

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Колесник Александр Юрьевич**

**Прогнозная оценка участка «Шардозёрский» на основе шлихового и  
донного опробования**

Выпускная квалификационная работа бакалавра

«К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:  
доцент, к.г.-м.н И.К. Котова

  
\_\_\_\_\_ 2016  
« 20 » *мал*

Заведующий кафедрой:  
к.г.-м.н., доц. И.А. Алексеев

  
\_\_\_\_\_ 2016  
« 20 » *Мая*

Санкт Петербург

2016

## Содержание

Введение .....	3
Глава 1. Экономико-географическая характеристика участка исследований .....	4
Глава 2. Геологическая характеристика юго-восточной части Балтийского щита.....	7
2.1 Стратиграфия .....	8
2.2 Магматизм .....	13
2.3 Тектоника.....	14
2.4 Металлогения .....	16
Глава 3. Геолого-петрографическая характеристика участка «Шардозёрский».....	18
Глава 4. Результаты шлихового опробования участка «Шардозёрский» .....	28
4.1 Методика исследований .....	28
4.1.1 Методика полевого шлихового опробования.....	28
4.1.2 Методика лабораторных исследований .....	28
4.2 Минеральный состав шлихов участка «Шардозёрский».....	29
4.3 Шлихогеохимические ассоциации участка «Шардозёрский».....	33
Глава 5. Характеристика донных отложений участка «Шардозёрский».....	35
5.1 Методика исследований .....	35
5.2 Геохимические ассоциации донных отложений участка «Шардозёрский» .....	35
Глава 6. Интерпретация результатов.....	38
6.1 Интерпретация результатов ФА на основе шлихогеохимических и шлихоминералогических данных.....	38
6.2 Интерпретация результатов ФА на основе данных спектрального анализа донных проб .....	42
Заключение.....	44
Список литературы.....	45
Приложения.....	47

## **Введение**

Данная работа выполнена по материалам, собранным при участии автора в период прохождения летней производственной практики в составе геолого-съёмочной партии АО «СЗПГО» в рамках проекта ГДП-200 «Шардозёрская площадь» (Онежский район, Архангельская область).

Актуальность данной работы заключается в том, что до сих пор существует необходимость изучения строения юго-восточной части Балтийского щита с использованием методик шлихового и донного опробования, т.к. значительная часть этого региона покрыта мощным плащом четвертичных отложений, скрывающим пока неизвестные геологические структуры и месторождения полезных ископаемых.

### *Цели и задачи работы*

**Цель:** Показать возможность использования шлихового и донного опробования при высокой мощности четвертичных отложений для составления прогнозных заключений

#### **Задачи:**

- изучить геологию структуры Ветреный Пояс на основе фондовых материалов
- выявить минеральные и геохимические ассоциации шлихов и установить закономерности их проявления на площади
- изучить петрографию и минераграфию пород коренных источников сноса в одном из водотоков
- выявить геохимические ассоциации донных отложений
- составить прогнозную схему участка

#### *Фактический материал:*

- 95 шлиховых проб
- 101 донная проба
- Образец вендского конгломерата устьпинезской свиты
- Образец метасоматически изменённого базальта свиты Ветреный Пояс
- а также: геологическая карта листа Р-37-IX «Шардозёрская площадь» м-ба 1:200000, карты шлихового и донного опробования

## Глава 1. Экономико-географическая характеристика участка исследований

**Административная принадлежность территории работ.** Территория участка «Шардозёрский» находится в северной части листа Р-37-IX, расположенного в Плесецком и Онежском районах Архангельской области. Участок расположен между реками Кожа и Онега, примерная площадь участка составляет 700 км<sup>2</sup> (Рис.1-1).

Инфраструктура территории развита слабо. Через территорию листа проходят пути сообщения местного значения: грунтовые автодороги, связывающие небольшие поселки, находящиеся на площади листов с районным центром – городом Плесецк, а также сеть сезонных лесовозных дорог, большая часть которых не является проезжими. Местность вне дорог труднопроходима для всех видов механического транспорта в основном из-за озёр и болот, каменистых гряд, скоплений валунов. Многие мосты через водные преграды разрушены или находятся в ветхом состоянии, так как были построены как временные сооружения для вывоза леса.

На листе Р-37-IX проезжие дороги отсутствуют полностью – только в западной части листа есть сеть зимних лесовозных дорог, которые летом для колесного транспорта непроходимы.

**Населённые пункты** немногочисленны и расположены к югу от листа Р-37- IX, главным образом по берегам реки Кены и по побережью Кенозера. Крупные населённые пункты электрифицированы, мобильная связь есть только в районе Кенозера – на самом юге исследуемой территории.

**Гидрография.** Водоразделом для рек на территории исследований является структура Ветренный Пояс. Важной особенностью речной сети является её геологическая молодость. Современная речная сеть, как и рельеф, формировались под воздействием наступления льдов при оледенении и трансгрессией моря в межледниковые периоды. и характер питания рек смешанный. Питание происходит за счет атмосферных осадков, болотных вод, а также за счёт перетока подземных вод.

*Реки* относятся к бассейну реки Онеги (левый берег). Они являются типичными равнинными реками и лишь на склонах Ветреного пояса течение рек убыстряется, появляются порожистые участки. Для них характерны широкие заболоченные пойменные луга.

На территории работ расположено множество *озёр*. Большинство озёр занимают оставленные ледником впадины рельефа и только самые крупные из них лежат в котловинах, образовавшихся в доледниковый период (озёра Кожозеро, Шардозеро, Ундозеро).

Кроме того, в пределах района работ множество *болотных озёр*, являющихся

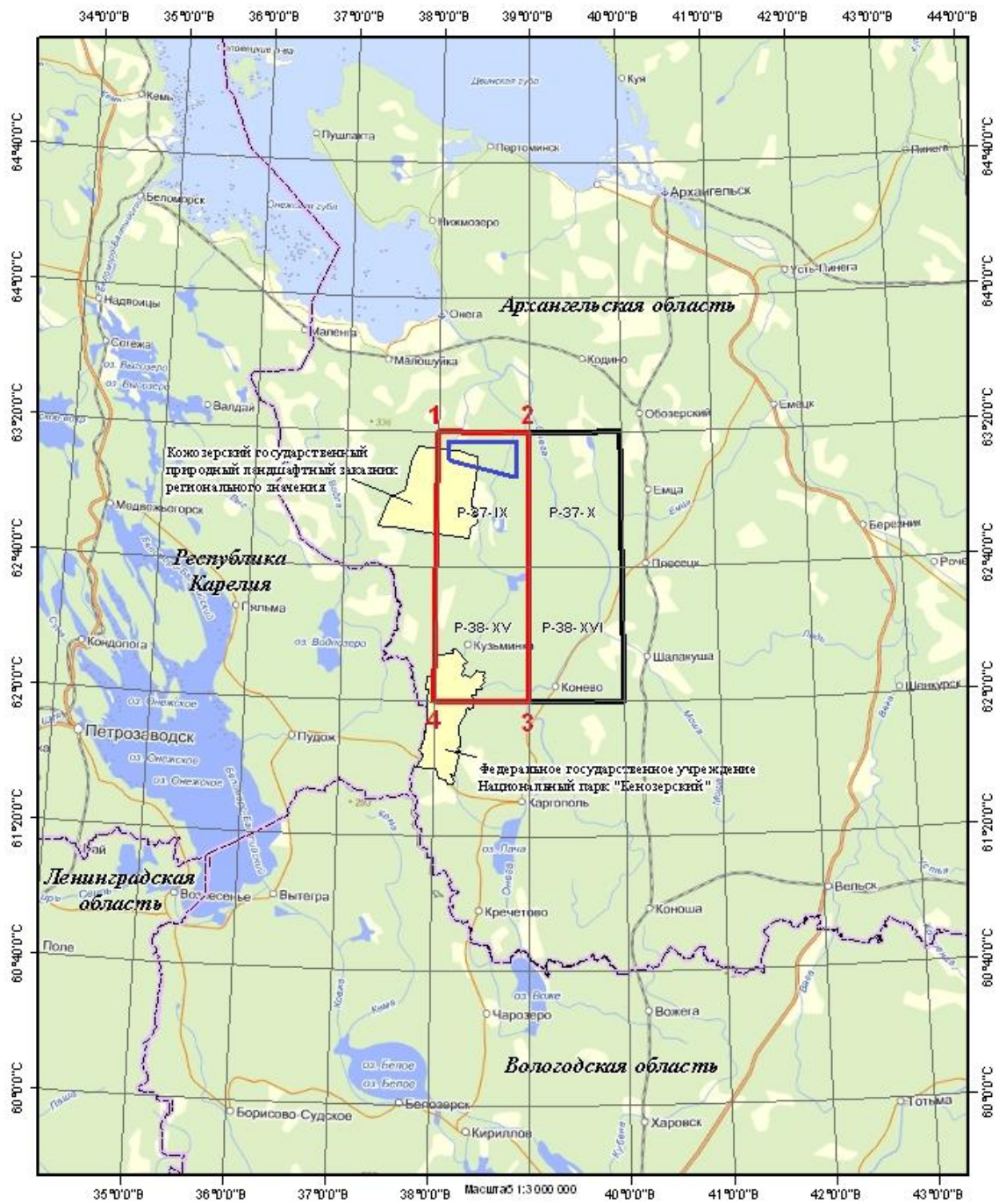
остатком существовавших ранее, но затем заболотившихся больших ледниковых водоёмов, а также вторичных болотных озёрков, сформированных в процессе развития болот, занимающих пониженные участки между невысокими возвышениями.




*Болота* подразделяются на низинные, верховые и переходные. Низинные болота приурочены к понижениям рельефа: ложбинам, котловинам на водоразделах, долинам рек, берегам озёр. Верховые болота развиты на плоских водоразделах, террасах, вершинах холмов и возвышенностях. Конфигурация и размеры болот тесно связаны с рельефом, среди которого они распространены. Мощность торфа крупных болот достигает 8-12 м. Болотам принадлежит важная роль в формировании аккумулятивных биогенных форм рельефа. Болота служат биохимическим барьером по пути миграции обогащенных металлами подземных и поверхностных вод, что приводит к увеличению их концентрации в гумусовых отложениях.

*Климат района* работ умеренно-континентальный, суровый. Зима продолжительная и холодная, лето прохладное и короткое, преимущественно дождливое. Рассматриваемая территория расположена в зоне избыточного увлажнения. Погодные условия неровные. Воздушные массы с Атлантики, приносящие ненастную погоду с облачностью и осадками. Летом с ними связаны холодная дождливая погода, зимой – ослабление морозов и оттепели. Вторжение сухих настывших над континентом воздушных масс из Сибири (в зимний период) и Арктики приводят к резкому снижению температур воздуха.

По типу *растительности* восточная часть Балтийского щита относится к таёжной зоне, подзоне северной тайги, для которой характерно выраженное преобладание хвойных лесов из ели и сосны. Мягколиственные породы: берёза, осина, ива встречаются в составе смешанных лесов, хотя и отличаются хорошим ростом, не выходят за пределы примеси. Участки, на которых преобладают березняки, осинники, ольшаники незначительны и располагаются вдоль дорог, по берегам водоёмов. Лес большей частью заболочен, замусорен валежником и буреломом; на сухих местах лес светлый, сосновый, подлесок отсутствует, преобладают ель, сосна, с примесью берёзы, осины и ольхи.

Информация об экономико-географической характеристике участка исследований предоставлена А.А. Пестриковым (АО «СЗПГО»).



-  Граница Шардозёрской площади
-  Граница Средне-Онежской площади
-  Граница участка «Шардозёрский»

Координаты угловых точек Шардозёрской площади (7616,2 кв.км)	
1	63°20'00" с.ш. 38°00'00" в.д.
2	63°20'00" с.ш. 39°00'00" в.д.
3	62°00'00" с.ш. 39°00'00" в.д.
4	62°00'00" с.ш. 38°00'00" в.д.

Рис. 1-1. Схема расположения участка «Шардозёрский»

## Глава 2. Геологическая характеристика юго-восточной части Балтийского щита

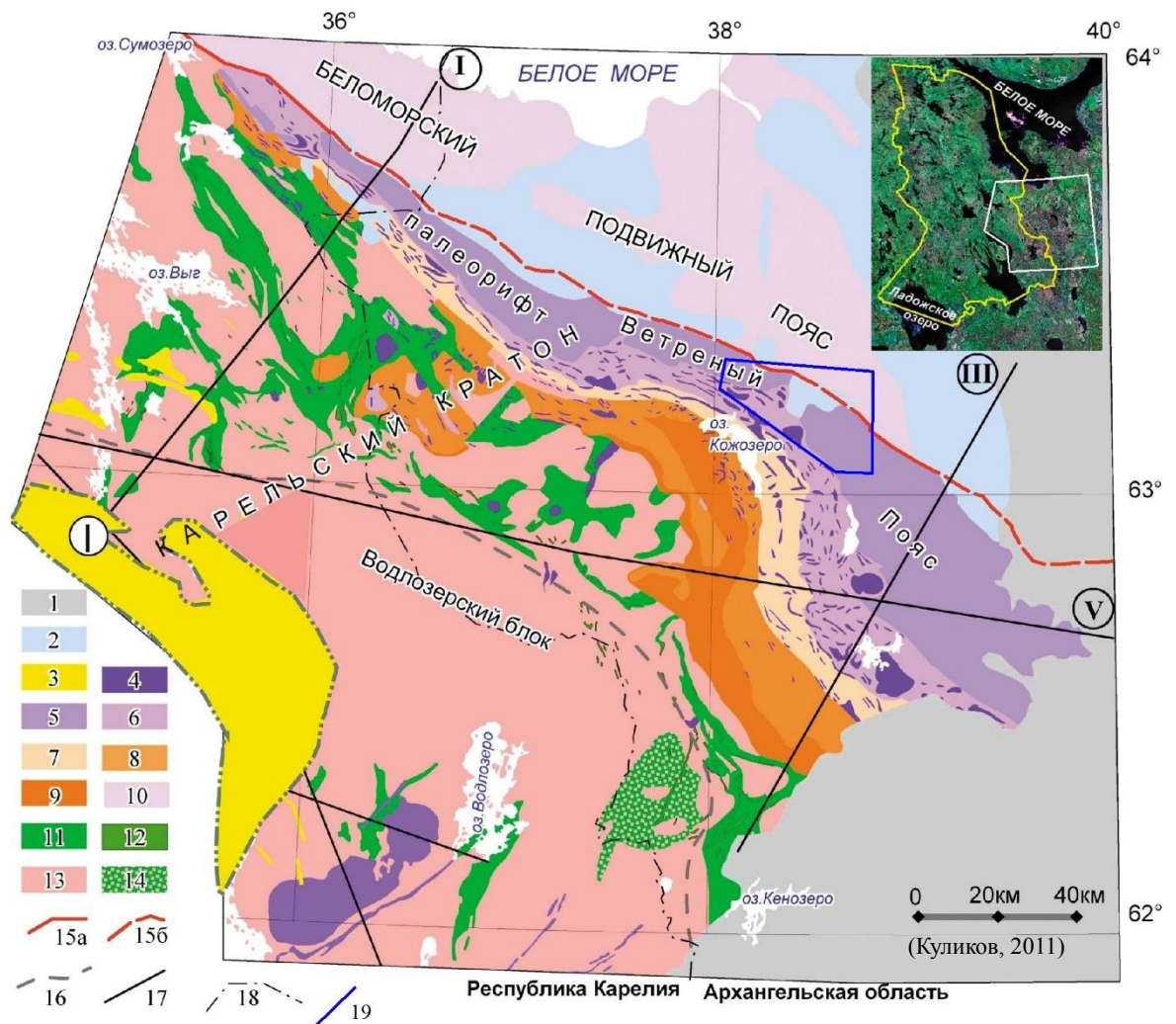


Рис.2-1 Геологическая карта юго-восточной части Балтийского щита

1 – Палеозойские отложения; 2 – Вендские отложения; Палеопротерозой (3-9): 3 – ятулийские и людиковийские отложения, 4 – сумийские расслоенные интрузии, силлы и дайки, 5 – коматииты свиты Ветреный Пояс, 6 – виленьгская и калгачинская свиты, 7 – кожозёрская свита, 8 – киричская свита, 9 – токшинская свита; Архей (10-14): 10 – беломорская серия (гнейсы, парагнейсы, амфиболиты), 11 – вожминская серия (коматииты, базальты, риодациты, кремнистые метаосадки), 12 – лопийские ультрамафит-мафитовые интрузии, 13 – ТТГ, амфиболиты, 14 – волоцкая свита (метакоматииты, амфиболиты); 15 (а,б) – Северный разлом (а), б – то же под палеозойским чехлом. 16 – СЗ граница Водлозёрского блока. 17 – линии сейсмических профилей, 18 – административная граница, 19 – примерный контур участка Шардозёрский.

