дислокаций исследуемой территории происходило под воздействием одних и тех же динамических процессов.

**Особенности радиоактивного поля.** Для анализа конфигурации расположения аномалий на картах радиоактивного поля в пределах Эльконского рудного узла, автор использовал карты гамма-поля из фондовых источников [81ф, 87ф, 93-95ф].

В пределах Эльконского рудного узла интенсивность гамма-излучения изменяется в диапазоне от 0 до 40 мкРг/час. Минимальный радиоактивный фон прослежен в юго-восточной части территории, а в северо-западной направлении радиоактивность повышается, достигая максимальных для исследуемой площади значений (рис. 43). Такое расположение наиболее интенсивных аномалий не соответствует распространению основных урановых рудных зон и месторождений. Максимальная концентрация урансодержащих метасоматических рудных зон выявлена в пределах характеризуемой территории в его центральном и северо-восточном участках, где и сосредоточено большинство месторождений.

По мнению автора, гамма-поле на площади рудного узла подчёркивает местоположение мезозойских щелочных магматических тел, а точнее гидротермально-метасоматические процессы, которые были продуцированы флюидами и гидротермами, образованными в процессе внедрения и последующего остывания магматических пород. Самые высокие значения гамма-поля проявлены в северо-западной части рудного узла. Здесь наиболее полно представлены мезозойские тела разных фаз внедрения, именно с ними связаны максимально интенсивные гидротермально-метасоматические процессы, которые обусловили наиболее интенсивное перераспределение и даже

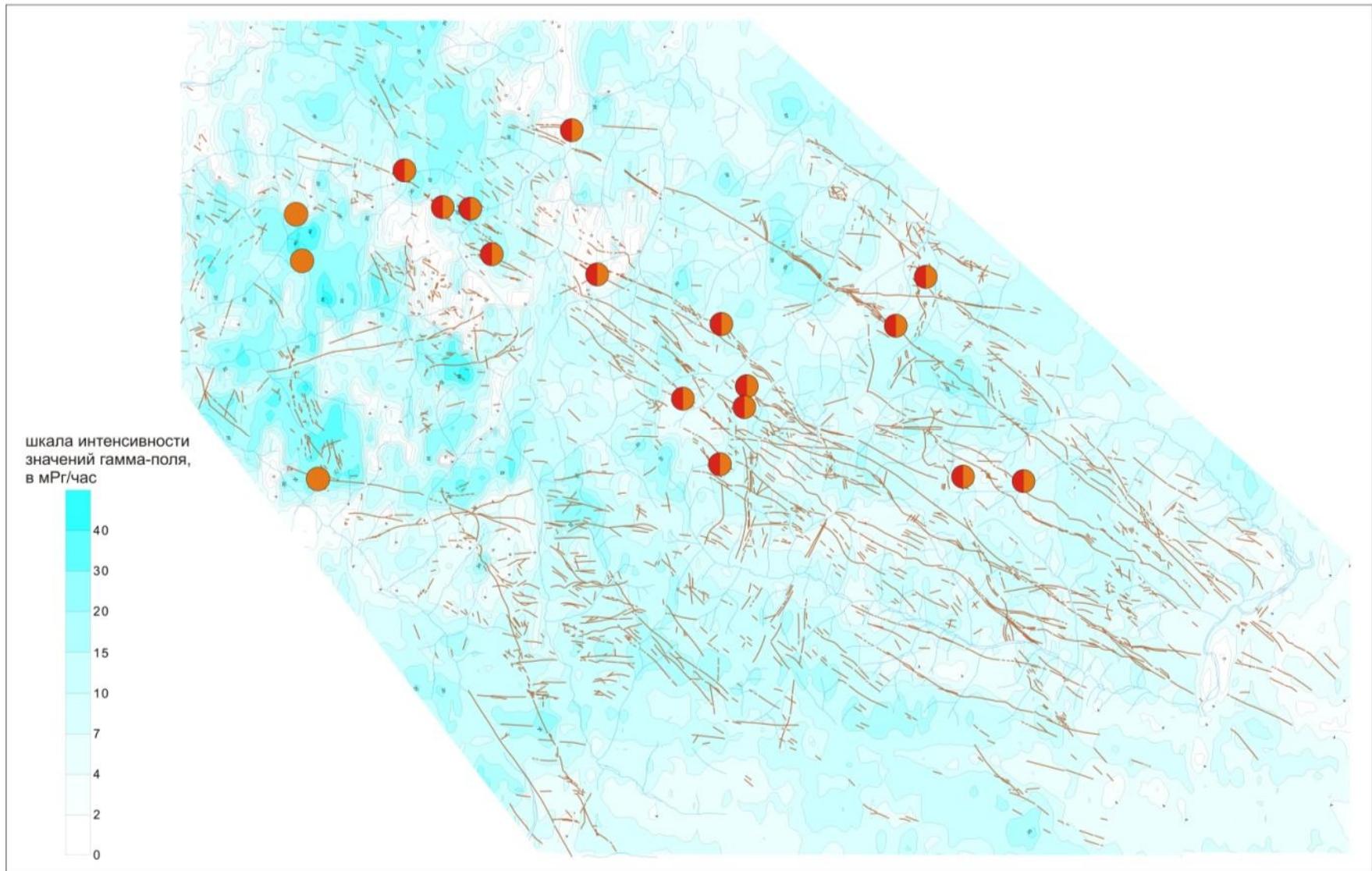


Рис. 43. Карта распределения гамма-аномалий в пределах Эльконского рудного узла.

рассеивание урана из вмещающих гранитоидных пород каменковского комплекса в выше залегающие толщи, особенно в зоны трещиноватости по крупным разломам.

В северо-западной части Эльконского рудного узла выявлены золото-урановые месторождения в зонах обильной фенитизации, что также подтверждает наши выводы.

### **3.2. Металлогенический анализ территории Эльконского рудного узла**

В пределах территории Эльконского горного массива выявлено около 40 урановых и золоторудных месторождений и рудопроявлений, сконцентрированных в 15 основных рудных зонах, составляющих рудный узел. Общая протяженность рудоносных структур, приуроченных к зонам разломов, превышает 1000 километров. Одна из наиболее крупных и детально изученных рудоносных структур рудного узла зона Южная, имеющая протяженность около 25 км и вмещающая шесть месторождений: Минеевское, Дружное, Непроходимое, Курунг, Эльконское плато, и Элькон. Вдоль измененных в процессе метасоматоза зон по другим крупным разломам, в районе разведаны месторождения и рудопроявления Надежда, Таежное, Северное, Агдинское, Весеннее, Снежное, Невское, зон Главной, Интересной, Медвежьей 1, Володиной, Магнитной, 517, 511–565 и еще порядка нескольких десятков менее детально изученных рудоносных объектов [49]. Более подробно описание перечисленных и других рудоносных рудопроявлений и месторождений Эльконского горста характеризуются в многочисленных публикациях посвященных этой тематике в работах [5-7, 11, 15, 52, 53, 62, 63, 68].

В геофизических (магнитном и гравиметрическом) полях (рис. 3, 4, 5) основные месторождения Эльконского рудного узла, расположены в переходных слабо градиентных зонах между отрицательными и положительными аномалиями, или в малоградиентных областях. Исключение составляют лишь рудопроявления и месторождения северо-западного блока, Рябиновское прожилково-вкрапленного типа [31, 32] и участки зоны Интересной, расположенные в области

интенсивной фенитизации архейских кристаллических сланцев. Так как этот блок расположен в восточной части центра мезозойской тектономагматической активизации, здесь в региональной составляющей проявлено однородное магнитное поле (рис. 3, 4). Однако в локальной составляющей магнитного (рис. 6) и гравитационного (рис. 5) полей месторождения *Северо-Западного* блока, так же как и все остальные месторождения Эльконского рудного узла, приурочены к переходным или малоградиентным зонам.