## 2.1 Стратиграфия

На территории юго-востока Балтийского щита можно выделить 4 геологических комплекса:

- Архейский (с двумя подкомплексами: саамским и лопийским)
- Палеопротерозойский сумий-сариолиский
- Палеопротерозойский ятулийско-людиковийский
- Вендско-фанерозойский

**Архейский комплекс** представлен в виде двух крупных массивов: Беломорского подвижного пояса (БПП) на севере и Карельского массива в центре и на юге.

На территории *Карельского массива* к **саамию** относится амфиболит-диорит-тоналит-гнейсовый комплекс, объединяющий наиболее древние составляющие гранитоидных блоковых структур. Стратотипом саамского комплекса предложено рассматривать волоцкую свиту мощностью около 3 км, выделенную в пределах Водлозёрского блока. В её составе преобладают вулканиты базальтоидного состава, которые неоднократно были преобразованы в условиях, достигающих гранулитовой фации, и превращены в амфиболиты. Подчинённая в объёме осадочная часть разреза сейчас представлена биотитовыми гнейсами (водлинская толща). Этот комплекс пород прорывается телами и дайками ультрабазитов и тоналитов. Вследствие наложения на породы комплекса процессов метаморфизма породы подверглись интенсивной милонитизации (Ершов, 2010).

*Беломорский подвижный пояс* представлен архейскими гнейсами и гранито-гнейсами, амфиболитами или сланцами с мусковитом, амфиболом, биотитом, тёмно-серыми, иногда гранатсодержащими, инъецированными мигматитами (Ершов, 2010).

Образования *лопийского возраста* с угловым несогласием залегают на амфиболит-диорит-тоналит-гнейсовом саамском комплексе Карельского массива и со структурным несогласием перекрыты отложениями нижнего протерозоя.

К **лопийскому комплексу** Карельского массива относятся осадочно-вулканогенные образования верхнеархейских зеленокаменных поясов: Сумозёрско-Кенозёрский, Южно-Выгозёрский и Маткалахтинский. Они простираются в северо-западном направлении и представлены в современном эрозионном срезе серией локальных реликтовых структур. Для них характерно преобладающее развитие в разрезах вулканитов базальтового, андезитового и коматиитового состава с подчиненным количеством осадков (вожминская серия). (Ершов, 2010) (Куликов, 2010)



В разрезе **лопия** в пределах изученной территории выделяются стратифицированные образования - раннелопийский терригенный ( $AR_2lp_1$ ) и верхнелопийский осадочно-вулканогенный ( $AR_2lp_2$ ) комплексы, а также лопийский магматогенный комплекс. В составе последнего насчитывается шесть интрузивных комплексов: гипербазитовый, габбро-диабазовый, нерасчлененный гранитоидный, мигматит-плагиогранит-гранитный, комплекс гранитоидных даек и высокотитанистый габбро-перидотитовый комплекс. (Ершов, 2010)

Породы **палеопротерозойских** комплексов расчленены более детально, чем архейские, в них выделяется значительное количество свит, а иногда и подсвиты.

*Сумий-сариолийский комплекс* палеопротерозоя на территории юго-востока Балтийского щита представлен в известном крыже Ветреный Пояс, а ятулий-людиковский – в Северо-Онежском синклинии.

**Сумий-сариолийский комплекс** раньше не выделялся, а объединялся с ятулийско-людиковским, т.к. считалось, что комплексы пород, представленные в крыже Ветреный Пояс, являются разновозрастными аналогами суйсарской свиты Онежской структуры. Но сейчас единичными датировками показано, что состав вулканитов и изотопный возраст данных свит отличаются: преобладающий коматиитовый магматизм в структуре Ветреном Поясе и толеит-пикритовый в Онежской структуре; изотопный возраст пород, соответственно, 2.5 - 2.4 и 2.3 – 1.95 млрд лет. (Куликов, 2010)

Разрез сумия мощностью до 6 км описан в структуре Ветреный Пояс, где выделено 6 свит (снизу-вверх):

- токшинская (терригенная): серицит-кварцевые, кварц-сланцевые и другие метаморфические сланцы по аркозовым песчаникам, алевролитам, кварцито-песчаникам, реже – туфопесчаникам, конгломератам

- кирпичная (или тунгудская, базальт-андезиобазальтовая): метаморфические сланцы по базальтам и коматиитам, андезито-базальтам, андезито-дацитам с прослоями метатуфопесчаников

- калгачинская: метаконгломераты на туфопесчаном цементе, песчаники, зелёные сланцы

- кожозёрская (базальт-карбонатная): свита, представлена метаморфизованными и рассланцованными крупнозернистыми аркозовыми гравелитами, песчаниками, редко встречаются метасоматические мусковитовые кварциты. Встречаются прослои известняков, доломитов. В районе оз. Кожозеро на п-ве Монастырский известно не менее 5 лавовых потоков metabазальтов, разделённых горизонтами осадочных пород.

На контакте с интрузиями карбонатсодержащие сланцы превращены в кальцифиры (Ершов, 2010)

Породы кожозёрской свиты преобразованы процессами метаморфизма в условиях зеленосланцевой фации метаморфизма. Нередко на породы накладываются процессы лиственит-березитового метасоматоза, контролируемые глубинными разломами.

- виленгская (терригенная турбидитовая): чёрные и тёмно-серые углеродистые метапесчаники, метаалевролиты и сланцы по аргиллитам (филлиты). В подчинённом количестве в разрезе присутствуют сланцы по туфам основного состава и линзовидные пласты кремнистых пород. Характерная особенность разреза свиты – четкая двух-трёхчленная ритмичность флишоидного типа. Отмечаются горизонты метатуфов основного состава и тела метадиабазов

- свита Ветреный Пояс (коматиитовые базальты): потоки пироксеновых, оливиновых, толеитовых базальтов, коматиитов высоко- и низкомагнезиальных, диабазов, редко – андезитов. В областях развития прениит-пумпеллиитовой и зеленосланцевой фаций метаморфизма лавы приобретают палеотипный облик (Ершов, 2010)

Стратиграфия Ветреного Пояса ещё не полностью изучена, многие контакты свит известны лишь по геофизическим данным. Много вопросов вызывает положение калгачинской свиты. Разными исследователями предлагается её положение между кожозёрской и виленгской свитами (Куликов В.С.), между кожозёрской и киричской (Межеловский А.Д.) или как подстилающую киричскую (Гриб В.П.). В.А. Перевозчиковой показано, что в ядре структуры Ветреный Пояс эта свита выпадает и, видимо, присутствовала лишь в межгорных впадинах, также выдвигается предположение, что образования калгачинской свиты и вовсе могут быть более поздними чем свиты Ветреный Пояс. Согласно отчёту А.И. Зудина, скважиной вскрыт контакт, в котором киричская свита подстилает калгачинскую, при этом наблюдается слабое угловое несогласие, а согласно отчёту Л.А. Ершова по скважинным данным известен контакт между кожозёрской и киричской свитами, что подтверждает выпадение калгачинской свиты на некоторых участках.

Акротема	Эпитема	Комплекс	Надгоризонт	Колонка	Мощность, м	Характеристика пород
Протерозой	Нижний (Карелий)	Карельский	Сумийский		до 4000	Свита ветреного пояса. Коматииты, коматиитовые базальты, туффиты среднего и основного состава. Sm-Nd возраст 2410 млн. лет (Пухтель и др., 1997).
				1200–1500	Виленгская свита. Переслаивание песчаников, алевролитов, глинистых и кремнистых сланцев.	
				400-600	Кожозерская свита. Строматолитовые доломиты, мергели, мраморизованные известняки, туффиты. В основании слюдяно-кварцевые сланцы и аркозовые песчаники.	
				250	Калгачинская свита. Конгломераты с аргиллитовым или алевролитовым цементом.	
				700–1000	Киричская свита. Андезиты и Андезибазальты с прослоями туфов. В основании коматиитовые базальты. Sm-Nd возраст 2437 млн. лет (Пухтель и др., 1997).	
				300–1500	Токшинская свита. Кварциты, аркозовые песчаники, кварцевые гравелиты, полимиктовые песчаники. В основании полимиктовые конгломераты.	
Архей	Верхний	Лопийский			более 2000	Осадочно-вулканогенная толща (вожминская серия): коматииты, коматиитовые базальты, базальты, андезидациты с прослоями туфового материала. Sm-Nd возраст около 3000 млн. лет (Лобач-Жученко и др., 2000)
				более 3500	Орто- и парагнейсы, плагиогнейсы, амфиболиты, кристаллические сланцы. В разрезе БПП – гнейсы тоналит-тройдемит-гранодиоритового состава.	
	Нижний	Саамский				

Рис.2-2 Сводный разрез Ветреного Пояса и его обрамления (Межеловский, 2011)

В отношении положения других свит, представленных в структуре Ветреный Пояс, наблюдается единство мнений исследователей. Однако вопрос отнесения пород структуры к сумий-сариолийским или ятулий-людиковийским остаётся дискуссионным.

**Ятулийско-людиковийский комплекс** представлен в юго-западной части региона, где с несогласием перекрывает породы архейского и сумий-сариолийского комплексов. В пределах кряжа Ветреный Пояс ятулийско-людиковийские отложения не установлены.

Ятулий занимает доминирующее положение в Северо-Онежском синклинии как на суше, так и в акватории Онежского озера и подразделяется на сегозёрский (преимущественно терригенный) и вышележащий онежский (преимущественно карбонатный, доломитовый) горизонты.

Людиковий представлен толщей вулканогенно-осадочных пород,

перекрывающих существенно доломитовые отложения ятулия. Разрез представлен разнообразными терригенными, первично-глинистыми, кремнистыми и карбонатными породами, содержащими в той или иной мере органическое вещество. Здесь же широко развиты и магматические породы. В настоящее время людиковскийнадгоризонт объединяет два горизонта: нижний – заонежский и верхний – суйсарский. Суйсарский горизонт, состоит практически только из магматических образований разных фаций и раньше считался онежским аналогом свиты Ветренный Пояс. (Онежская..., 2011)

**Вендско-фанерозойский комплекс** представлен в восточной части описываемого региона, его породы относятся уже к плитному чехлу Восточно-Европейской платформы.

*Вендские отложения* субгоризонтально залегают в основании платформенного чехла и представлены устьпинезжской свитой ( $V_{2up}$ ). На исследуемой территории породы распространены по площади незначительно, видимая их мощность не превышает 100 м, на описываемой территории представляют лишь нижнюю часть разреза. Это красноцветные, большей частью, грубообломочные отложения - конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, аргиллиты

На р. Сывтуга (водопад Падун) отмечаются выходы конгломератов, хорошо сцементированных карбонатным веществом.

*Девонские отложения* франского яруса ( $D_{3fr}$ ) развиты в юго-восточной части Восточного участка и представлены алевролитами, песчаниками, глинами.

*Каменноугольные образования* развиты в восточной и юго-восточной частях региона. Нижний отдел представлен нерасчлененными алексинским, михайловским и веневским горизонтами ( $C_{1al-vn}$ ) визейского яруса, сложенными преимущественно терригенными породами (песчаники, алевролиты, глины) с прослоями известняков, бокситовых пород и карбонатными породами серпуховского яруса ( $C_{1s}$ ). Среднекаменноугольные образования представлены каширским ( $C_{2kš}$ ), подольским ( $C_{2pd}$ ) и мячковским ( $C_{2mč}$ ) горизонтами московского яруса. Сложены известняками, доломитами, в каширском горизонте - прослой известковистых и палыгорскитовых глин, мергелей. Верхний карбон сложен известняками, доломитами, мергелями касимовского ( $C_{3ks}$ ) яруса. (Ершов, 2010)

**Четвертичная система.** Неровная, сильно расчлененная поверхность пород кристаллического фундамента покрыта плащом четвертичных отложений, часто прорываемым выходами коренных пород на поверхность. Отложения представлены комплексом ледниковых, водно-ледниковых, озёрных, аллювиальных, биогенных образований. Мощности четвертичных отложений в пределах возвышенности

достигают 5-10 м, реже до 15-20 м, в палеодолинах до 40-120 м (Проскуряков, 1987) (Ершов, 2010).

Для четвертичного покрова характерна пестрота литологического состава и сильная изменчивость мощности, что обусловлено, в первую очередь, особенностями неровного строения дочетвертичного субстрата, а также неравномерностью ледниковой аккумуляции и процессами размыва в позднеледниковое время.

## 2.2 Магматизм

Проявления интрузивного магматизма относятся к четырём возрастным уровням – ранне-позднеархейскому, позднеархейскому (лопийскому), позднеархейско-раннепротерозойскому (лопийско-карельскому) и раннепротерозойскому (карельскому).

Нерасчлененный **ранне-позднеархейский гранитоидный комплекс ( $\gamma, \gamma\delta AR_{1-2}$ )**. Комплекс представлен сингенетическим рядом пород: существенно плагиоклазовые граниты, гранодиориты, диориты. Гранитоиды часто приурочены к тектоническим контактам их с амфиболит-диорит-тоналит-гнейсовыми глыбами архейского фундамента. Примерами массивов данного комплекса являются дифференцированные Водлозёрский и Токшареченский массивы. (Ершов, 2010)

**Лопийский мигматит-плагиогранит-гранитный комплекс ( $\gamma, \gamma\delta AR_2$ )**. К данному формационному типу отнесены гранитоиды, залегающие внутри зеленокаменных толщ лопийской палеорифтовой зоны, либо среди более древних гранитоидов.

В **лопийский дайковый гранитоидный комплекс ( $\rho AR_2$ )** объединены небольшие тела, жилы и дайки гранит-аплитов, аплитов, лейкократовых и пегматоидных гранитов. Пегматиты позднеархейского магматического комплекса образуют секущие, реже согласные жилы в породах саамского и лопийского возраста. (Ершов, 2010)

Завершается лопийский интрузивный комплекс проявлением **базит-гипербазитового** магматизма в объеме высокотитанистого габбро-перидотитового комплекса.

**Позднеархейско-ранне-протерозойский габбро-перидотитовый магматический комплекс ( $\sigma v AR_2-PR_1$ )** представлен, как правило, дифференцированными силлоподобными интрузиями, согласно залегающими в лопийских зеленокаменных образованиях. Интрузивные тела большей частью сложены габбро, габбро-пироксенитами, пироксенитами, перидотитами и характеризуются повышенной титаноносностью. Точки составов пород описываемого комплекса

концентрируются в полях, соответствующих образованиям толеитовой серии.(Ершов, 2010)

Интрузивный **магматизм раннего протерозоя** представлен телами перидотит-пироксенит-норитового, габбро-перидотитового, габбро-долеритового и гранитоидамигранодиорит-гранит-граносиенитового комплексов. Петрографический состав интрузивных образований раннепротерозойского возраста значительно разнообразнее архейских и включает гипербазиты от дунитов до плагиолерцолитов, габброиды от пироксенитов до кварцевых габбро, кварцевые диориты, гранодиориты, плагиограниты с дайковым комплексом спессартитов и гранофиров. В составе комплекса рассматриваются известные Бураковская и Пудожгорская интрузии.(Ершов, 2010)

### 2.3 Тектоника

Крупнейшие структуры фундамента в пределах юго-восточной части Балтийского щита – Карельский и Беломорский блоки, а также Северная, Центральная и Южная зоны глубинных разрывных нарушений предположительно мантийного заложения.

В пределах Карельского геоблока выделяются саамский ( $AR_1$ ), лопийский ( $AR_2$ ), карельский ( $PR_1$ ), вендско-палеозойский структурные этажи. В пределах Беломорского блока – саамский ( $AR_1$ ) и вендско-палеозойский (Канев, 2008).

I этаж (2,5 млрд. лет назад) – время образования архейского кристаллического ядра.

II этаж (1,8 млрд. лет назад) – окончательная консолидация фундамента, сильный метаморфизм, внедрение интрузий гранитов, базитов.

III этаж. В позднем протерозое, начиная с венда (0,6 млрд. лет назад) – начало платформенного этапа.

I. Саамский структурный этаж – это сочетание линейных, куполовидных, брахиформных складок, группирующихся в системы сопряженных антиклинальных структур главным образом северо-западного простирания.

Лопийский структурный этаж территориально расположен в пределах Сумозёрско-Кенозёрской мобильно - проницаемой зоны, характеризующейся значительным разнообразием существенно терригенных, осадочно-вулканогенных, магматических, метаморфических формаций, прорванных многочисленными интрузиями основного и кислого состава. Породы смяты в ассиметричные складки СЗ или субмеридионального простирания и разбиты многочисленными разрывными нарушениями. Выполняют узкие сопряженные жёлобообразные или широкие

мульдообразные локальные структуры: Оловозёрская, Сенегозёрская, Монастырская, Кожозёрская, Токшинская, Волошовская, Каменнозёрская, Кривоозёрская. (Канев, 2008)

II. Между лопийским и карельским (палеопротерозойским) этажами существует чёткое структурное и стратиграфическое несогласие.

В пределах карельского структурного этажа выделяется 5 подэтажей: сумийский, сариолийский, ятулийский, людиковийский, суйсарский. Внутри карелия между сариолием и ятулием также существует резкое несогласие в связи с тем, что в ятулии наступает протоплатформенный режим развития. В конце нижнего протерозоя происходит сочленение Карельского и Беломорского блоков, метасоматическая проработка основного объёма пород.

В сумий-сариолийское время происходит формирование рифтогенной(?) структуры Ветреного пояса. Возможно она представляет собой раздвиговой проторифт(?), образовавшийся в зоне растяжения (задуговой бассейн?). Соответственно наиболее отчетливо выражены продольные зоны разрывных нарушений в целом северо-западного простирания – Северная, Центральная, Южная. Менее четко выражены дизъюнктивные нарушения СВ простирания. В совокупности эти два направления простирания разрывных нарушений создают сегментно-блоковый структурный план территории. (Перевозчикова, 1974) (Канев, 2008)

III. Вендско-палеозойский структурный этаж – это платформенное образование. С вендской эпохой связано заложение или интенсивная активизация ранее существовавших разрывных нарушений СВ простирания. С этапом раннегерцинской тектономагматической активизации связано заложение или активизация разрывных нарушений субмеридионального простирания. Такие зоны без заметных смещений поверхности в фундаменте проявились в чехле вплоть до кайнозоя в виде зон повышенной трещиноватости. (Перевозчикова, 1974) (Канев, 2008)

Рельеф поверхности погребенной части кристаллических пород расчленен на отдельные выступы и впадины, частично сказывающиеся на характере напластования последующих осадочных пород – один из факторов в распределении бокситовых залежей на юго-восточном склоне Балтийского щита.

## 2.4 Металлогения

### *Архейский комплекс:*

В одной из скважин, пробуренных на Водлозёрском блоке, в зоне милонитизации гнейсов отмечен первичный ореол золота – 0,05 г/т. (Ершов, 2010)

Для архейских зеленокаменных поясов характерны рудопроявления пирит-пирротинового, пирит-магнетит-пирротинового и халькопирит-пирит-сфалеритового (колчеданного) типа в туфогенно-осадочных породах, а также медно-никелевые рудопроявления в ультрабазитах. (Металлогения..., 1982)

### *Палеопротерозойские комплексы:*

В породах токшинской, киричской и калгачинской свит известны редкие первичные ореолы золота с содержаниями от 0,07 до 0,5 г/т (Ершов, 2010).

Карбонатные толщи кожозёрской свиты иногда формируют скарны на контактах с силлами габбро-диабазов и перидотитов, однако о рудной минерализации в этих скарнах пока ничего не известно. (Металлогения..., 1982)

Отмечаемая в породах виленгской свиты убогая вкрапленность сульфидов свидетельствует о возможности обнаружения обогащенных сульфидами горизонтов (Ершов, 2010). Также выдвигались предположения о потенциальной ураноносности виленгской свиты, т.к. её толща слагается кремнисто-карбонатными и углеродистыми сланцами. Аналогичные предположения сделаны для кислых вулканитов и туфов киричской свиты и конгломератов калгачинской свиты (Канев, 2008).

В образованиях свиты Ветреный Пояс известно рудопоявление золота и серебра «Костеничное» с содержаниями: Au - 4.352 г/т и Ag - 1.041 г/т (Ершов, 2010).

Исследование протолочных проб базальтов данной свиты, отобранных в рамках проекта «ГДП-200 листов Р-37-IX и Р-37-XV» показало присутствие высокопробного золота с содержаниями от 0,0032 до 0,0075 г/т. Т.е. базальты свиты Ветреный Пояс обогащены самородным золотом, однако его концентрации недостаточны для промышленной обработки (Алексеев, 2015).

### *Палеозойский комплекс:*

На юго-востоке Балтийского щита выделяется Северо-Онежский бокситорудный район (СОБР). Известно четыре месторождения бокситов: Иксинское, Плесецкое, Дениславское и Треугольное. Установлены следующие закономерности размещения этих месторождений:

- стратиграфическая приуроченность бокситовых пород к нижней части визейского яруса



- залегание бокситов внутри континентальной красноцветной толщи глинистых пород
- близость вулканогенных пород Ветреного Пояса

Содержания в бокситах глинозёма: от 37% до 77%, кремнезёма: от 1,1% до 32%, окиси железа: от 1,2 до 39%. (Металлогения..., 1982)

Также по скважинам в одном из выступов фундамента известны латеритные коры выветривания по основным породам Карельского массива, сформировавшиеся в раннем карбоне. (Металлогения..., 1982)

Металлогения *интрузивных комплексов* на юго-востоке Балтийского щита изучена слабо, за исключением Бураковской и Пудожгорской интрузий с железо-титан-ванадиевой, медно-никелевой, золото-платинометалльной специализациями.

### Глава 3. Геолого-петрографическая характеристика участка «Шардозёрский»

Непосредственно на территории изучаемого участка в коренном залегании представлены породы двух структур: Беломорского подвижного пояса (БПП) и Ветреного пояса (ВП). Комплексы обеих структур перекрываются верхневендскими конгломератами и мощным чехлом четвертичных отложений. (см. Приложение №8)

#### **Беломорский подвижный пояс**

Беломориды выходят на дочетвертичную поверхность в бассейне рек Порса и Куруса, где представлены гнейсами и гранито-гнейсами, амфиболитами или сланцами с мусковитом, амфиболом, биотитом, тёмно-серыми, иногда гранатсодержащими, инъецированными мигматитами. Большинство исследователей предполагается их вулканогенно-осадочная природа. (Ершов, 2010)

Перекрываются породы амфиболит-диорит-тоналит-гнейсового комплекса терригенными отложениями верхнего венда.

#### **Структура Ветреный Пояс**

*Виленьгская свита* прослеживается вдоль юго-западного и южного склонов хребта Ветреный Пояс в виде полосы шириной 22 км в юго-восточном окончании до полного выклинивания в северо-западном. Контакты с подстилающей кожозёрской свитой преимущественно тектонические, с вышележащей свитой ВП – исключительно тектонические. Наибольшей мощности виленьгская достигает непосредственно на изучаемом участке (до 1,8 км), где по коренным выходам на р. Кожа и р. Виленьга установлен её стратотип (Бережной, 1992). Комплекс пород свиты: чёрные и тёмно-серые углеродистые метапесчаники, метаалевролиты и сланцы по аржиллитам (филлиты). В подчинённом количестве в разрезе присутствуют сланцы по туфам основного состава и линзовидные пласты кремнистых пород. Характерная особенность разреза свиты – четкая двух-трёхчленная ритмичность флишоидного типа. Отмечаются горизонты метатуфов основного состава и тела метадиабазов.

*Свита Ветреный Пояс.* Разрез свиты Ветреный Пояс сложен многочисленными потоками пироксеновых, оливиновых, толеитовых базальтов, коматиитов высоко-и низкомагнезиальных, диабазов, редко - андезитов. Мощность потоков от нескольких до первых десятков метров. Крупные потоки отчетливо дифференцированы. Центральные части потоков представлены полнокристаллическими долеритами, состоящими из моноклинного пироксена, основного плагиоклаза и небольшого количества оливина. В кровле потока обычно наблюдаются миндалекаменные, пузырчатые и шаровые текстуры. Между потоками изредка отмечаются маломощные (первые метры) туфогенные прослои. В областях развития прениг-пумпеллиитовой и зеленосланцевой

фаций метаморфизма лавы приобретают палеотипный облик (Ершов, 2010). Вблизи крупных разрывных нарушений породы свиты претерпевают мощные метасоматические изменения.

Базальты свиты ВП на территории изучаемого участка в районе водопада Падун интенсивно переработаны метасоматическими процессами и превращены в кварц-актинолитовый сланец (рис. 3-10 – 3-12); рудный парагенезис состоит из рутила и развивающегося по нему титанита; также было встречено единичное зерно микронного размера, предположительно являющееся халькопиритом. Содержание рудных минералов составляет около 1%.

*Верхневендские конгломераты усть-пинежской свиты* предположительно сложены обломками свиты Ветреный Пояс, виленьгской свиты и прорывающих их базит-гипербазитовых интрузий. При петрографическом исследовании обломков, представленных в конгломерате, было установлено, что они сильно изменены наложенными процессами, однако по вторичным минералам можно понять, что обломки имеют несколько разный состав: как основной, так и ультраосновной (рис.3-1 – 3-9).

При петрографическом изучении шлифа верхневендских конгломератов было установлено, что слагающие их обломки представлены метаморфизованными, а затем изменёнными вторичными процессами ультраосновными и основными породами.

Минераграфическое и микронзондовое исследование аншлифов верхневендских конгломератов, показало присутствие сходного рудного парагенезиса во всех обломках: титаномагнетит – рутил и развивающийся по ним титанит (лейкоксен).

Учитывая петрографический состав обломков, состав рудных парагенезисов и распространение конгломератов по площади, а также большую, по сравнению с другими свитами, мощность базальтов свиты Ветреный Пояс (до 4000 м), можно предположить, что конгломераты сложены обломками именно этой свиты. Содержание рудных минералов в обломках незначительное, варьирует в зависимости от обломка и составляет до 5% от объёма породы, в редких обломках содержание рудных минералов доходит до 10-15%.

*Интрузивные образования* изучены слабо; их основная масса сосредоточена в пределах виленьгской свиты, отчасти – в свите ВП. Тела представлены метаморфизованными габбро, габбро-диабазами и габбро-норитами, пироксенитами, диоритами, кварцевыми диоритами; перидотитами, серпентинитами. В некоторых отчётах также сообщалось о присутствии гранитной дайки в северо-западном углу

участка в районе оз. Кожозеро, однако в последней редакции геологической карты листа Р-37-IX эта дайка отсутствует.

Структуры Ветреный Пояс и БПП разделены глубинным разрывным нарушением («Северный разлом»), вблизи которого наблюдается сильная метасоматическая переработка пород (Перевозчикова, 1974), в случае со свитой ВП: базальт переработан в кварц-актинолитовый сланец с единичными микронными зёрнами сульфидов (халькопирит?).

В ходе собственных исследований автора были изучены 2 аншлифа и шлиф образцов верхневендских конгломератов, а также шлиф и аншлиф базальта свиты Ветреный Пояс. Образцы конгломератов и базальтов были отобраны на водопаде Падун (Онежский район Архангельской области), в зоне тектонического контакта структуры Ветреный Пояс и Беломорского подвижного пояса.

### **Характеристика пород по результатам петрографических исследований**

#### **Краткое описание шлифов**

#### **Вендский конгломерат (V<sub>2up</sub>)**

Центральную часть шлифа занимает крупный (0,8x1) см обломок округлой формы, состоящий из мелких зерен эпидота в призматических и изометрично зернистых агрегатах. Обломок хлоритизирован и разбит густой сетью мелких прожилок гематита. Первичный состав породы не удается установить, поскольку отсутствуют реликты. Можно предположить, что хлоритизация накладывалась на сильно серпентинизированную ультраосновную породу. Все обломки окатаны, степень окатанности можно характеризовать, как хорошую. Превалирующая часть обломков хлоритизирована и ожелезнена, с содержанием мелких зерен (0,1мм) и выделений неправильных форм магнетита.