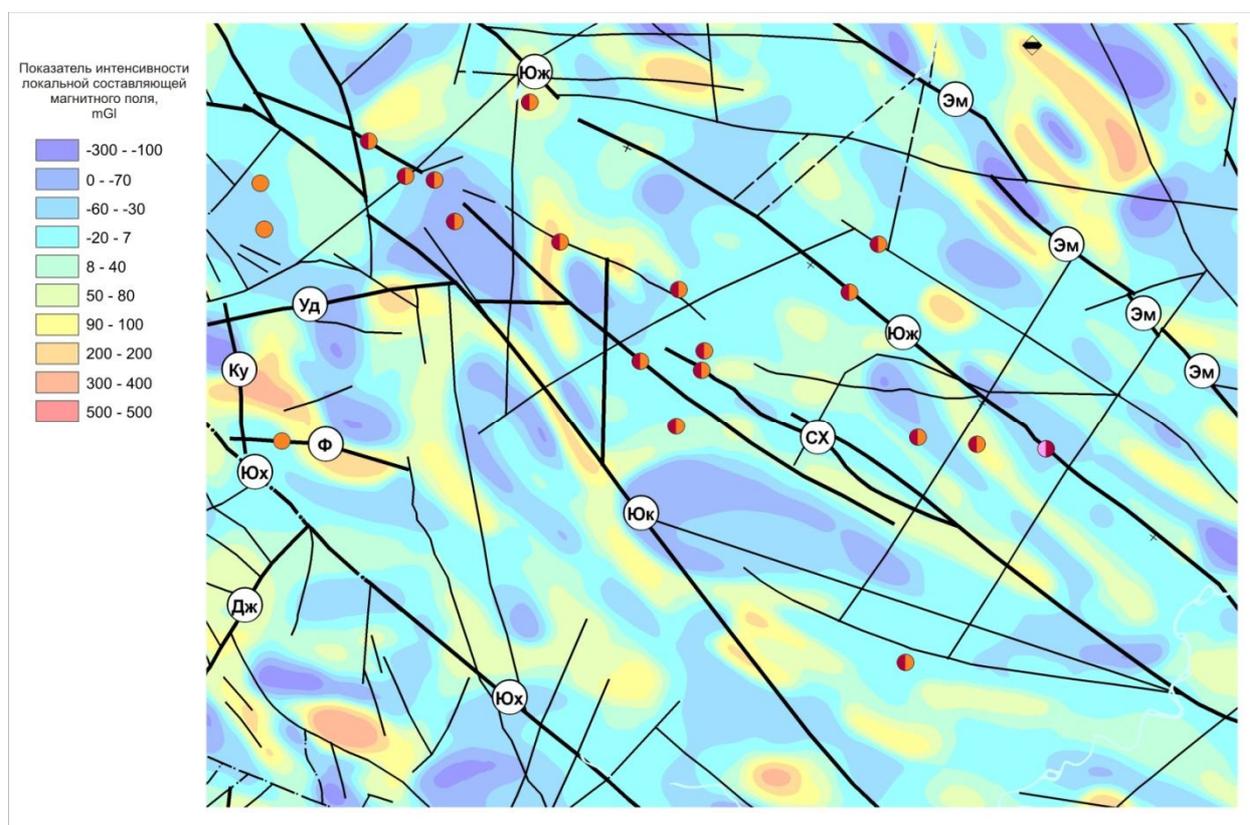


Рис. 44. Локальная составляющая магнитного поля Эльконского рудного узла и блоковое строение. (Остальные условные обозначения - см. рис.39).

Расположение на геофизических картах участков месторождений и рудопроявлений в переходных областях обусловлено местоположением и влиянием мезозойского магматизма на распределение флюидов и гидротерм, которые реагировали с архей-раннепротерозойскими вмещающими породами медведевского ультрабазит-базитового и каменковского гранитного плутонических комплексов. Разгружались гидротермальные рассолы при понижении температуры в зонах повышенной проницаемости. Таким образом, рудоносные флюиды и гидротермаль-

ные процессы продуцированы внедрявшимися в этих участках мезозойскими щелочными массивами или небольшими по размерам пластовыми телами неоднократных фаз внедрения. Такое сочетание в образованных с архейского периода зонах разломов разного состава магматических тел, имеющих присущую им геохимическую специализацию, обусловило образование в гидротермально-метасоматических жилах комплексных золото-урановых руд.

### **3.3. Поисковые критерии и геолого-генетическая модель образования золото-урановых месторождений в структурах Алдано-Станового щита.**

Возможность открытия новых комплексных золото-урановых месторождений требует более точной формулировки поисковых критериев. Для решения этой важной задачи необходимо иметь представление о генезисе не только самих золото-урановых руд, но также и геологического строения всей территории. Именно понимание и применение всех имеющихся знаний истории геологического развития и условий местонахождения современных рудоносных структур определяют критерии последующих поисков. Наиболее детально для этого рудного узла локальные поисковые критерии рассмотрены в кандидатской диссертации Терехова А.В. [68]. Поэтому автор в этом разделе рассматривает преимущественно средне-масштабные поисковые критерии.

В результате проведенного изучения истории геологического развития, петрологических и формационных особенностей метаморфических и магматических образований, слагающих территорию Эльконского рудного узла, построена стадийная геолого-генетическая модель формирования гидротермально-метасоматических рудных зон, содержащих золото-урановые рудопроявления и месторождения Эльконского типа:

В архейской акроутеме в процессе обильного внедрения магматических тел ультрабазит-базитового магматизма сформировались структуры так называемого зеленокаменного пояса. Породы этого магматизма обусловили насыщение первичных толщ территории такими рудными компонентами как золото, титан, желе-

зо и др. В последующие этапы ранней (архейской) истории эволюции территории породы зеленокаменного пояса и в том числе ультрабазит-базитовые лавы и интрузии были подвержены процессам регионального метаморфизма до гранулитовой фаций, а затем и регрессивной амфиболитовой.

В последующем, уже в раннепротерозойское время, породы этого региона были подвержены повторным региональным метаморфическим преобразованиям, сопровождавшимся анатексисом и площадной гранитизацией. Деформации в земной коре этого временного интервала выражены хрупко-пластическими формами. В процессе этих метаморфических преобразований пород произошла ремобилизация и перемещение рудных компонентов во вмещающие толщи и, в первую очередь, в гидротермально-метасоматические жилы. В период активизации метаморфических и метасоматических процессов первичные комплексы пород поставляли рудные компоненты во флюиды и гидротермы, а на участках, где физико-химические условия были благоприятными, происходила их концентрация, формировались рудные минералы и их скопления, сформировавшие рудные гидротермально-метасоматические жилы и зоны по трещинам в разломах.

В конце протерозоя в кристаллической коре обновились или вновь образовались, долгоживущие региональные разломы, в которых уже по новым трещинам внедрялись дайки диабазов, продуцировавшие интенсивные процессы переноса флюидов и гидротермы по зонам динамометаморфизма (статического метаморфизма) [21]. Статический метаморфизм сопровождался формированием в таких зонах разломов милонитов, бластомилонитов и катаклазитов. В свою очередь эти зоны были благоприятными проницаемыми участками для химически активных флюидов и гидротерм, поэтому в их пределах на геохимических барьерах (смена температуры и давления) локализовались новые рудные компоненты.

Следующий активный тектонический период эволюции территории – регенерационный – мезозойская тектономагматическая активизация с внедрением значительных объемов щелочного (преимущественно калиевого) магматизма. Внедрение щелочных массивов обуславливало выделение обильного количества тепла, а также сопровождалось отделением химически активных щелочных

флюидов и гидротерм. Последние способствовали активизации метасоматических процессов, при которых рудные компоненты (золото, уран, титан и железо) поступали в растворы и перемещались из вмещающих метаморфических пород, а затем на уровне геотемпературных барьеров мобилизовались в зонах разломов. При этом флюиды и гидротермальные растворы транспортировали совместно с другими выщелоченными из вмещающих пород элементами полезные компоненты (золото, уран), которые вступали в химические реакции в зонах разгрузки с образованием жильных минеральных парагенезисов (мельниковит, браннерит).

В неотектонический период (начиная с миоцена), орогенные процессы на этой территории использовали ранее заложенные крупные глубинные разломы. Вдоль крупных краевых швов сформировался горст-антиклинорий со сложным блоковым строением. В первой главе было показано, что каждый блок имеет разную степень поднятия, а соответственно денудации и эрозионного среза. Это способствовало образованию вскрытия вдоль зон разломов участков с разных глубин земной коры, и поэтому определяет вертикальную рудную зональность. Неотектонические процессы орогенеза обусловили выделение пяти отличающихся по минеральному составу типов оруденения – «Северо-Западного» (*Au-Cu + Au-уранинит*), «Федоровского» (*U-Au-Ag*), «Эльконского» (*Au-браннеритового*), «Минеевского» (*Au-U-Mo*) и «Агдинского» (*U-Au*).