Более мелкие обломки размером (0,5x0,2) мм, (0,5x1) мм имеют такой же эпидот-хлоритовый состав (30%). Наблюдаются обломки (10%) тремолитового состава. Минерал диагностируется по малому углу погасания и ярким цветам интерференции. Единичный обломок имеет фукситовый состав, минерал характеризуется прямым погасанием и зеленоватым цветом, что позволяет отчетливо отличить его от мусковита. Хлорит также отмечается в виде вытянутых лейст размерностью до 2 мм с типичными аномальными цветами интерференции и зональным погасанием.

Повсеместно отмечается окварцевание породы (10%) в виде мелких зерен (0,2-0,3мм) волнистого кварца, участки с крупными кристаллами карбоната (3x4) мм, биотит.

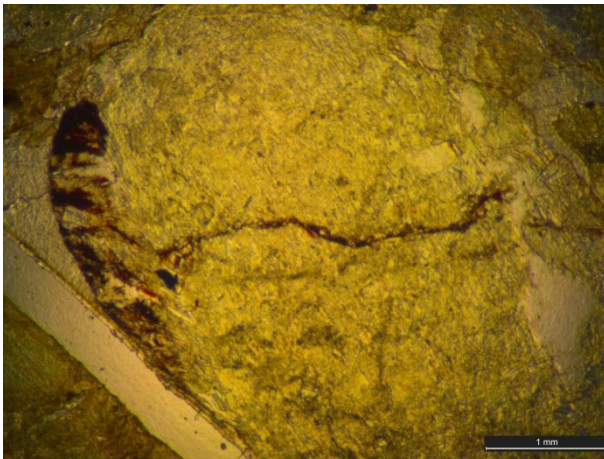


Рис.3-1 Окатанный обломок фукситового состава с гематитовым прожилком и мелкими зернами магнетита. Без анализатора. (Полоса в левом крайнем углу – канадский бальзам).

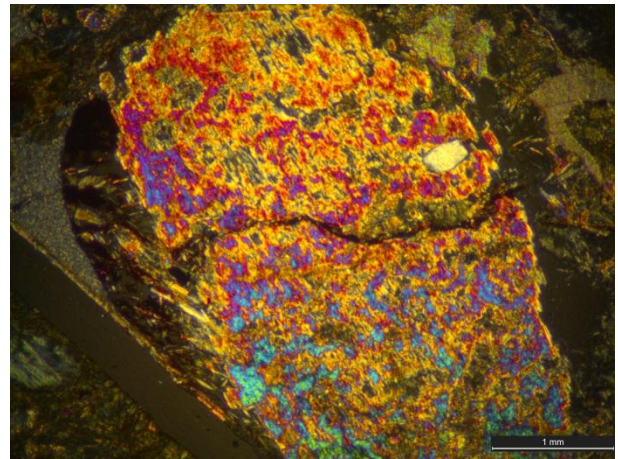


Рис.3-2. Окатанный обломок фукситового состава с гематитовым прожилком и мелкими зернами магнетита. С анализатором.

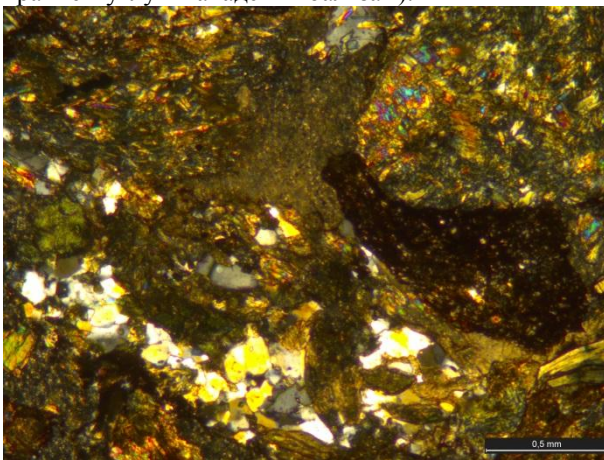


Рис.3-3. В нижней части фото мелкие зерна позднего кварца в эпидот-хлоритовой массе. Справа – обломок, полностью замещённый гидроокислами железа. С анализатором.

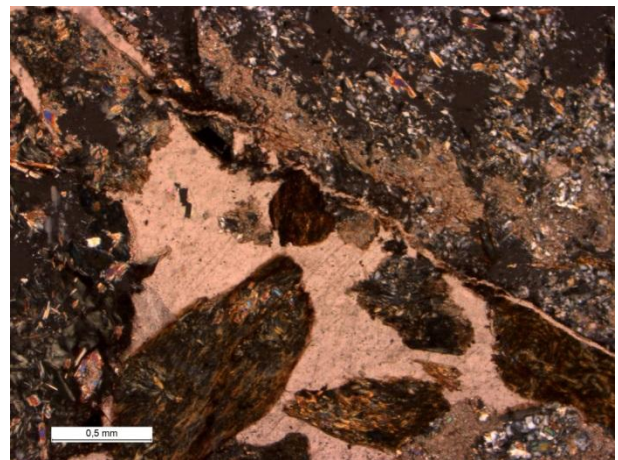


Рис.3-4. Ожелезненные обломки в карбонатном зерне. С анализатором.

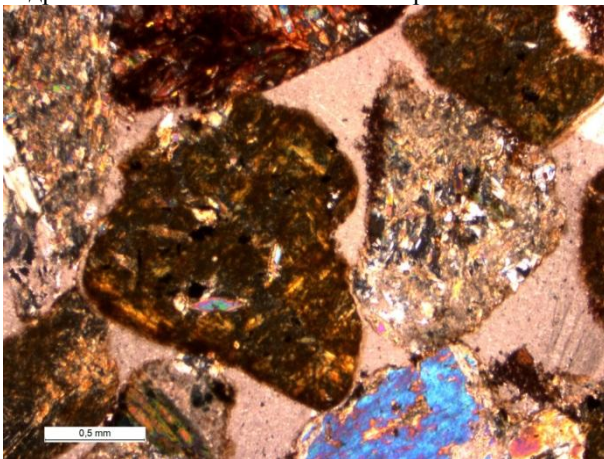


Рис.3-5. Ожелезненные обломки эпидот-хлоритового состава. В правом нижнем углу фрагмент тремолита. С анализатором.

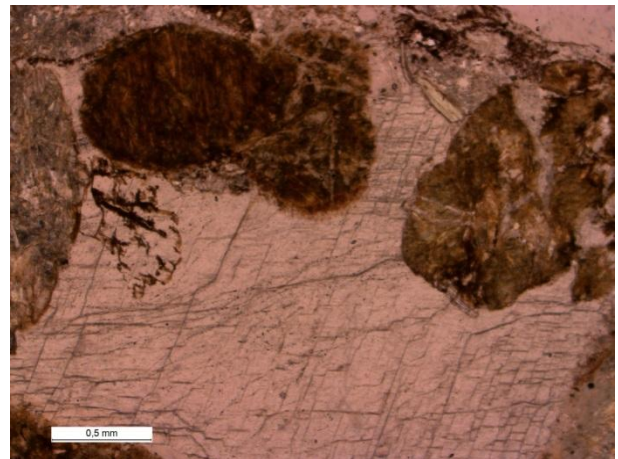


Рис.3-5. Ожелезненные обломки в крупном зерне карбоната. С анализатором.

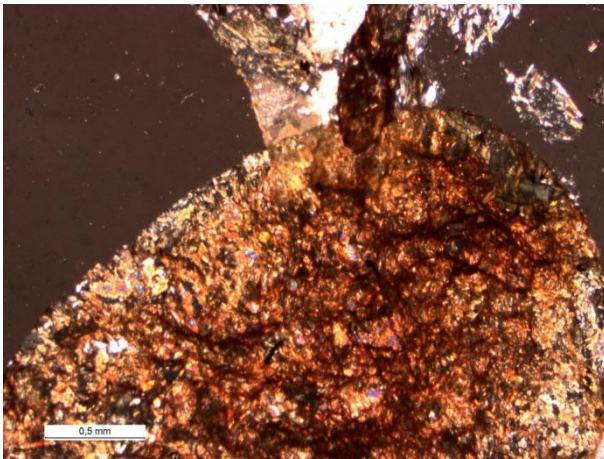


Рис.3-6. Гематитизированный обломок эпидот-хлоритового состава (на фоне канадского бальзама). С анализатором.

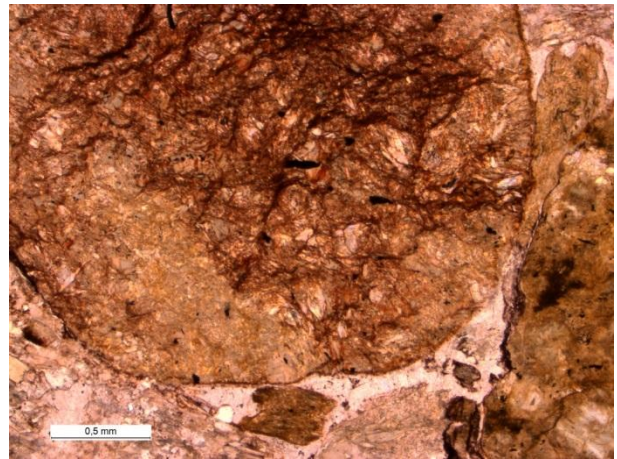


Рис.3-7. Гематитизированный обломок эпидот-хлоритового состава, с мелкой вкрапленностью магнетита. С анализатором.

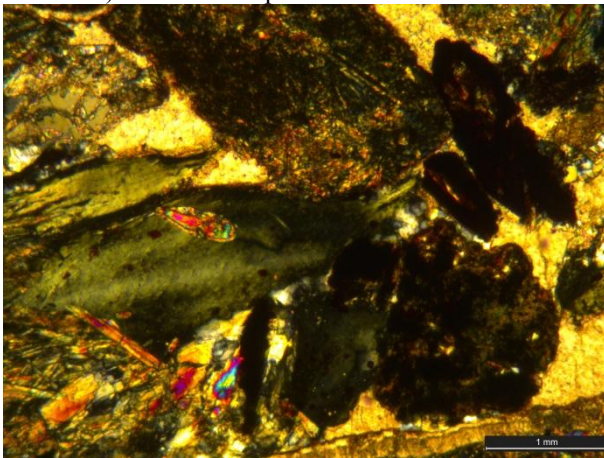


Рис.3-8. Лейсты зонального хлорита. С анализатором.



Рис.3-9. Ожелезнённые обломки эпидот-хлоритового состава. В правом нижнем углу фрагмент тремолита. Без анализатора.

Вторичные поздние процессы хлоритизации, ожелезнения, карбонатизации и последующего окварцевания накладывались на интенсивно метаморфически измененный субстрат. По наличию фуксита, характерного для ультраосновной группы, присутствию магнетита, а также повсеместного ожелезнения, можно предположить, что первичная порода имела ультраосновной состав.

### **Кварц-актинолитовый сланец свиты Ветреный Пояс (PR<sub>1</sub>vp)**

Основную ткань породы слагают актинолит (50 %) и кварц (35 %). Текстура – ориентированная, неясно сланцеватая. Микроструктура – гранонематобластовая. Минеральный состав – актинолит – 50%, кварц - 35%, хлорит -10%, титаномагнетит+лейкоксен – 5%. На фоне основной кварц-актинолитовой массы наблюдаются ориентированные поперек сланцеватости лейсты наложенного хлорита. Листочки размером до 2-3 мм вытянуты и деформированы (изогнуты, передавлены). Отмечается зональное погасание и аномальные интерференционные цвета минерала.

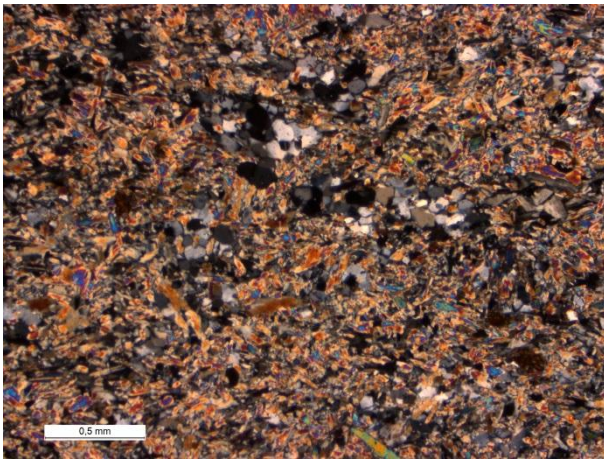


Рис.3-10. Кварц-актинолитовая основная масса сланца. С анализатором.

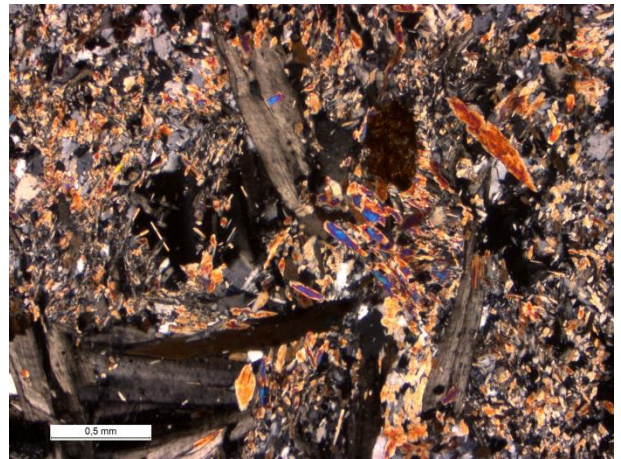


Рис.3-11. Зональные крупные лейсты хлорита на фоне основной массы сланца. С анализатором.

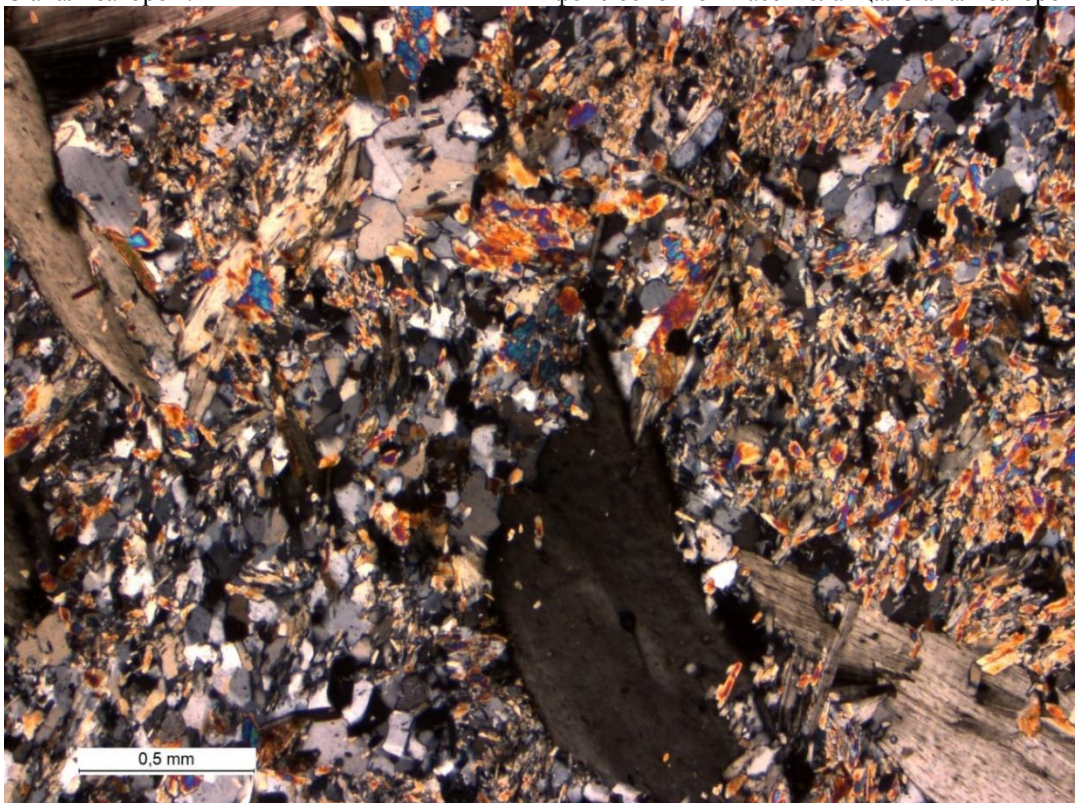


Рис.3-12. Крупные лейсты наложенного хлорита, ориентированные поперек общей сланцеватости породы. С анализатором.

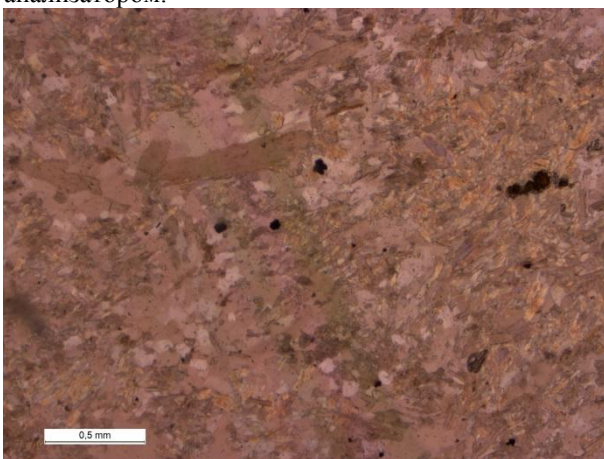


Рис.3-13. Кварц-актинолитовая основная масса сланца. Без анализатора.

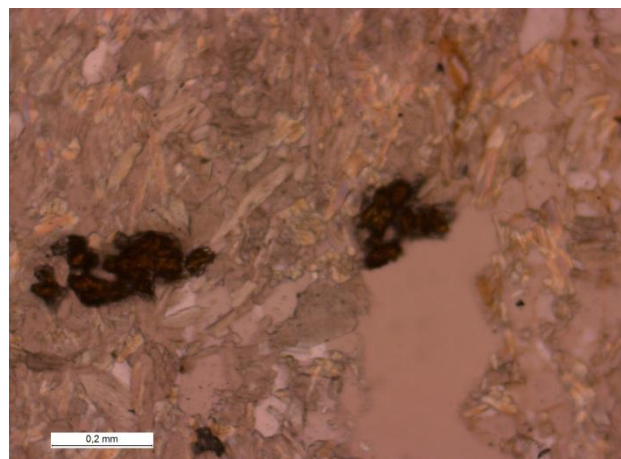


Рис.3-14. Выделения рыжевато-бурого лейкоксена на фоне основной массы породы. Без анализатора.

## Характеристика рудной минерализации по результатам минераграфических и микрозондовых исследований

Минераграфические исследования включали измерение отражения и микротвёрдости рудных минералов на микроспектрофотометре МСФ-10 и микротвердомере ПМТ-3. Микрозондовые исследования проводились в ресурсном центре СПбГУ на сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM3000.

При минераграфическом исследовании вендских конгломератов было установлено, что во всех имеющихся обломках наблюдается один и тот же рудный парагенезис, характерный для габбро и перидотитов: титаномагнетит + рутил. В кальцитовом цементе было обнаружено единичное зерно самородного олова.

Таблица 3-1 Характеристика рудных минералов

Минерал/формула	Морфологические особенности и характер взаимодействия с другими минералами	Размер зёрен, мм
Титаномагнетит (Магнетит $\text{Fe}_3\text{O}_4$ + ильменит $\text{FeTiO}_3$ )	Пластинчатые и аллотриоморфные агрегаты с чётко выраженным доменным строением; в виде рассеянной вкрапленности в цементе(?)/обломке(?),	Пластинки длиной 0,1- 0,2 и шириной 0,05
Гематит $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Выполняет трещины в сланцеватых обломках, сильные внутренние рефлексы	Пластинки длиной до 0,5 и шириной 0,05
Рутил $\text{TiO}_2$	Аллотриоморфнозернистые агрегаты	0,05 – 0,15
Титанит (лейкоксен) $\text{CaTiSiO}_5$	Гипидиоморфнозернистые агрегаты	0,05 – 0,15
Олово сам. Sn	Единичное ксеноморфное зерно в цементе	0,015

Несмотря на то, что препарат представляет собой полимиктовый конгломерат, в различных обломках наблюдаются сходные минеральные парагенезисы.

Предположительная последовательность минералообразования: I титаномагнетит + рутил → II Титанит (лейкоксен) + гематит → III самородное олово + кальцит.

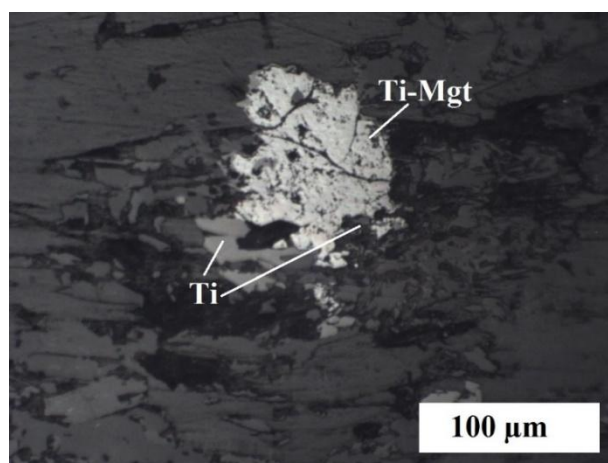


Рис. 3-15. Титаномагнетит (Ti-Mgt) с обрастанием лейкоксена (Ti) в аншлифе верхневендских конгломератов



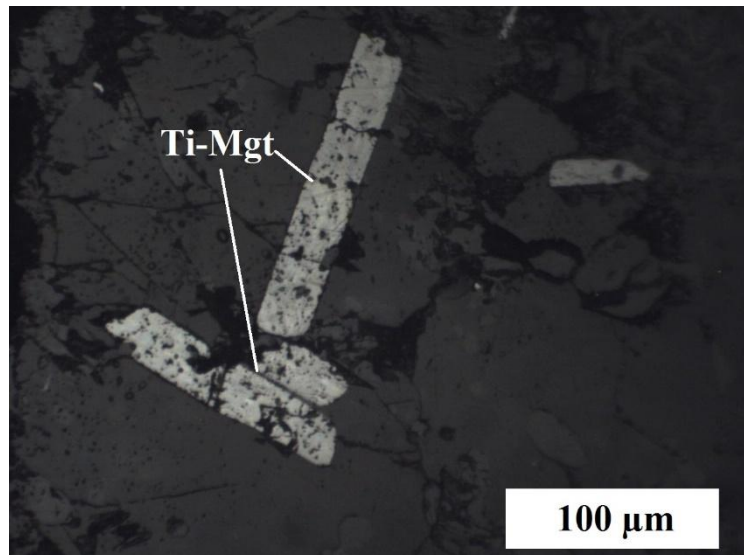


Рис. 3-16. Титаномагнетит (Ti-Mgt) в аншлифе верхневендских конгломератов

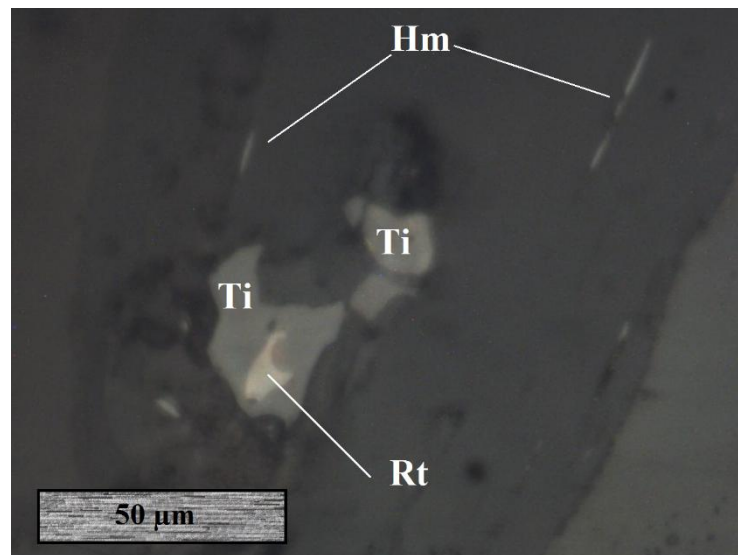


Рис. 3-17. Рутил (Rt) с обрастанием лейкоксена (Ti) в аншлифе верхневендских конгломератов и гематит (Hm)

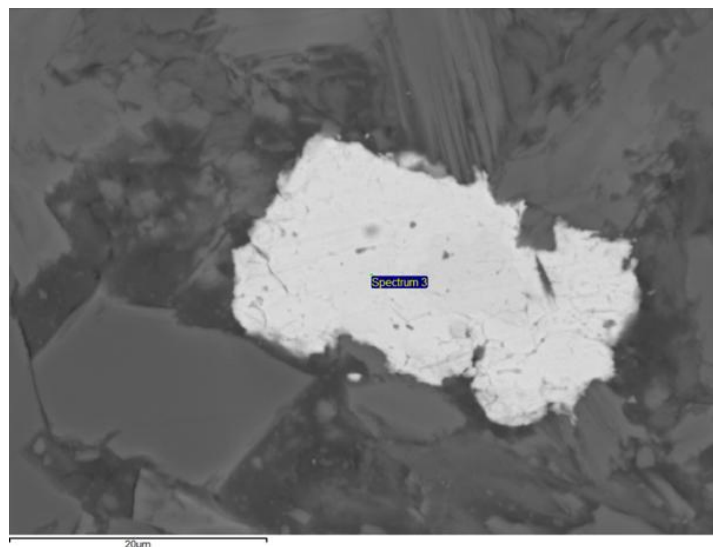


Рис. 3-18 Самородное олово в аншлифе верхневендских конгломератов (микронное изображение)

Таблица 3-2 Отражение и микротвёрдость рудных минералов

Минерал	Отражение, %	Микротвёрдость кг/мм <sup>2</sup> (нагрузка в граммах)
Титаномагнетит	20,6	656 (100), 630 (150)
Гематит	R <sub>1</sub> =20, R <sub>2</sub> =27	-
Рутил	20,4	824 (100)
Олово	71, 77, 87	-

При изучении аншлифа metabазальтов свиты Ветреный Пояс было выявлено 3 рудных минерала: рутил и развивающийся по нему титанит (рис.3-19), а также мелкая вкрапленность предполагаемого халькопирита.

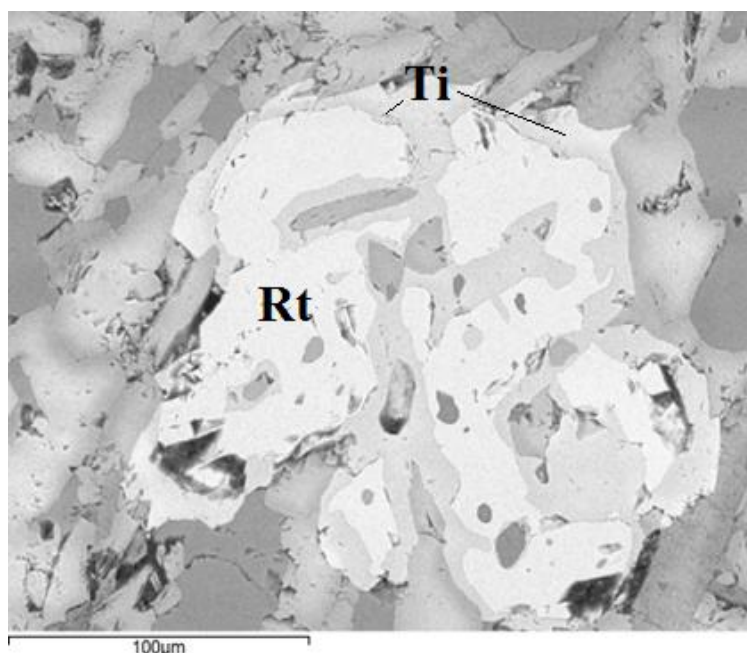


Рис.3-19 Рутил (Rt) с обрастанием лейкоцена (Ti) в аншлифе метасоматически изменённого базальта свиты ВП (микронное изображение)

### О металлогенической специализации свиты Ветреный Пояс

Геологические условия формирования свиты ВП и сопряженных с ней интрузивных комплексов основного-ультраосновного состава (условия развития континентального рифтогенеза) указывают на возможность появления медно-никелевых сульфидных и титаномагнетитовых руд с попутной платинометальной минерализацией.

При этом, изученные рудно-минеральные парагенезисы свидетельствуют о ярко выраженной железо-титановой специализации свиты при отсутствии медно-никелевой минерализации. Присутствие в вендских конгломератах редких обломков, содержащих до 10-15% рудных минералов в объёме породы, позволяет говорить о возможном наличии интрузивных комплексов, содержащих промышленно значимые концентрации

титаномагнетитовых руд, которые пока не известны ввиду развития очень мощного четвертичного покрова и слабой геологической изученности территории.

Метасоматоз базальтоидных толщ свиты (формирование кварцевых и кварц-карбонатных парагенезисов, которые некоторые исследователи относят к березит-лиственитовым метасоматитам) связан, по-видимому, с гранитоидным магматизмом пострифтовых этапов развития региона. Метасоматоз сопряжен с тектонически проницаемыми зонами. В районе устанавливается присутствие гранитоидных интрузий. Это положительные показатели для формирования золоторудных метасоматитов.

Благоприятные геологические факторы при наличии золоторудной минерализации и рудопроявления с повышенными содержаниями золота и серебра позволяют говорить о золоторудной металлогенической специализации свиты ВП.

## **Глава 4. Результаты шлихового опробования участка «Шардозёрский»**

### **4.1 Методика исследований**

#### **4.1.1 Методика полевого шлихового опробования**

В ходе полевых работ, выполнявшихся геолого-съёмочной партией АО «СЗПГО» (Росгеология) в рамках объекта «ГДП-200 листов Р-37-IX, XV (Шардозёрская площадь)» на участке «Шардозёрский» при участии автора было проведено шлиховое и донное опробование руслового аллювия по единой для данных методов сетке опробования. Площадь участка опробования составила около 700 км<sup>2</sup>. (см. Приложение № 8)

Отбор шлиховых и донных проб производился одновременно в одних и тех же точках наблюдения. Шаг отбора варьировал от 500 м до 2–3 км в зависимости от проходимости территории и возможности отобрать шлиховую и/или донную пробы.