На современном этапе в процессе физического выветривания формируется образование гипергенного золота, связанного с деятельностью современных поверхностных и подземных вод.

На основе разработанной геолого-генетической модели и всего комплекса проведенных исследований, автором сформулированы и уточнены среднемасштабные прогнозно-поисковые критерии локализации золото-урановых месторождений в пределах Алдано-Станового кристаллического щита (табл. 11).

По результатам интерпретации распространения аномалий магнитного и гравитационного полей, в пределах Эльконского рудного узла, была произведена двумерная адаптивная энергетическая фильтрация с выделением локальной и региональной составляющей. Автором выявлено, что основные золото-урановые

месторождения и рудопроявления расположены в переходных низкоградиентных зонах региональной (Федоровский, Эльконский, Агдинский и Минеевский геоблоки) и локальной (Северо-Западный геоблок) составляющих геофизических полей.

Геохимическая специализация вмещающих пород, вскрытых на изученной территории, представлена набором халько-сидерофильной и литофильной групп элементов. В пределах восточной части рудного узла выявлена устойчивая ассоциация  $Ag-(Au)-V-As-Tl+W$ . Присутствие халькофильных и сидерофильных групп химических элементов объясняется большим количеством сульфидов (пирит, антимонит) во вмещающих породах. В свою очередь такой набор химических элементов обусловлен распространением в разрезах реликтов древних зеленокаменных поясов – железистых кварцитов в юго-восточной части, концентрация сидерофильных элементов в которых достигает промышленных – месторождение Эмельджакское. Литофильная группа представлена  $U-Th$  и  $W$ . Распространение литофильной группы элементов обусловлено огромным площадным развитием гранитных массивов.

В геотектоническом отношении месторождения Эльконского рудного узла приурочены к фундаменту древней платформы, имеющей четырехэтажное структурное строение с интенсивным проявлением мезозойской тектономагматической активизации, выраженной многофазовым (до 8 фаз) внедрением магматических комплексов щелочного состава с формированием разнообразных структурно-вещественных комплексов со своим набором магматических, метаморфических и осадочных формаций.

В металлогеническом плане основными рудоконтролирующими структурами рудных зон Эльконского рудного узла являются региональные долгоживущие разломы преимущественно северо-западного простирания. Они имеют глубокое заложение и начали формироваться с архей-раннепротерозойского этапа. Наиболее активно подновлялись участки этих разломов в мезозойском этапе эволюции. Они трассируются современными депрессиями в рельефе, зонами развития раз-

личных типов динамометаморфитов (катаклазиты и бластомилониты), брекчий, гидротермально-метасоматических образований.

К числу значимых поисковых критериев относятся магматические, для формирования аналогичных рудопроявлений или месторождений необходимо наличие сочетания следующего комплекса магматических процессов. На первом этапе мощный ультрабазит-базитовый магматизм с формированием древнего зеленокаменного пояса (медведевский плутонический комплекс) Этот магматизм обусловил обогащение разреза золотом и сидерофильными химическими элементами. В раннепротерозойское время площадная гранитизация, с образованием отдельных гранитных плутонов (каменковский комплекс). На этом этапе было поступление урана и литофильных элементов. В мезозое необходимо внедрение щелочных магм, которые продуцировали химически активные газы и гидротермы.

Таблица 11

Среднемасштабные поисковые критерии для золото-урановых месторождений Эльконского типа

Критерии	Типы оруденения					
	Северо-западный		Эльконский Аи- браннеритовый	Федоровский Аи-Ag-U	Минеевский Аи-U-Mo	Агдинский Аи-U
	Аи-Си- порфировый	Аи-уранинтовый				
<b>Геофизические</b>	Рудоконтролирующие тела этого блока в геофизических полях представлены отрицательными магнитными аномалиями (до -400 dT) и отрицательными полями силы тяжести (до -26 мГл).	Зоны разломов, содержащие золото-урановые метасоматиты на этом участке характеризуются в геофизических полях выраженных положительных магнитными аномалиями (до 400-600 dT) и дифференцированным полем силы тяжести (от -6 до 2 мГл).	Геофизические поля, выраженные положительными магнитными аномалиями (до 1000 dT) и отрицательным полем силы тяжести (до -26 мГл). Вдоль разломов вытянутые магнитные аномалии.	Оруденение распространено в геофизических полях выраженных отрицательными магнитными аномалиями (до -200 dT) и положительными полями силы тяжести (до 2 мГл).	Рудоконтролирующие структуры акцентируются региональными магнитными аномалиями низких отрицательных значений до -430 dT и отрицательными полями силы тяжести (до -10 мГл)	
	Месторождения локализованы в низкоградиентных зонах локальных составляющих магнитного и гравитационного полей	Месторождения локализованы в низкоградиентных зонах региональных составляющих магнитного и гравитационного полей				
<b>Геотектонические</b>	Приуроченность месторождений к фундаментам древних платформ, имеющих четырех этажное структурное строение с интенсивным проявлением мезозойской тектономагматической активизации. Магматические тела образованы многофазовым (до 8 фаз) внедрением щелочных магматических комплексов и формированием различных структурно-вещественных комплексов со своим набором магматических, метаморфических и осадочных формаций.					

Окончание табл. 11

<b>Структурно-тектонические</b>	Заложение ортогональной системы разломов мезозойского возраста, образование которой связано с внедрением щелочных интрузивных комплексов		Наличие региональных долгоживущих разрывных нарушений, в основном северо-западного простирания, раннепротерозойского возраста формирования и глубокого заложения, активизированных в мезозойскую эру и трассируемых различными динамометаморфитами (бластомилониты и катаклазиты), брекчиями и гидротермально-метасоматическими образованиями			
<b>Магматические</b>	Многофазное внедрение мезозойских щелочных интрузий в древние зеленокаменные пояса и гранитизированные комплексы.		Образование в архейское время древних зеленокаменных поясов с благороднометальной металлогенической специализацией. Интенсивная гранитизация в раннепротерозойское время с образованием территории с радиоактивной специализацией.		Интенсивная гранитизация в раннепротерозойское время с образованием территории с радиоактивной специализацией. Отсутствие интенсивного внедрения МЗпород	
<b>Минералогические</b>	Рудная минерализация представлена свободным прожилково-вкрапленным золотом. Рудные минералы пирит, халькопирит, борнит, галенит и сфалерит	В Au-уранинитовых зонах руды являются исходнобраннеритовыми, с уранинитом.	Рудная минерализация представлена золотоносным пиритом (мельниковитом), браннеритом и в меньшей степени коффинитом.	Исходнобраннеритовые руды, с золотоносными эльконитами. Самородное серебро, акантит.	Помимо слабо проявленного исходнобраннеритового и эльконитового оруденений присутствуют молибден и иордизит.	
<b>Метасоматические</b>	Серицит-микроклиновые метасоматиты	Ореолы распространения фениотов по архейским кристаллическим сланцам	Пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты - элькониты			

Именно такая последовательность геологических событий – архейские ультрабазит-базиты, протерозойские граниты, мезозойские щелочные магмы – определили поступление полезных компонентов в верхние горизонты земной коры и перераспределение их в рудные зоны.

Рассмотренные условия типичны для эльконского, федоровского, агдинского и минеевского типов руд. Поэтому они являются исходнобраннеритовыми находящимися в совместной ассоциации с золотоносным пиритом – мельниковитом. Основными рудовмещающими метасоматическими породами являются пирит-карбонат-калишпатовые породы – элькониты. Для рябиновского – серицит-микроклиновые метасоматиты.