Шлиховое опробование руслового аллювия включало в себя отбор 20-ти литровых проб, при отборе которых приоритет отдавался косам, перекатам, спаям русла с поймой, характеризующимся развитием грубозернистых фаций аллювия. Промывка проб осуществлялась вручную с помощью лотков ёмкостью 20 л до серого шлиха с предварительным отмучиванием глинистой фракции и отсевом гравийно-галечного материала вручную.

#### **4.1.2 Методика лабораторных исследований**

В ходе лабораторных исследований был выполнен рентгенофлуоресцентный анализ (РФСА) 95 шлиховых проб без предварительной пробоподготовки, т.е. в неистёртом виде. РФСА выполнялся на портативном приборе «OlympusDelta». Из-за необходимости скорого возврата шлиховых проб в представительном виде производственной организации АО «СЗПГО» сразу после РФСА проб в неистёртом виде, шлихи были сокращены на делителе Джонса (1/2 каждой шлиховой пробы оставлена для исследований, 1/2 возвращена в производственную организацию), за исключением проб очень малого объёма, т.к. при сокращении в 2 раза они полностью теряли свою представительность.

По данным РФСА проб в неистёртом виде был выполнен факторный анализ (ФА) методом главных компонент. По результатам ФА выделены шлихогеохимические ассоциации, исходя из которых отбирались шлихи для последующего шлихоминералогического исследования.

После сокращения шлиховых проб было произведено их истирание на планетарной мельнице «FritschPulverisette 7 PremiumLine». В зависимости от объёма пробы, оставшегося после сокращения, проба истиралась частично или полностью. При

этом приоритет в неполном истирании оставался за пробами с высокими значениями факторов. Затем был выполнен РФсА истёртых проб. По результатам РФсА истёртых проб выполнен факторный анализ. Данные ФА по истёртым пробам позволили скорректировать выделенные ранее шлихогеохимические ассоциации, а, следовательно, и список шлихов, обязательных к изучению.

Для изучения минералогического состава шлихов, каждая проба была разделена на три фракции: магнитную, электромагнитную и немагнитную. Следует отметить что в некоторых пробах магнитная фракция практически полностью отсутствовала (не более 5-10 зёрен), в таких случаях электромагнитная и магнитная фракция были объединены.

Изучение шлиховых минералов проведено под бинокляром с количественной оценкой путём подсчёта зёрен в дорожке. В каждой фракции подсчитывалось около 300-500 зёрен.

После изучения минералогического состава шлихов и выполнения статистической обработки данных РФсА с применением факторного анализа методом главных компонент (МГК) были отобраны шлиховые пробы с максимальными и минимальными значениями факторов. Из данных проб отобрано по 3-4 зерна каждого минерала. Зёрна закатаны в кассеты из эпоксидной смолы. Произведена полировка данных препаратов. Микронзондовые исследования выполнены на электронном сканирующем микроскопе «Hitachi TM 3000».

Все лабораторные исследования шлиховых проб выполнены автором самостоятельно в ресурсных центрах СПбГУ: «Геомодель» и «Ресурсный центр микроскопии и микроанализа».

#### **4.2 Минеральный состав шлихов участка «Шардозёрский»**

Следует отметить низкое качество промывки шлиховых проб, т.к. наблюдается большое количество кварца в пробах. Всего изучено 10 шлиховых проб: Г-42, Г-53, И-43, И-61/1, И-61/2, И-77, Ш-102, Ш-104, Ш-106 и V al. Большинство шлихов не отличается особым разнообразием минералов. Значительную массу шлихов составляют кварц, гранат и магнетит (см. рис. 4-1 – 4-10). В ряде шлихов отмечено присутствие ильменита (до 20%), в то время как в остальных шлихах ильменит отсутствует. Во всех шлихах, кроме И-77 и Ш-102 отмечено присутствие кианита в количестве от 3 до 13 зёрен. В трёх шлихах отмечено присутствие зёрен пирита в количестве от 1 до 15: V al, И-61/1, И-61/2. В шлихе Г-53 встречено 40 зёрен рутила.

Несмотря на результаты РФСА, показавшего высокие содержания циркония в шлихах, зёрна циркона встречены в единичных количествах, в шлихе Г-53 встречено 10 зёрен циркона. По результатам микронзондовых исследований установлено, что зёрна циркона включены в кварц, который в свою очередь включён в гранат. Также встречено зерно титаномагнетита, содержащее включение циркона (см. рис. 4-11,12).

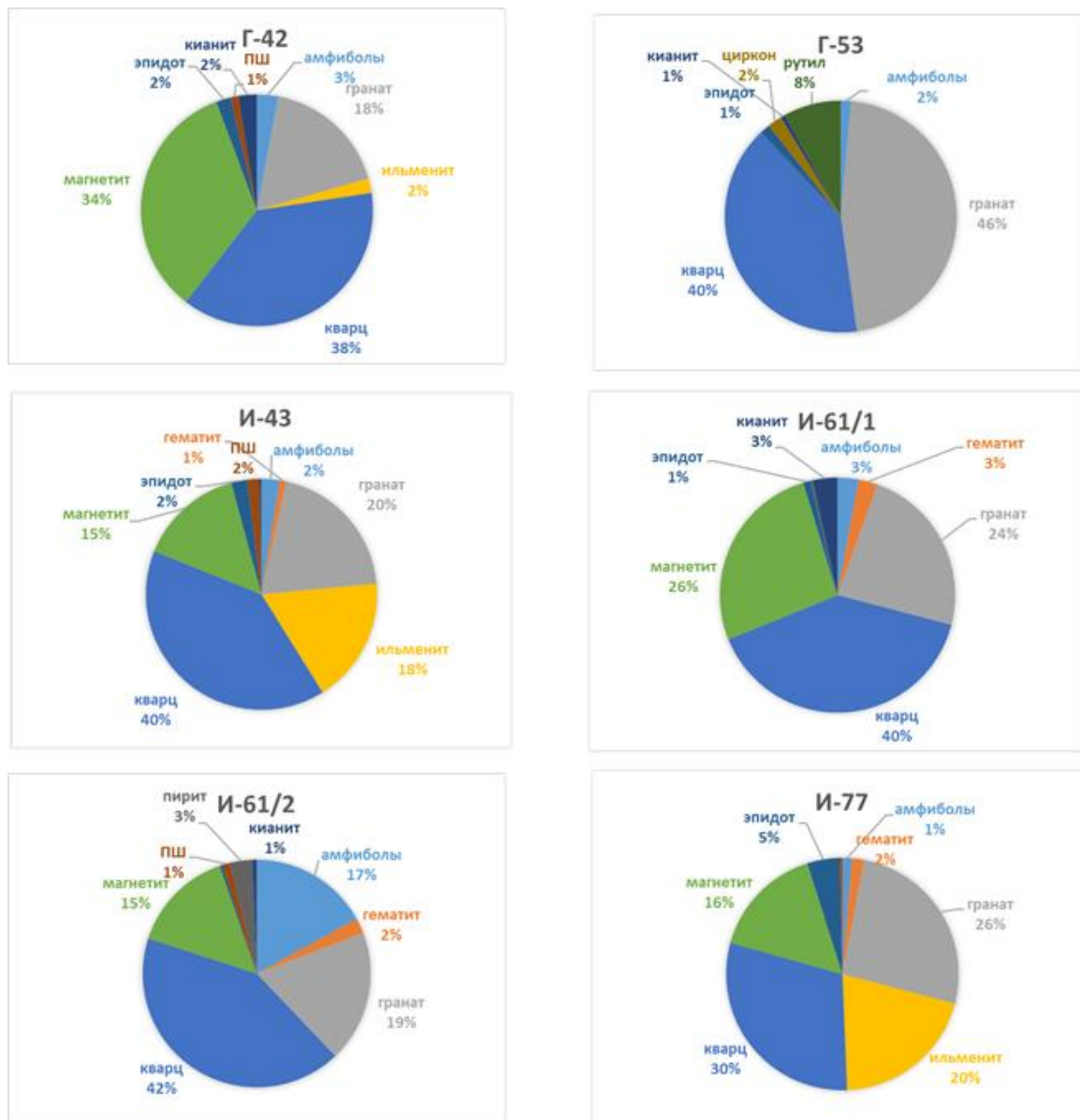


Рис. 4-1 – 4-6 Круговые диаграммы минерального состава шлихов

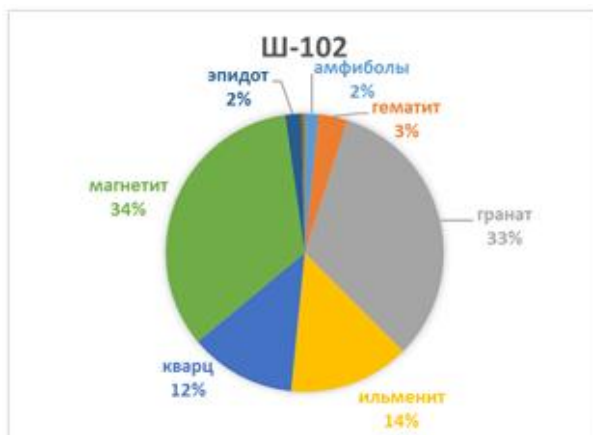


Рис. 4-7 – 4-10 Круговые диаграммы минерального состава шлихов

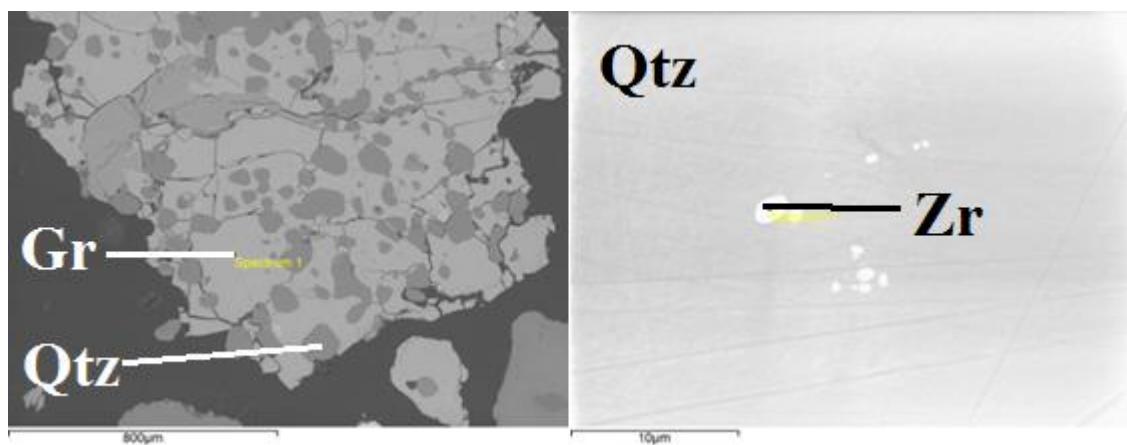


Рис. 4-11 Шлих Ш-102. Включения кварца в гранате, содержащие включения циркона. РЭМ-изображения

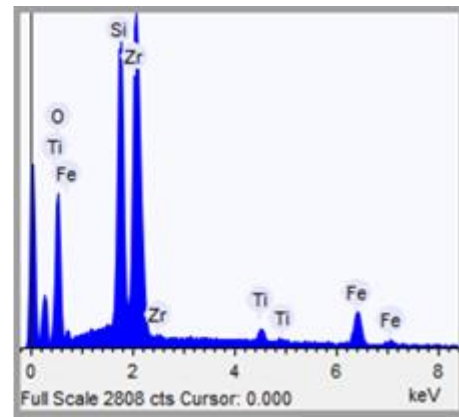
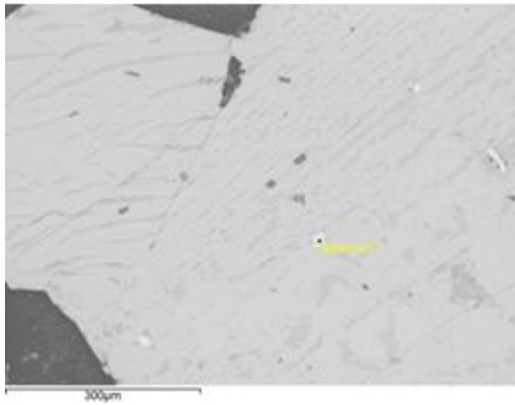


Рис 4-12. Шлих И-61/1. Включение циркона в титаномагнетите. РЭМ-изображение и характеристический спектр

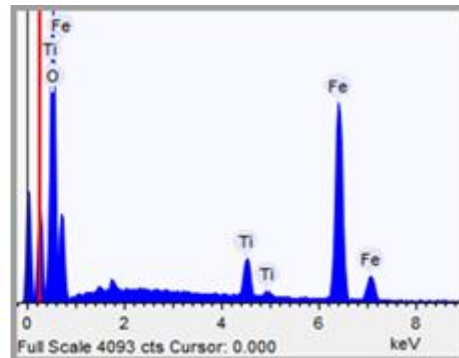
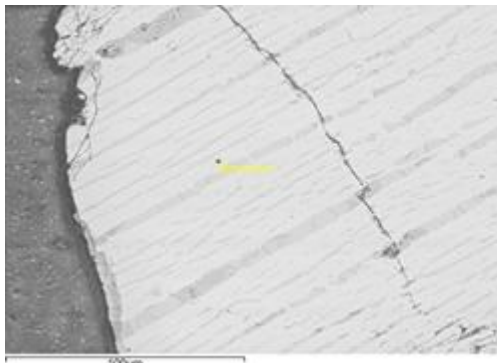


Рис. 4-13 Шлих V al. Структуры распада в титаномагнетите: магнетитовая фаза. РЭМ-изображение и характеристический спектр

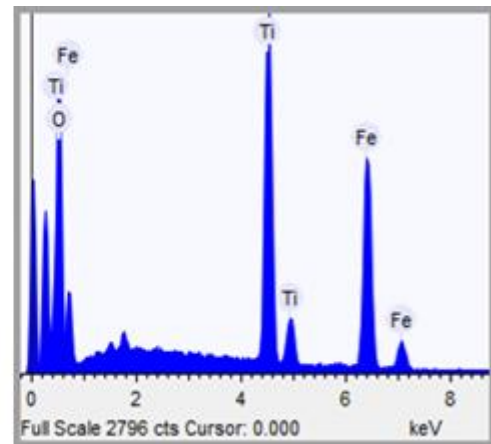
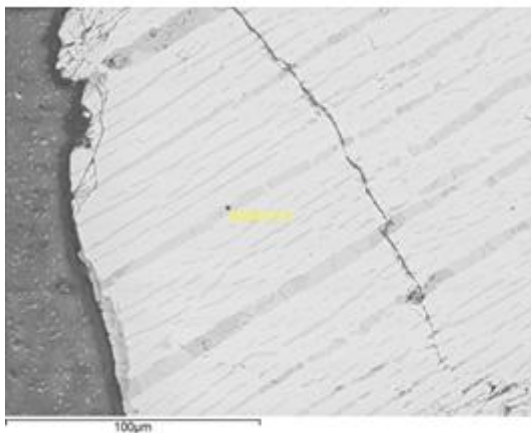


Рис. 4-14 Шлих V al. Структуры распада в титаномагнетите: ильменитовая фаза. РЭМ-изображение и характеристический спектр



### 4.3 Шлихогеохимические ассоциации участка «Шардозёрский»

По данным рентгенофлуоресцентного анализа истёртых шлиховых проб выполнен факторный анализ методом главных компонент. Получено три фактора с весами 75%, 8% и 6%.

$$I_{75} \frac{Ti_{96}Mn_{96}Fe_{95}Nb_{95}Y_{95}V_{94}Ca_{91}Th_{88}Cr_{84}Co_{84}Zr_{83}}{-Rb_{85}Ba_{78}K_{64}Sr_{61}}$$

$$II_8 \frac{-K_{55}Sr_{52}Zr_{44}Rb_{34}Cr_{27}V_{24}}$$

$$III_6 \frac{Sr_{53}Ca_{22}}{-Ba_{50}K_{39}Co_{31}}$$

$$r_{0,05;78} \approx 0,22$$

Построены диаграммы значений факторов, на основе которых выделены группы проб с различными шлихогеохимическими ассоциациями (см. рис 4-15 и 4-16).

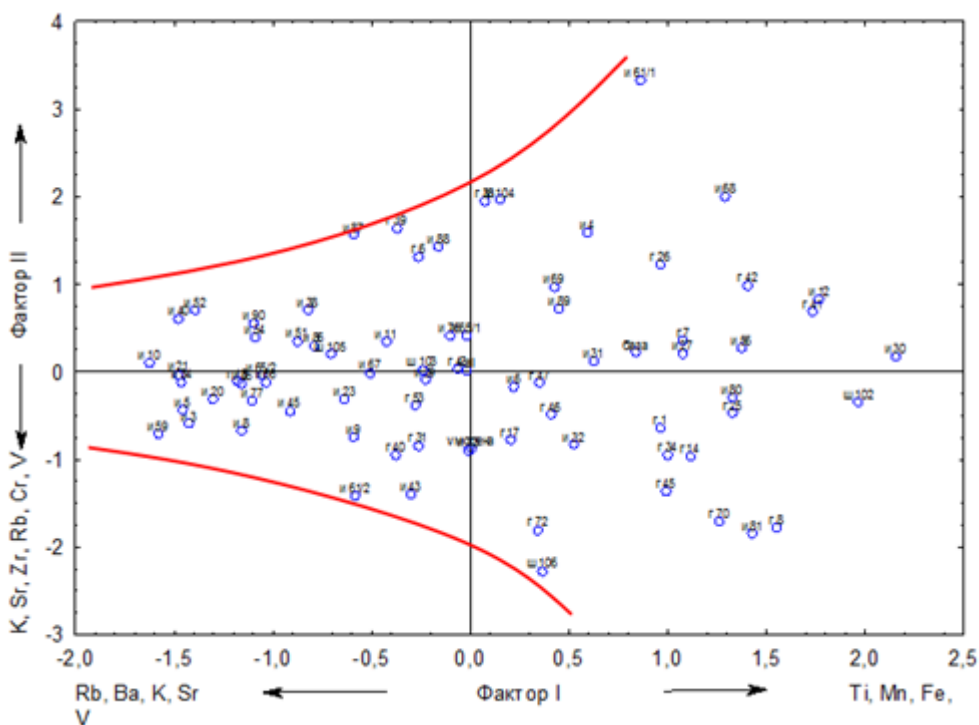


Рис. 4-15 Диаграмма значений факторов I и II

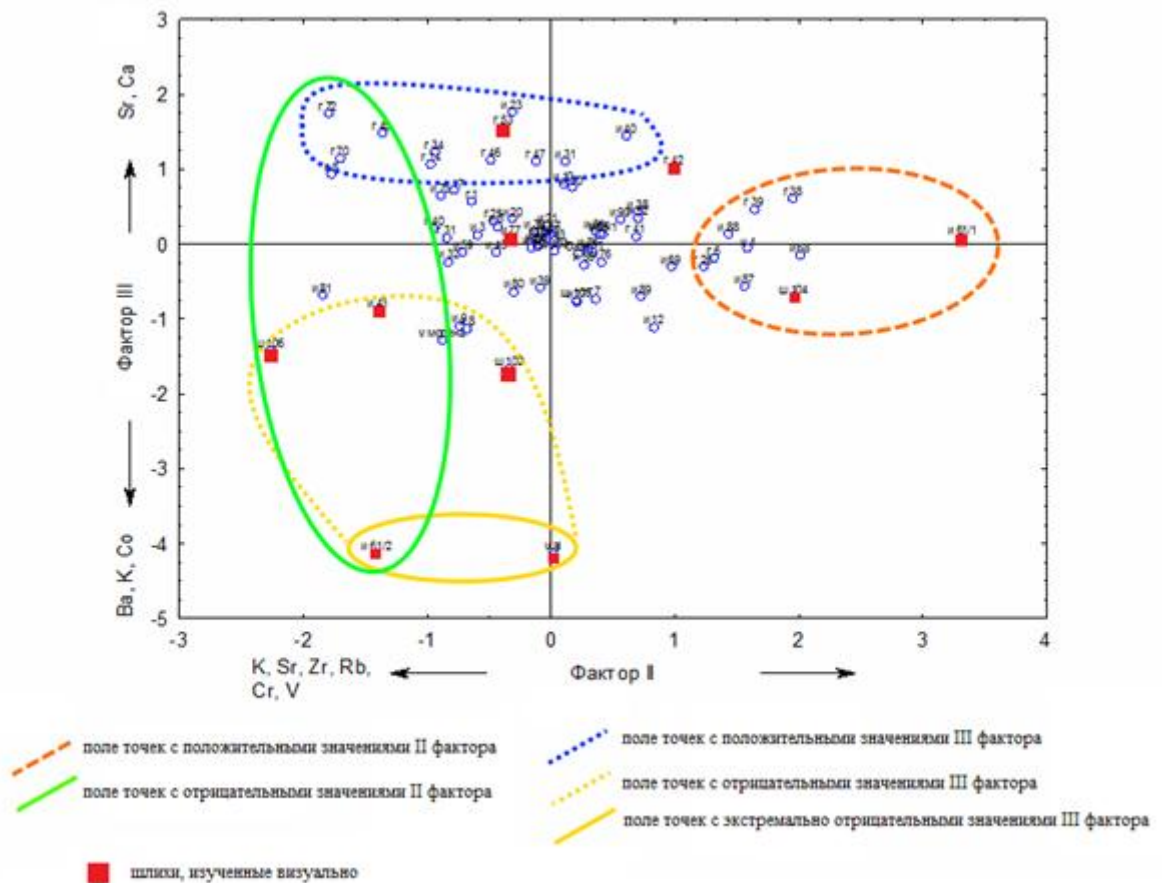


Рис. 4-16 Диаграмма значений факторов II и III

I фактор сразу был проинтерпретирован как фактор качества промывши шлиховых проб: ассоциация  $Ti_{96}Mn_{96}Fe_{95} \dots$  отвечает тяжелой фракции, а ассоциация  $Rb_{85}Ba_{78}K_{64} \dots$  - легкой. Для интерпретации II и III факторов были выбраны шлиховые пробы с максимальными, минимальными и нулевыми значениями II и III факторов для шлихоминералогического изучения. Согласно диаграмме на рис. 4-15 – это четыре группы проб, трем из которых соответствуют шлихогеохимические ассоциации Sr-Ca; Ba-K-Co; K-Sr-Zr..., а для четвертой не характерны ассоциации, участвующие во втором и третьем факторах.

## Глава 5. Характеристика донных отложений участка «Шардозёрский»

### 5.1 Методика исследований

В ходе полевых работ, выполнявшихся геолого-съёмочной партией АО «СЗПГО» (Росгеология) в рамках объекта «ГДП-200 листов Р-37-IX, XV (Шардозёрская площадь)» на участке «Шардозёрский» с участием автора было проведено шлиховое и донное опробование руслового аллювия по единой для данных методов сетке опробования. Площадь участка опробования составила около 700 км<sup>2</sup>

Отбор шлиховых и донных проб производился одновременно в одних и тех же точках наблюдения. Шаг отбора варьировал от 500 м до 2–3 км в зависимости от проходимости территории и возможности отобрать шлиховую и/или донную пробы.

В качестве донной пробы по возможности отбирался тонкий суглинистый или илесто-глинистый материал русловых прибрежных донных отложений с глубины около 40 см. Масса пробы составляла не менее 500 г.

При лабораторных исследованиях в ресурсном центре «Геомодель» был проведён рентгенофлуоресцентный анализ (РФСА) донных проб без предварительной пробоподготовки, т.е. анализировались невысушенные, непросеянные пробы в пластиковых пакетах (грипперах). Результаты РФСА оказались неприменимы для статистической обработки факторным анализом, т.к. очень малое количество элементов показывало заметные вариации содержаний химических элементов, и во многих случаях более 20% проб имели содержания химических элементов ниже предела обнаружения.

Для статистической обработки были использованы данные спектрального анализа донных проб, предоставленные АО «СЗПГО» (Росгеология).

### 5.2 Геохимические ассоциации донных отложений участка «Шардозёрский»

По данным спектрального анализа донных проб выполнен факторный анализ методом главных компонент. Получено три фактора с весами 30%, 19% и 14%.

$$I_{30} \frac{Ga_{25}}{-V_{90}Co_{81}Ba_{78}(MnO)_{73}(TiO_2)_{66}Ni_{62}Cu_{61}Cr_{41}Sr_{38}Zr_{38}Zn_{37}(P_2O_5)_{29}}$$

$$II_{19} \frac{Sr_{52}Ba_{41}(MnO)_{30}Co_{24}}{-Ga_{80}B_{72}Pb_{64}Ni_{37}Cr_{37}(TiO_2)_{35}Cu_{35}Zn_{29}}$$

$$III_{14} \frac{Pb_{60}(TiO_2)_{48}(MnO)_{36}Ga_{35}Co_{27}Zr_{21}}{-Cr_{66}Ni_{59}Cu_{50}Zn_{25}}$$

$$\Gamma_{0,05;101} \approx 0,2$$

Построены диаграммы значений факторов, на основе которых выделены группы проб с различными шлихогеохимическими ассоциациями (см. рис 5-1 и 5-2).

На диаграмме I и III факторов фигуративные точки донных проб разделились на три отчётливых группы: с положительными значениями третьего фактора, с отрицательными значениями третьего фактора, и пробы с близкими к нулевым значениями факторов, т.е. не показывающие существенной вариации по первому и третьему факторам.

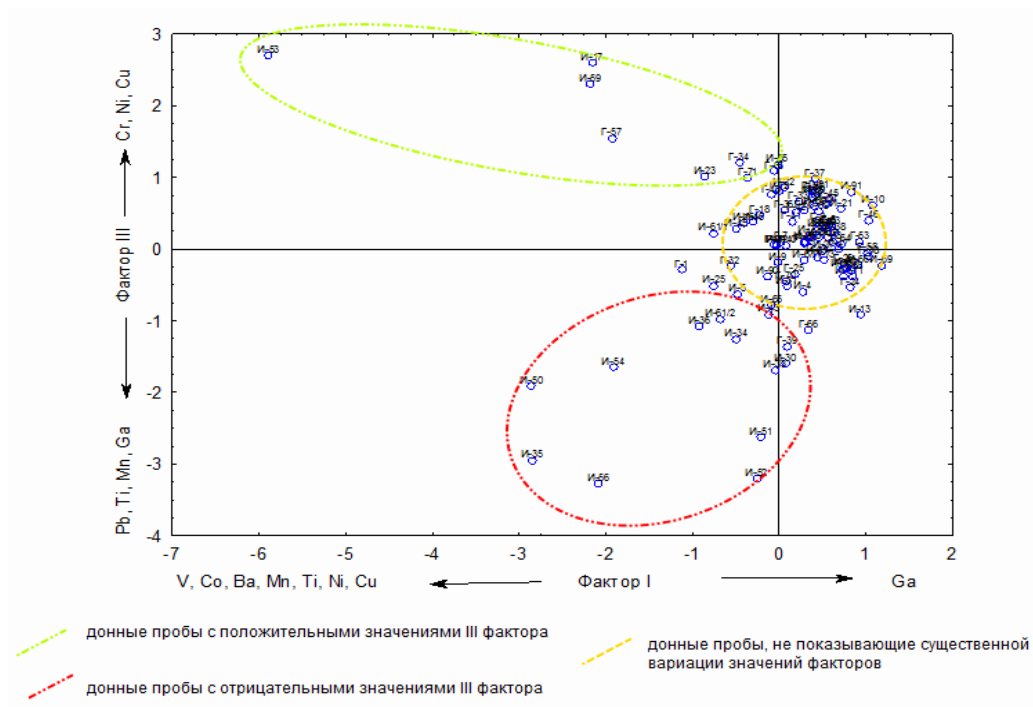


Рис. 5-1 Диаграмма значений факторов I и III

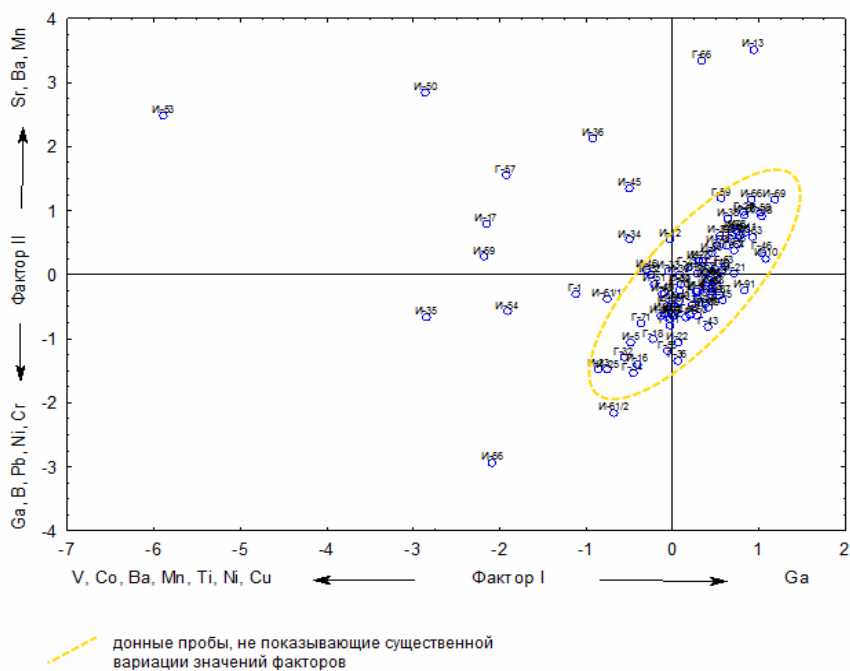


Рис. 5-2 Диаграмма значений факторов I и II

На диаграмме I и II факторов фигуративные точки донных проб также разделились на несколько ассоциаций: пробы с нулевыми значениями факторов, не показывающие существенной вариации, а также пробы с экстремальными значениями факторов, однако фигуративные точки этих проб расположены на диаграмме достаточно хаотично. Т.к. II фактор интерпретировать не удалось (см. главу 6 «Интерпретация результатов»), то и выделение полей фигуративных точек с различными геохимическими ассоциациями на основе диаграммы I и II фактора представляется не целесообразным.