### **3.4. Расчет ресурсного потенциала по выделенным геологическим блокам**

По выделенным автором пяти геологическим блокам произведен расчет ресурсного потенциала – прогнозные ресурсы по категории  $P_2$ . Расчет ресурсного потенциала выполнен по следующему алгоритму:

1. Все известные запасы по оцененным месторождениям переводились в категорию  $P_2$ . Для адекватный перевода прогнозных ресурсов из категории  $P_2$  в запасы категории  $C_2$  [51, 64] выбран переходный коэффициент равный 0,1, т.е.  $(C_2) = 0,1 P_2$ ; обратно,  $(P_2) = 10 C_2$ ;

2. Выполнен расчет линейной удельной продуктивности на 1 п. км. Поскольку месторождения Эльконского рудного узла являются жильными, то в расчете учитывается только протяженность месторождений;

3. Для каждого блока вычислено среднее значение удельной продуктивности поэлементно, по формуле  $g = M_1/L_1$  [51, 64]; где  $M_1$ –сумма запасов, полезного ископаемого в тоннах;  $L_1$ –протяженность месторождения;

4. Произведен расчет общей протяженности рудоконтролирующих структур по блокам;

5. С целью расчета ресурсного потенциала принят коэффициент подобия равный 0,2 [93ф, 94ф, 95ф].

6. Ресурсный потенциал вычислен по формуле  $P_2 = L_{\text{общ}} * N_{\text{ср}} * K$ ; где  $L_{\text{общ}}$  - общая протяженность рудоконтролирующих разломов в км по блоку;  $N_{\text{ср}}$  – среднее значение удельной продуктивности в тоннах по блоку для каждого элемента;  $K$ –коэффициент подобия.

**Северо-западный блок** расположен в северо-западной части Эльконского рудного узла и имеет площадь приблизительно 130 км<sup>2</sup>. Здесь локализовано два генетических типа месторождений (см. глава I), но ввиду того, что по геологическому строению и свойствам геофизических полей блок однороден, он выделен как целый.

Месторождения рябиновского типа, пространственно связаны непосредственно с группой небольших многофазовых щелочных интрузий мезозойского тектоногенеза. Золотое оруденение приурочено к штоку площадью 1 км<sup>2</sup>. Средние содержания ценных компонентов в этом штоке составляют: золота 0,4 г/т и серебра 0,7 г.т [76ф]. Подсчитанные предшественниками прогнозные ресурсы по категории  $C_2$  составляют по Au – 21 т. и по Ag – 42,6 т [16, 17, 31, 32, 45]. Для расчета ресурсного потенциала, в качестве  $L_{\text{общ}}$  принята общая площадь (т.е.  $S_{\text{общ}}$ ) щелочных массивов распространенных в пределах северо-западного блока.

Месторождения золота и урана типа зоны Интересной, для которой характерны золото-уранинитовые руды, пространственно связаны с интенсивно фениitized породами архейского возраста. Подсчитанные запасы U по категории  $C_2$  составляют 3793 у.е. при среднем содержании 0,354% [80ф, 88ф, 89ф].

Рассчитанный ресурсный потенциал по Северо-западному геоблоку составляет:

$P_2$  по урану - 149029,5у.е.

$P_2$  по золоту–596,4 тонн

$P_2$  по серебру – 1209,84 тонн.

**Федоровский блок** выделен в западной части Эльконского рудного узла и занимает площадь примерно 238 км<sup>2</sup>. Наиболее изучено в этом блоке месторождение Лунное. Оно приурочено к тектонической зоне Федоровская. Общее простирание рудоконтролирующей зоны 290-295<sup>0</sup>, падение юго-западное под углами 75-85<sup>0</sup>. Содержания золота в ней изменяется от 0,5 до 32,8 г/т (преобладает 2-7 г/т), а содержание серебра – от 0,2 до 64510 г/т (преобладает 30-80 г/т). Здесь попутным компонентом является уран. Прогнозные ресурсы золота по категории Р<sub>1</sub> составляют 1,9 т, от них 18% серебра [82].

Рассчитанный ресурсный потенциал по Федоровскому геоблоку составляет:

Р<sub>2</sub> по золоту – 13,45 тонн

Р<sub>2</sub> по серебру – 2,42 тонн.

**Эльконский блок** занимает площадь примерно 227 км<sup>2</sup> и расположен в северо-восточной части эльконского рудного узла. Основной рудоносной структурой здесь является зона Южная. Протяженность месторождения 20,7 км. Простирание зоны 305<sup>0</sup> с направлениями, изменяющимися от 290 до 315<sup>0</sup>, падение от 52 до 80<sup>0</sup> на юго-запад. В пределах зоны выделены участки Дружный, Непроходимый, Курунг, Эльконское плато и Элькон. Содержания урана по результатам работы предшественников в этом блоке варьируют от 0,04 % до 3 %. Попутными компонентами являются Au – 8 г/т, Ag – 10,2 г/т и Mo – 0,076%. Запасы урана подсчитаны по категориям В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>» в количестве 234,8 у.е. [80ф, 88ф, 89ф].

Помимо месторождений зоны Южной в пределах блока локализованы месторождения Северное, Надеждинское, Магнитное, Медвежье, Снежное и Невское. С более детальным строением и характеристиками упомянутых месторождений можно ознакомиться в специализированных геологических отчетах [93ф, 94ф, 95ф].

Рассчитанный ресурсный потенциал по Эльконскому геоблоку составляет:

Р<sub>2</sub> по урану - 581094,5 у.е.

Р<sub>2</sub> по золоту - 20820,09 тонн

Р<sub>2</sub> по серебру – 352,08 тонн.

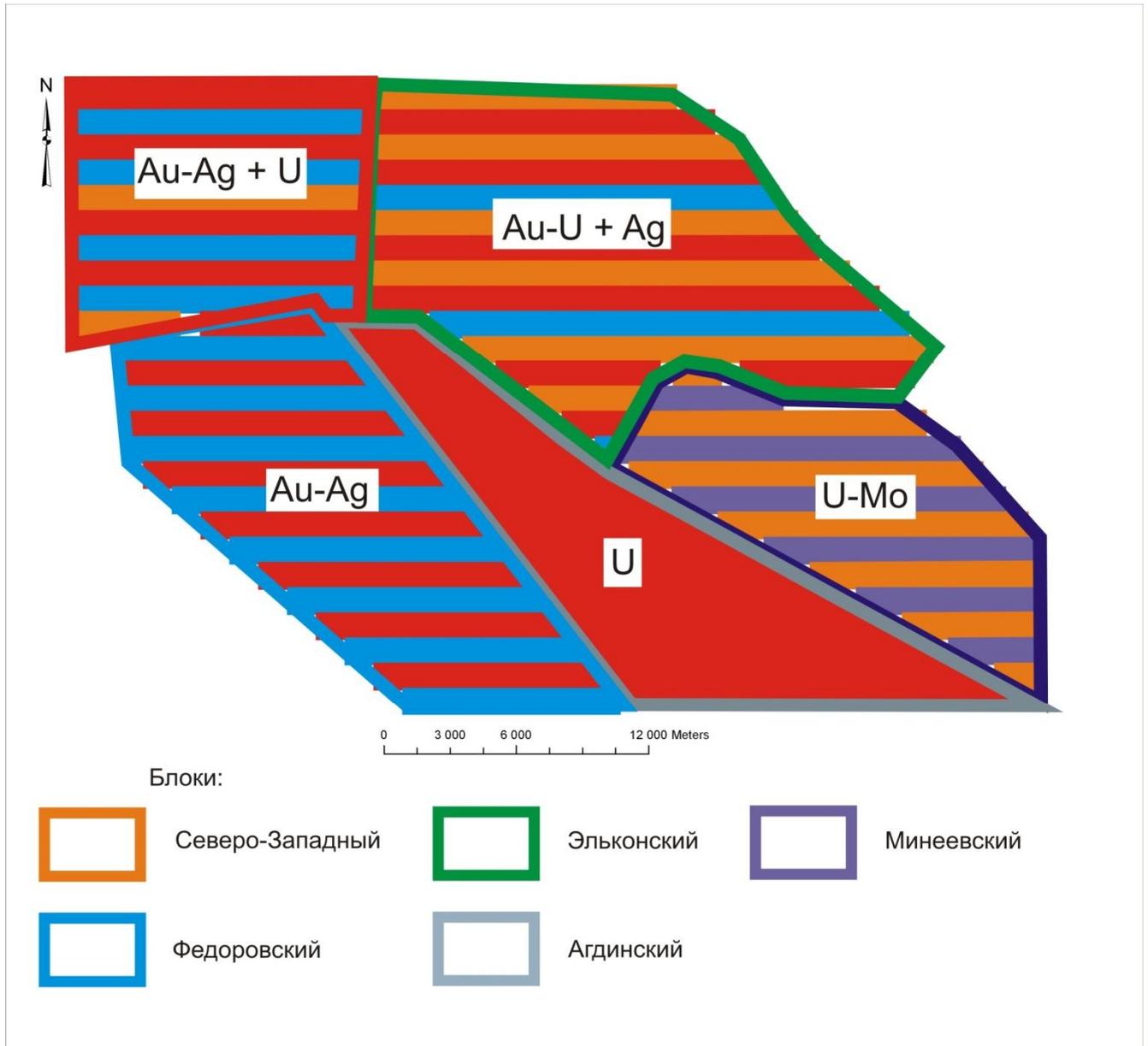


Рис. 45. Схема расчета ресурсного потенциала по выделенным геоблокам.

**Минеевский блок** выделен автором в юго-восточной части Эльконского рудного узла и занимает площадь примерно 127 км<sup>2</sup>. Основной рудоносной структурой здесь является южное окончание зоны Южной с месторождением Минеевское, в которой установлена уран-молибденовая минерализация. Кроме этого, к другим крупным разломам приурочены месторождения Таежное и Весеннее. Средние содержания урана по блоку составляют от 0,3 до 0,6%, а молибдена 0,076%. Подсчитанные запасы и прогнозные ресурсы урана: месторождение Таежное С<sub>2</sub> – 3065 у.е., Р<sub>1</sub> – 5000 у.е.; месторождение Весеннее С<sub>2</sub> – 1600 у.е.[ 80ф,

88ф, 89ф]. Запасы молибдена по месторождению Минеевское категории С<sub>2</sub> составляют 41,6 тыс. т. [52, 53, 57].

Рассчитанный ресурсный потенциал по Минеевскому геоблоку составляет:

Р<sub>2</sub> по урану - 112244,68 у.е.

Р<sub>2</sub> по молибдену – 2201,6 тонн

**Агдинский блок** занимает центральную часть Эльконского рудного узла (между федоровским и минеевским), его площадь составляет около 200 км<sup>2</sup>. Основное месторождение в выделенном блоке – Агдинское. Месторождение приурочено к серии кулисообразных структур, ориентированных по азимут 310-315<sup>0</sup>. Среднее содержание урана 0,106%, а подсчитанные запасы по категории С<sub>1</sub> составляют 978 у.е., по категории С<sub>2</sub> 1005 у.е. Прогнозные ресурсы по категории Р<sub>1</sub> 1000 у.е. [80ф, 88ф, 89ф].

Рассчитанный ресурсный потенциал по Агдинскому геоблоку составляет:

Р<sub>2</sub> по урану - 653088,33 у.е.

**Итого** по всем пяти блокам рассчитанный ресурсный потенциал составляет:

Р<sub>2</sub> по урану **2891772,7 у.е. - С<sub>2</sub> = 289177,27 у.е.**

Р<sub>2</sub> по золоту **1542,2 тонн - С<sub>2</sub> = 154,22 тонн**

Р<sub>2</sub> по серебру **38857,0 тонн - С<sub>2</sub> = 3885,7 тонн**

Р<sub>2</sub> по молибдену **3744,0 тонн - С<sub>2</sub> = 374,4 тонн.**

В результате произведенных расчетов ресурсного потенциала Эльконского рудного узла, а также на схеме (рис. 44) видно, что для каждого выделенного автором блока характерно наличие определенного набора химических элементов. Северо-западный блок Au-Ag + U, Эльконский блок U-Au + Ag, Федоровский блок Au-Ag, Минеевский U-Mo и Агдинский с U специализацией. Наиболее полный набор всех полезных элементов представлен в пределах Эльконского геоблока.

Таблица 12

## Расчет потенциальной рудоносности по Эльконскому рудному узлу

Блоки	Месторождение	Запасы кат Р2 (у.е.)		Протяжен- ность объ- екта (Зоны), в км.	Линейная удельная продук- тивность на 1 п.км.	Среднее значение удельной продук- тивности	Общая про- тяженность разломов в блоке (км)	Коеф. подобия	Ресурсный потенциал по кат. Р2	
									Элемент	ресурсы кат. Р2 (у.е.)
Северо- западный	Рябиновое*	Au	210	1	210	210	14,2	0,3	Au	894,6
		Ag	426		426				Ag	1814,8
	Зона 515	U	10000	1,3	7692,31	7843,66	100	0,3	U	235309,74
	Зона 517	U	800	1,2	666,67					
Интересное	U	37930	2,5	15172,00						
Эльконский	зона Южная	U	2348000	20,7	113429,95	35825,80			U	1418701,7
		Au	1500	20,7	72,46					
		Ag	19361	20,7	935,31					
	Северное	U	586000	7,2	81388,89	935,31	132	0,3	Ag	37038,44
		Au	9,92	7,2	1,38					
	Надеждинское	U	71750	9	7972,22	15,82			Au	626,34
	Магнитное	U	6000	4	1500,00					
		Au	8,24	4	2,06					
	Медвежье	U	7600	3,8	2000,00				Au	
		Au	2,47	3,8	0,65					
Снежное	U	121740	4	30435,00						
Невское	U	30920	2,2	14054,55						
	Au	5,57	2,2	2,53						

Блоки	Месторождение	Запасы кат Р2 (у.е.)		Протяжен- ность объ- екта (Зоны), в км.	Линейная удельная продук- тивность на 1 п.км.	Среднее значение удельной продук- тивности	Общая про- тяженность разломов в блоке (км)	Козф. подобия	Ресурсный потенциал по кат. Р2	
									Элемент	ресурсы кат. Р2 (у.е.)
Федоровский	Лунное	<b>Au</b>	3,8	5,35	0,71	0,71	100	0,3	<b>Au</b>	21,31
		<b>Ag</b>							<b>Ag</b>	3,84
Минеевский	Таежное	<b>U</b>	40650	4,1	9914,63	8157,32	68,8	0,3	<b>U</b>	1908881,22
	Весенее	<b>U</b>	16000	2,5	6400,00					
	Минеевское	<b>Mo</b>	416	2,6	160,00				<b>Mo</b>	
Агдинский	Агдинское	<b>U</b>	12050	0,15	80333,33	40388,89	80,85	0,3	<b>U</b>	1046880,0
	Главное	<b>U</b>	2400	5,4	444,44					
<b>Итого</b>									<b>U</b>	<b>2891772,7</b>
									<b>Au</b>	<b>1542,2</b>
									<b>Ag</b>	<b>38857,0</b>
									<b>Mo</b>	<b>3744,00</b>

\* Для расчета ресурсного потенциала северо-западного блока, для месторождений рябиновского типа, в качестве Лобщ бралась общая площадь щелочных массивов распространенных в пределах северо-западного блока.

Такое положение объясняется наличием всех стадий тектономагматических активизаций проявленных в регионе, начиная с архея и заканчивая современными неотектоническими процессами (см. глава 1).

Построенная геолого-генетическая модель формирования рудного узла в пределах Эльконского горста, а также структурно-вещественные и металлогенические характеристики различных блоков исследуемой территории, позволили сформулировать третье защищаемое положение.

### *Третье защищаемое положение*

*На основе комплекса структурно-вещественных, геологических, геофизических и геотектонических данных дополнены среднемасштабные прогноз-но-поисковые критерии золото-урановых месторождений в пределах Алдано-Станового кристаллического щита.*

## Заключение

За период работы над диссертацией были изучены, проанализированы и обобщены собственные фактические данные, опубликованные и фондовые источники. Самостоятельное изучение объекта автором производилось во время полевых сезонов 2010-2013 г.г., непосредственно на территории Эльконского рудного узла. На основе комплексного изучения геологического строения Эльконского горст-антиклинория сделаны следующие выводы:

- В геологическом строении территории Эльконского рудного узла наблюдается более десяти этапов тектономагматической активности: минимум 6 в архей-раннепротерозойское время, рифейский, палеозойский, мезозойский и современный (неотектонический);

- В результате неотектонических процессов, территория Эльконского рудного узла представляет среднегорную область, которая имеет сложное блоковое строение, образующее современный горст. В пределах этого горста выделено пять структурно-вещественных блоков: «северо-западный» (Au-Ag + уранинитовый), «федоровский» (Ag-Au), «эльконский» (Au-браннеритовый + Ag), агдинский (U) и «минеевский» (Mo-U). Блоки выделяются по геолого-структурному районированию, характеристике геофизических полей, а метасоматиты, в зонах разломов разных блоков, содержат соответствующие минералогические специализации руд;

- На основе формационного анализа выделены комплексы пород, являющиеся первичными (материнскими) источниками рудных компонентов. Для золота, титана и железа такими являлись ультрабазит-базитовые породы медведевского плутонического комплекса архейского возраста. Поставщиком U и Mo служили гранитоиды каменковского комплекса раннепротерозойского возраста. Мезозойский щелочной магматизм послужил как фактор перераспределения рудных компонентов из вмещающих толщ в зоны разгрузки;

- Уточнены дополнительные поисковые критерии для золото-урановых месторождений в пределах северного обрамления Алдано-Станового щита:

- Основные золото-урановые месторождения и рудопроявления расположены в переходных низкоградиентных зонах региональной (Федоровский, Эльконский, Агдинский и Минеевский геоблоки) и локальной (Северо-Западный геоблок) составляющих геофизических полей;

- Геохимическая специализация вмещающих пород изученной территории представлена комплексным набором халько-сидерофильной и литофильной групп элементов. В пределах восточной части Эльконского рудного узла выявлена устойчивая ассоциация Ag-(Au)-V-As-Tl+W;

- Образование подобных золото-урановых месторождений определяется формированием ультрабазит-базитовых тел древних зеленокаменных поясов (медведевский плутонический комплекс), претерпевших площадную гранитизацию в раннепротерозойское время, в результате которой были образованы отдельные гранитные плутоны (каменковский комплекс). В последующем породы этих комплексов обеспечили ремобилизацию из них рудных элементов в гидротермально-метасоматические зоны разломов. Это произошло вследствие внедрения щелочных магм мезозойского тектономагматического этапа. Именно такая последовательность – архейские ультрабазит-базиты, протерозойские граниты, мезозойские щелочные магмы – определила последовательность обогащения полезными компонентами вскрытых на поверхности горизонтов земной коры. Гидротермально-метасоматические щелочные условия определили перераспределение рудных элементов из вмещающих пород в рудные зоны.

**Список литературы****Опубликованная**

1. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. – 267 с.
2. *Билибин Ю.А.* Петрография Алдана. Послеюрские интрузии Алданского района. В кн.: Избранные труды. т. 1. М.: Наука, 1958, с. 264-406.
3. *Билибина Т.В., Дашкова А.Д. и др.* Петрология щелочного вулканогенно-интрузивного комплекса Алданского щита (мезозой). Л.: Недра, 1967, 264 с.
4. *Билибина Т.В., Дашкова А.Д., Донаков В.И. и др.* Геологические формации и металлогения Алданского щита // Л.: Недра, 1976. 338 с.
5. *Бойцов В.Е., Верчеба А.А., Пилипенко Г.Н., Жданов А.В.* Металлогеническое районирование Центрально-Алданского рудного района Республики Саха (Якутия) // Геология и разведка. - 2010 г. - 5. - стр. 23-32.
6. *Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Дорожкина Л.А.* Новый уникальный тип золото-урановых (браннеритовых) руд Эльконского рудного узла (Центральный Алдан). / Доклад на МО РМО, 2006 г.
7. *Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А.* Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов/ Под ред. Л.В. Оганесяна. – М.: НИИ-ПРИРОДА, 1999. – 220 с.
8. *Брылина О.М., Литвин М.А.* Мезозойские интрузивные и метасоматические образования северо-западной части Эльконского горста. В сб. Минеральное сырье, вып. 22. М., Недра, 1970, с. 102-155.
9. *Геология и методы поисков урановых месторождений.* Каждан А.Б., Бойцов В.Е., Зимин Д.Ф. М., изд-во «Недра», 1971 г. – 192 с.
10. *Гидротермальные месторождения урана.* Отв. ред. Ф.И. Вольфсон. М., «Недра», 1978. 446 с.
11. *Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е.* Металлогения урана Дальнего Востока России; [отв. ред. Н.П. Романовский]; Ин-т тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН. – М.: Наука, 2006 – 372 с.

12. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Серия Алданская. Лист О-51-ХII. – ГГП Алдангеология, 2000 г.
13. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Серия Алданская. Лист О-51-ХVIII. – ГГП Алдангеология, 2001 г.
14. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Серия Алданская. Листы О-52-VII, О-51-ХVIII. – ГГП Алдангеология, 2002 г.
15. *Готман Я.Д., Полякова В.М., Мизута А.К.* О новой разновидности браннерита. – «Докл. АН. СССР», 1968, т. 179, №2, с. 429 – 430.
16. *Дворник Г.П.* Серицит-микроклиновые метасоматиты и золотое оруденение рябиновского рудного поля. ЛИТОСФЕРА, 2009, № 2, с. 56–66
17. *Дворник Г.П.* Элементы вертикальной зональности в распределении золото-порфирового оруденения в вулканоплутонических комплексах Центрально-Алданского района. ЛИТОСФЕРА, 2009, №4, с.104-107.
18. *Дорожкина Л.А.* Уран и золото в области тектоно-магматической активизации Центрально-Алданского рудного района: дис. ...: канд. геол.-минер. наук. Москва, 2000.
19. *Дук В.Л., Кицул В.И.* Изучение докембрия Алданского щита методами структурной и метаморфической петрологии //В кн.: Структурная и метаморфическая петрология раннего докембрия Алданского щита. Якутск, 1975, С.5-19.
20. *Дук В.Л., Болаганский В.В., Зедгенизов А.Н.* Последовательность деформаций в архейских образованиях Сутамского блока. Там же. С. 19-42.
21. *Елисеев Н.А.* Метаморфизм. Изд-во Ленинградского университета 1959.
22. *Ермолаев Н.П.* Поведение радиоэлементов при метаморфизме горных пород// Проблемы радиогеологии. М., 1983.
23. *Ермолаев Н.П., Жидиков А.П.* Поведение урана в процессе прогрессивного метаморфизма и ультраметаморфизма на примере западной части Алданского щита// Геохимия. 1966. №8э Сэ 900-916.
24. *Жижин В.И., Лоскутов Е.Е.* Эльконская шовная зона, сектор крупного магматектогена или горст// Наука и образование. Научный журнал / Главный редак-

тор И.И. Колодезников. – Якутск: ООО «Издательство Сфера», 2013. - №1 (69) 2013. – 54-61 с.

25. *Изотопный состав свинца и некоторые вопросы генезиса браннеритовых руд* – В кн.: Вопросы прикладной радиогеологии, вып. 2. М., Атомиздат, 1967, с. 368-379. Авт.: А.И. Тугаринов, Г.Е. Ордынец, Д.Я. Суражский и др.

26. *Интерпретация геохимических данных: Учеб.пособие/ Е.В.Скляров, Д.П. Гладкочуб, Т.В.Донская и др.; [Под ред. Е.В. Склярова].* – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 288 с.

27. *Искандерова А.Д., Неймарк Л.А., Слупицкий Ю.А. и др.* Новые данные по расчленению Алданского докембрия. Геохронология Восточной Сибири и Дальнего Востока. М., 1980.

28. *Классификация и номенклатура магматических горных пород/ Ред. Богатиков О.А.* – М.: Недра, 1981. – 160 с.

29. *Ковач В.П., Котов А.Б., Березкин В.И., Сальникова Е.Б., Великославинский С.Д., Смелов А.П., Загорная Н.Ю.* Возрастные границы формирования высокометаморфизованных супракрустальных комплексов Центральной части Алданского щита: Sm-Nd изотопные данные. Стратиграфия, геологическая корреляция. Т.7, №1, 1999.

30. *Кононова В.А., Первов В.А. и др.* Мезозойский калиевый магматизм Центрального Алдана: геодинамика и генезис. Геотектоника, 1995, № 3, с. 35-45.

31. *Кочетков А.Я.* Мезозойские золотоносные рудно-магматические системы Центрального Алдана. Геология и геофизика, 2006, т.47, №7, с.850-864.

32. *Кочетков А.Я.* Медно-золотопорфировое оруденение в щелочных массивах Алданского щита. Рябиновское месторождение. Тихоокеанская геология, 2006, №1, с.62-73.

33. *Кравченко А.А., Смелов А.П., Березкин В.И. Добрецов В.Н.* Минералогия и геохимия золоторудных дупироксеновых кристаллических сланцев Алданского щита (на примере месторождения им. П.Пинигина)// Отечественная геология.- 2008.-№5.-С.14-24.

34. *Кравченко А.А., Смелов А.П., Березкин В.И., Добрецов В.Н.* Влияние процессов взаимодействия магм на состав и рудоносность метабазитов медведевского комплекса // Отечественная геология. 2009.-№5.- С.14-24.
35. *Кравченко А.А., Смелов А.П., Березкин В.И., Попов Н.В.* Геология и генезис докембрийских золотоносных метабазитов центральной части Алдано-Станового щита (на примере месторождения им. П. Пинигина). Якутск: ИГАБМ СО РАН, 2010.
36. *Лоскутов Е.Е.* Создание геолого-картографической базы данных с использованием ГИС-технологий на примере Южной Якутии. «ЭРЭЛ-2011»: Материалы Всероссийской конференции научной молодежи / [отв. ред.: И.И. Христофоров и др.]. – Якутск: Изд-во ООО «Цумори Пресс», 2011. – Том 1. – 216-219 с.
37. *Лоскутов Е.Е.* Генетические предпосылки образования комплексных месторождений Эльконского рудного поля. Материалы Второй научной молодежной школы «Новое в познании процессов рудообразования» - Москва, ИГЕМ РАН, 2012. – 119-121с.
38. *Лоскутов Е.Е.* Геология золотоурановых месторождений Южной Якутии (На примере Эльконского рудного поля). «ЭРЭЛ – 2012»: Материалы Всероссийской конференции научной молодежи / [отв. ред.: И.И. Христофоров и др.]. – Якутск: Изд-во «Сфера», 2012. – Том 1. – 171-173 с.
39. *Лоскутов Е.Е.* О генезисе руд Эльконского рудного поля. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ – 2013» / Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, К.К. Андреев, М.В. Чистякова. [Электронный ресурс] — М.: МАКС Пресс, 2013. — 1 электрон.опт. диск (DVD-ROM); 12 см. - Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод DVD-ROM; Adobe Acrobat Reader.
40. *Лоскутов Е.Е.* Особенности генезиса золото-урановых руд Эльконского рудного поля. XI Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле», Москва, Российский государственный геологоразведочный университет, 09-12 апреля, 2013 г.: Доклады: в 3 т. Т.1./ МГРИ-РГГРУ. – М.: Ваш полиграфический партнер, 2013. – 336-338 с.

41. *Лоскутов Е.Е.* Сравнение возраста оруденения и мезозойских этапов тектоно-магматической активизации Эльконского рудного района. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы всероссийской научно-практической конференции, 1-3 апреля 2014г./ отв. ред. Л.И. Полуфунтикова. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2014. – 269-271 с.
42. *Лоскутов Е.Е., Жижин В.И.* «Новые идеи в науках о Земле» Поэлементная геохимическая база данных участка Сохсолоох. Москва: Экстра-Принт, 2011. 234-235 с..
43. *Лоскутов Е.Е., Жижин В.И.* О геологической истории и генезисе образования золото-урановых месторождений Эльконского рудного узла// Наука и образование. Научный журнал / Главный редактор И.И. Колодезников. – Якутск: ООО «Издательство Сфера», 2014. - №4 (76) 2014. – 27-32 с.
44. *Лоскутов Е.Е. Пуляев Н.А.* Тектоно-магматические этапы формирования Au-U месторождений Эльконского рудного узла. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 2012г. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2012. – Т.1. 233-235 с.
45. *Лукашенко С.В., Пилипенко Г.Н.* Рябиновское золото-порфировое оруденение как новый геолого-промышленный тип /Центральный Алдан/. Электронный сборник тезисов Пятой Сибирской конференции молодых учёных по наукам о Земле, 29 ноября - 2 декабря 2010г, Новосибирск.
46. *Магматические* горные породы. Ультраосновные породы / Ред. Е.Е. Лязько, Е.В. Шарков. – М.: Наука, 1988. – 508 с.
47. *Магматические* формации раннего докембрия территории СССР. В 3-х кн. Книга 2. Магматизм подвижных поясов раннего докембрия. М.: Недра, 1980, 283 с.
48. *Максимов Е.П., Угрюмов А.Н.* Геологическое строение центральной части Алданского щита // Геология и петрология докембрия Алданского щита. М.: Наука, 1966, С 51-58.

49. *Машковцев Г.А., Мигута А.К., Наумов С.С.* Перспективы освоения Эльконского урановорудного района// Разведка и охрана недр, №6 (2006): 11 – 20.
50. *Мельников А.И.* Структурная эволюция метаморфических комплексов древних щитов: дис. ...: доктора геол.-минер. наук. Иркутск, 2008.
51. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Выпуск «Золото». / Б.И.Беневольский, Е.В.Блинова, А.В.Бражник, А.И.Кривцов, Е.Е.Крытня, В.И.Лобач, М.С.Михайлова, Л.Ф. ызенкова, В.П.Новиков, А.А.Стороженко, И.С.Чанышев. Отв. редактор Б.И.Беневольский, С.С.Вартанян. — М.: ЦНИГРИ. 2002. 182 с. 54 илл. 28 табл., ISBN 5-85657-112-6
52. *Мигута А.К.* Состав и парагенетические минеральные ассоциации урановых руд Эльконского района (Алданский щит, Россия). Геология рудных месторождений. 1997. Т. 38. №4. С. 323-343.
53. *Мигута А.К.* «Урановые месторождения Эльконского рудного района на Алданском щите.» Геология рудных месторождений 43, № 2 (2001): 73-79.
54. *Миронюк Е.П., Мошкин В.И.* Мезозойские магматические комплексы Алдано-Станового кристаллического массива. Тезисы докл. I Сибирского петрографического совещания. Л.: Недра, 1966.
55. *Миронюк Е.П., Тимашков А.Н., Чухонин А.П. и др.* Хронологические исследования фундамента Сибирской платформы // Региональная геология и металлогения. 1996. №5. С. 98–110.
56. *Назаров С.А.* Золотосодержащий уранинитовый тип оруденения Эльконского горста, его состав и условия образования: дис. ...: канд. геол.-минер. наук. Москва, 2010.
57. *Наумов С.С., Шумилин М.В.* Урановые месторождения Алдана // Отечественная геология. 1994. № 11-12. С. 20-23.
58. *Никтин А.А., Петров А.В., Зиновкин С.В.* Развитие статистических приемов обработки и интерпретации геофизических полей в компьютерной технологии КОСКАД 3D //Изв. вузов. Геология и разведка. 2007. №6. С. 68 – 73.

59. *Об изменениях браннеритовой минерализации в гидротермальных рудопроявлениях* – «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1972, №6, с. 89-92. Авт.: Я.Д. Готман, В.М. Полякова. А.К. Мигута и др.
60. *Овчинников Л.Н.* Примерная геохимия. – М.: Недра, 1990. – 348 с.
61. *Парфенов Л.М. Кузьмин М.И.* Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001, 571 с.
62. *Пилипенко Г.Н.* О связи золотой и урановой минерализации Эльконского горста с прилежащих к нему районов (Центральный Алдан) и некоторых их генетических особенностей: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Москва, 1969 г.
63. *Пилипенко Г.Н., Бойцов В.Е., Солодов Н.А.* Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов/ Под ред. Оганесяна Л.В. – М.: НИИ-ПРИРОДА, 1999. – 220 с.
64. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Рекомендации межинститутской рабочей группы Роснедра / Под редакцией А.И. Кривцова; составители: Беневольский Б.И. (руководитель), Аксенов Е.М., Блинова Е.В., Ваганов В.И., Вартамян С.С., Голенев В.Б., Конкина О.М., Куторгин В.И., Логвинов М.И., Машковцев Г.А., Мигачев И.Ф., Микерова В.Н., Руднев В.В., Ручкин Г.В. – М.: ЦНИГРИ, 2010. – 95 стр., 8 табл., 10 ил.
65. *Смелов А.П., Зедгенизов А.Н., Тимофеев В.Ф.* Алдано-Становой щит// Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: Наука/ Интерпериодика, 2001. С. 81-104.
66. *Средние химические составы магматических горных пород.* Богатилов О.А., Косарева Л.В., Шарков Е.В.: Справочник. – М.: Недра, 1987 – 152 с.
67. *Терентьев В.М. Казанский В.И.* Эльконский урановорудный район на Алданском щите // Региональная геология и металлогения, №8, 1999, С. 47-58
68. *Терехов А.В.* Рудоносность гидротермально-метасоматических образований эльконского золото-урановорудного узла (Южная Якутия): дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Санкт-Петербург, 2012 г. – 223 с.

69. *Тумаева Н.А.* Ядерная геохимия. Учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: МГУ, 2000 – 336 с.
70. *Brown G.S.* Econ. Geol., 57, No.5, 673 1962
71. *Donna L. Whitney and Bernard W. Evans.* Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist, Volume 95, pages 185–187, 2010
72. *Franz J. Dahlkamp.* Uranium Deposits of the World. Asia. Springer. 2009.
73. *Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B.* A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram // J. of Petrology. 1986. V. 27. P. 745-750.
74. *Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Magmatism in the oceanic basins (Saunders A.D., Norry M.J. Eds), Geol. Soc. Spec. Publ. №42. 1989. P. 313-345.

#### Фондовая

75. *Бирюков Е.И.* Геологическое строение и полезные ископаемые Верхнеякутской структуры Центрально-Алданского района. Отчет Верхнеякутской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1:50 000 на листах О-51-60-В, Г; О-51-72-А, Б, В, Г и общих поисков золота в бассейнах рек Якокит, Лев. Ыллымах, Бол. Нимныр за 1992-1999 г.г. (в 3-х кн. и 2-х папках). Ф. ГГП. «Алдангеология», 1999.
76. *Воробьев К.А., Курбатов А.В.* Объяснительная записка к Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200 000, Издание Второе, Серия Алданская, Лист-О-51-ХП. – Санк-Петербург: ГУГП «Алдангеология», 2000.
77. *Воробьев К.А., Шумбасова К.А.* Объяснительная записка к Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200 000, Издание Второе, Серия Алданская, Лист-О-51-ХП. – Санк-Петербург: ГУГП «Алдангеология», 2001.

78. *Грязнов В.П., Осадченко Н.Л., Абрамов Ю.А., Парфенов В.В.* Отчет Акин-ской партии № 64 по обобщению геологических материалов за 1963-1969 г.г. «Основные закономерности локализации уранового оруденения и перспективы рудоносности бассейна р. Курунг». пос. Заречный 1971 г.
79. *Губкин М.П., Подкопаев В.А.* Отчет о геолого-съёмочных работах масштаба 1:50 000, проведенных Эльконской партией в 1961-1963 г.г., на листах О-52-37-В, Г и О-52-49-А, Б, В, Г. В 1 т. // Фонды ГПП «Алдангеология», 1964 г.
80. *Зверев Н.М., Константинов М.Д. и др.* Геологическое строение и рудоносность Эльконского урановорудного района (Отчёт Центральной геологической партии № 71 по теме № 20). В 3-х томах. Ф. ГПП «Алдангеология», 1975.
81. *Казьмин С.В., Манахов С.В., Зеленцова И.А., Цыганов В.И. и др.* Отчет о результатах поисковых работ на золото за пределами развития комплексных золото-урановых руд месторождений Эльконского горста (Республика Саха (Якутия)) за 2006-2007 г.г. (Эльконская партия). – Якутск: ГУ ГПП РС(Я) «Якутскгеология», 2007 г.
82. *Каменцев М.В.* Оценка прогнозных ресурсов рудного золота Южной Якутии на территории деятельности ГУГПП «Алдангеология» по состоянию на 01.01.1998г. Ф. ГПП «Алдангеология», 1997.
83. *Максимов Е. П., Карелин В. В., Уютов В. И.* Мезозойский щелочной-субщелочной магматизм Алдана и оруденение (Отчет по теме «Серии мезозойских щелочных и субщелочных пород Алдана и их рудная специализация»). Ф. ГПП. «Алдангеология», 1974.
84. *Малков Л.Н. и др.* Материалы по контрольно-увязочным маршрутам, проведенным на площади листа О-52-ХІІІ в 1959-1960 г.г. Ф. «Сахагеолфонд», 1960.
85. *Молчанов А.В.* Металлогения урана Алданского и Анабарского щитов // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. СПб, 2004. Фонды ФГУП «ВСЕГЕИ».
86. *Молчанов А.В.* «Прогнозно-поисковые работы масштаба 1:50 000 на основе комплексного петрографо-геохимического изучения гидротермально-метасоматических образований и их геохимических особенностей в пределах

Эльконского рудного узла на площади 400км<sup>2</sup>». Информационный геологический отчет о результатах работ за 2009 год по Договору-подряда с ГУ ГПП РС (Я) «Якутскгеология» №6/2008 от «7» мая 2008 г.» ФГУП «ВСЕГЕИ» №820. Санкт-Петербург 2009 г.

87. *Мякишев А.И., Кислый А.И.* «Отчет Эльконской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1:50 000 проведенного в 1994-1999 г.г. на территории Эльконского горста. Листы О-51-48-Г, О-52-37-В, О-51-60-А,Б, О-52-49-Г.» ГПП "Алдангеология", 1999.

88. *Ракитин Ю.С., Мороз В.А.* Отчёт об оценке перспектив ураноносности Алданского щита по результатам специальных работ, проведенных Приленским ПГО в период 1960-1985 г.г. по геологическому заданию №71-63. Ф. Таежной геологической экспедиции, 1986.

89. *Тарханов А.В. и др.* Заключительный отчет по теме 453-С<sub>8</sub> «Анализ геологических материалов по Эльконскому урановорудному району Алдана, создание технологий переработки комплексных золото-урановых руд ранее выделенных первоочередных участков Курунг и Эльконское плато и новых участков для последующего освоения». В 2-х т. ГУП ВНИИХТ. Ф. ГПП «Алдангеология», 2001.

90. *Терентьев В.М.* Закономерности размещения уранового оруденения в активизированных областях древних платформ (Сибирская платформа, ее обрамления и другие регионы) // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, Фонды ФГУП «ВСЕГЕИ», Ленинград, 1982 г.

91. *Терентьев В.М., Кудрявцев Б.Е., Рудник В.А., Радишевский В.И.* Отчет о поисково-тематических работах Скалистой партии в 1961 г. в бассейне р. Русской (Эльконскийгорст) и в пределах хребта Кет-Кап // Фонды ФГУП «ВСЕГЕИ», Ленинград, 1962 г.

92. *Угрюмов А.Н., Карелин В.В., Уютов В.И. и др.* Отчёт: «Металлогеническая карта Центрального Алдана масштаба 1:50 000 (специализированная на золото мезозойской металлогенической эпохи)». Металлогеническая партия. 1974-1978 г.г. В 2-х томах. Ф. ГПП «Алдангеология», 1978.

93. *Утробин Д.В., Воробьев К.А.* Отчет о результатах геологического доизучения ранее заснятых площадей масштаба 1:200 000 и подготовки к изданию Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (новая серия) территории листов О-51-ХVIII, О-52-VII, О-52-ХIII(в 4-х книгах и 4-х папках). – Алдан.: ГУГП «Алдангеология», 2004.
94. *Утробин Д.В., Максимов Е.П., Хотина Е.Б.* Объяснительная записка к легенде Алданской серии листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе). Ф. ГПП «Алдангеология», 2000.
95. *Утробин Д.В. Шевченко В.И. Воробьев К.А. Шумбасова Г.А.* Объяснительная записка к государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Алданская. Лист О-52-VII (Томмот). ГУГПП «Алдангеология», СПб, 2002 г.
96. *Энтин А.Р. и др.* Отчет о геологосъемочных работах масштаба 1:50 000 на листах О-52-50-А, Б, В, Г; О-52-61-А, Б; О-52-62-А, Б, В, Г, проведенных Северо-Тимптонской и Алдано-Тимптонской партиями в 1959 и 1960-1963 г.г. Ф. ГПП «Алдангеология», 1964.