## Глава 6. Интерпретация результатов

### 6.1 Интерпретация результатов ФА на основе шлихогеохимических и шлихоминералогических данных

По данным рентгенофлуоресцентного анализа истёртых шлиховых проб выполнен факторный анализ методом главных компонент. Получено три фактора с весами 75%, 8% и 6%.

Учитывая, что 75% дисперсии поглощено I фактором, интерпретация II и III факторов может считаться неоднозначной и сомнительной.

$$I_{75\%} \frac{Ti_{96}Mn_{96}Fe_{95}Nb_{95}Y_{95}V_{94}Ca_{91}Th_{88}Cr_{84}Co_{84}Zr_{83}}{Rb_{85}Ba_{78}K_{64}Sr_{61}}$$
$$II_{8\%} \frac{-}{K_{55}Sr_{52}Zr_{44}Rb_{34}Cr_{27}V_{24}}$$
$$III_{6\%} \frac{Sr_{53}Ca_{22}}{Ba_{50}K_{39}Co_{31}}$$

$$r_{0,05;78} \approx 0,22$$

Построены диаграммы значений факторов, на основе которых выделены шлихогеохимические ассоциации (см. рис 4-15 и 4-16)

Интерпретация факторов основана на данных шлихоминералогических и микронзондовых исследований.

I фактор был проинтерпретирован как фактор качества промывши шлиховых проб: ассоциация  $Ti_{96}Mn_{96}Fe_{95} \dots$  отвечает тяжёлой фракции, а ассоциация  $Rb_{85}Ba_{78}K_{64} \dots$  - лёгкой (рис. 6-3). Пробы с отрицательными значениями I фактора состоят на 30-40 % из кварца и содержат до 7% зёрен полевых шпатов.

Высокие отрицательные значения II фактора приурочены к шлиховым пробам, содержащим большое количество ильменита, а также зёрна цирконов и полевых шпатов (рис. 6-4).

Согласно геологической карте площади опробования (см. Приложение №8) точки опробования с высокими отрицательными значениями II фактора находятся на участках, где выявлены выходящие на поверхность интрузивные базит-ультрабазитовые комплексы (см. Приложение №4) и на участках развития магнитных аномалий, интерпретирующихся исследователями как те жебазит-ультрабазитовые комплексы. Отсутствие титана, содержащегося в ильменитах, в структуре фактора объясняется тем, что вся дисперсия титана была выбрана I фактором.

Также, согласно карте, точки опробования с отрицательными значениями, содержащие цирконы и/или полевые шпаты приурочены к зоне сочленения структуры

Ветренный Пояс и Беломорского подвижного пояса (БПП). Предполагается, что цирконы и полевые шпаты сносятся с БПП.

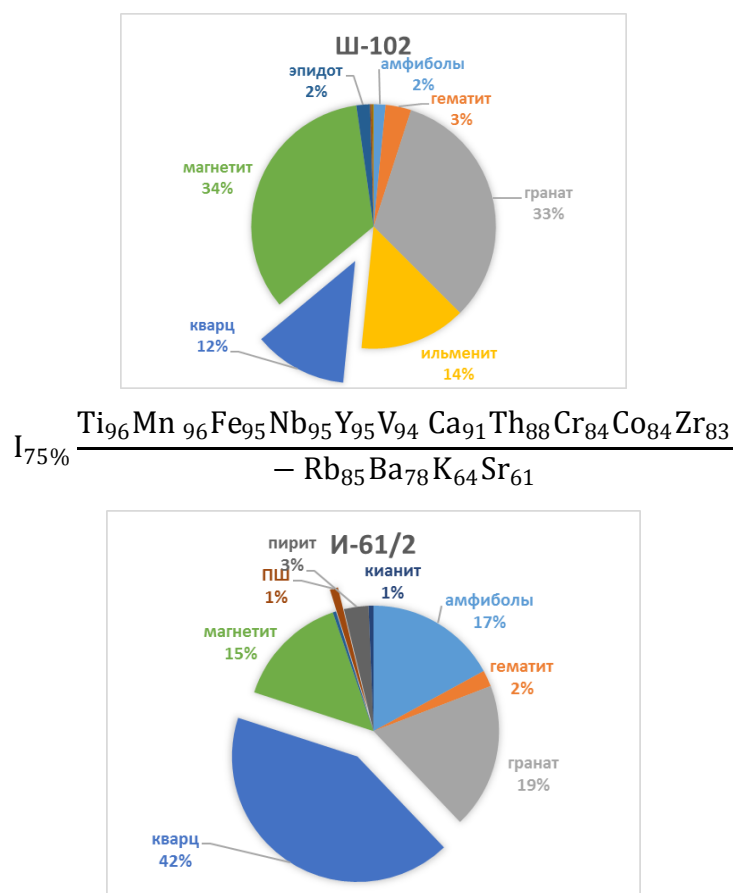


Рис. 6-1 I фактор и круговые диаграммы шлиховых проб с экстремальными значениями I фактора

В шлиховой пробе Ш-106 обнаружено 10 зёрен циркона (собственные зёрна, не включённые в гранат), но согласно предоставленной геологической карте явные источники сноса данного минерала отсутствуют. Однако, согласно фондовым материалам, выше по течению р. Кожа от места отбора пробы Ш-106 присутствует гранитная дайка, которая, наиболее вероятно, послужила первичным источником сноса циркона.

II фактор интерпретирован как фактор первичных источников сноса, т.е. значительная часть материала проб с отрицательными значениями фактора образуется за счёт денудации магматических пород структуры Ветренный Пояс и гранито-гнейсов Беломорского пояса.

На диаграмме I и II фактора (рис. 4-15) можно заметить тренд: чем меньше значения I фактора, тем меньше разброс значений II фактора, т.е. чем хуже качество промывки шлиха, тем сложнее установить природу источника сноса материала.

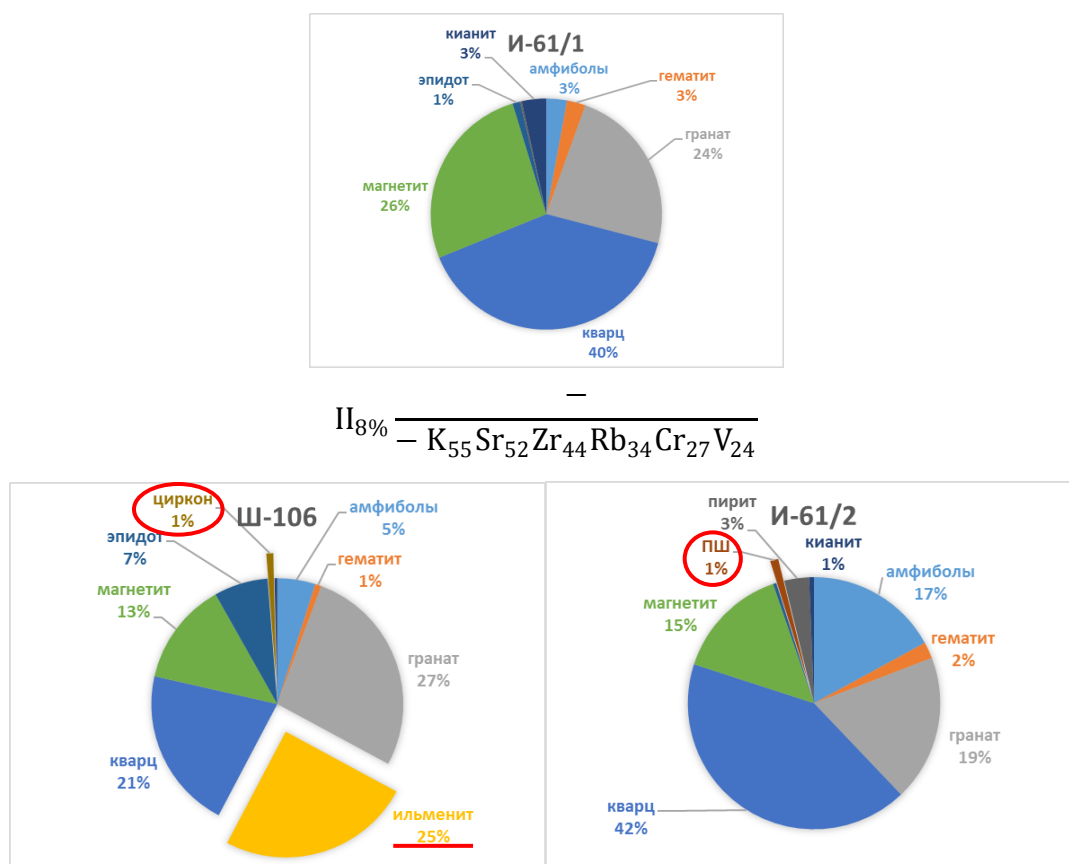


Рис. 6-2 II фактор и круговые диаграммы шлиховых проб с экстремальными значениями II фактора

III фактор интерпретирован наименее надёжно. Предположительно, данный фактор отвечает за характеристику состава первичных источников сноса: отрицательные значения фактора отвечают кислым породам (гранито-гнейсам) Беломорского пояса, а положительные – основным породам структуры Ветреный Пояс (рис. 6-3).

Sr и Ca в данном факторе связаны с содержанием эпидота в шлиховых пробах, а Ba и K – с полевыми шпатами.

Также нужно отметить, что в шлихах с экстремально отрицательными значениями III фактора встречены зёрна пирита в количестве 11-15 штук. Данные пробы (И-61/2 и Val) были отобраны из аллювия р. Сывтуга в районе впадения в зону сочленения Беломорского пояса и структуры Ветреный Пояс (см. Приложение №5). В этой зоне проходит региональный разлом, по которому происходила гидротермальная обработка пород, т.е. данный участок перспективен на обнаружение листовенит-березитовых зон (Ершов, 2010).

Наложение проявлений полевых шпатов и пирита можно объяснить тем, что породы Беломорского пояса находятся ближе всего к дневной поверхности именно в зоне сочленения со структурой Ветреный Пояс. К северу от разлома, в зоне



распространения пород Беломорского пояса, местность сильно заболочена, с пологим рельефом, т.е. не наблюдается очевидных первичных источников сноса.

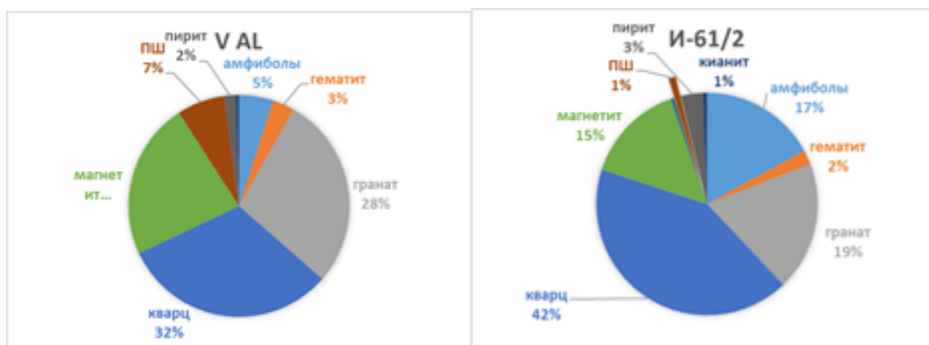
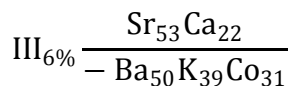
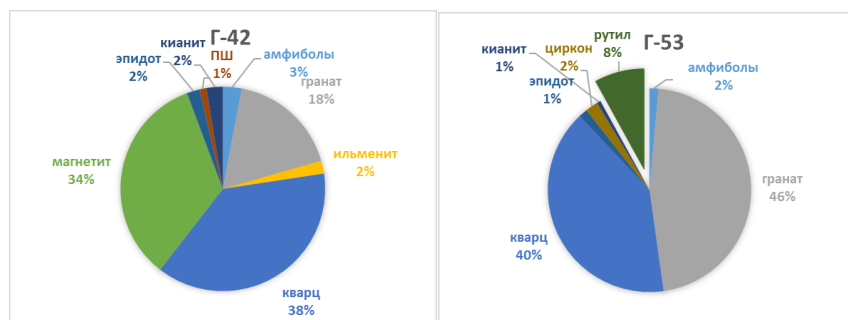
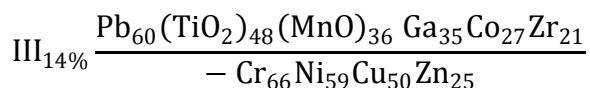
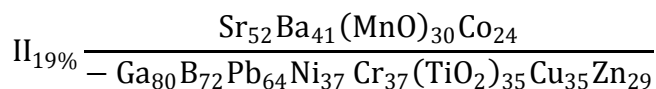
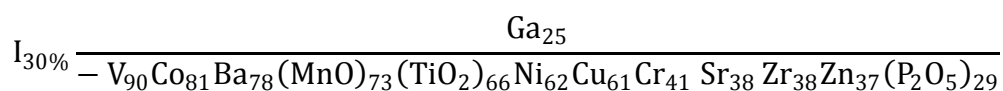


Рис. 6-3 III фактор и круговые диаграммы шлиховых проб с экстремальными значениями II фактора

## 6.2 Интерпретация результатов ФА на основе данных спектрального анализа донных проб

По данным спектрального анализа донных проб выполнен факторный анализ методом главных компонент. Получено три фактора с весами 30%, 19% и 14% (см рис. 5-1 и 5-2). Интерпретированы I и III факторы.



$$r_{0,05;101} \approx 0,2$$

I фактор интерпретирован как фактор первичных источников сноса. Отрицательные значения фактора выделяют на площади (см. Приложение №6) участки выхода на поверхность базит-ультрабазитовых интрузивов и вендских конгломератов, в составе которых преобладают обломки магматических пород структуры Ветреный Пояс, как было показано выше (см. главу 3).

На двух участках, выделенных отрицательными значениями I фактора, на данный момент не указано присутствие интрузивных комплексов (т.е. их можно прогнозировать).

Согласно предлагаемому варианту интерпретации, положительные значения III фактора соответствуют участкам развития метасоматических пород, связанных с тектоническим контактом Карельского блока и Беломорского подвижного пояса. Отрицательные значения III фактора выделяют участки развития неизменённых базит-ультрабазитовых пород, о чём свидетельствует характерная ассоциация  $\text{Cr}_{66}\text{Ni}_{59}\text{Cu}_{50}$  ... (см. Приложение №7)

С учётом интерпретации III фактора, можно прогнозировать присутствие базит-ультрабазитовых комплексов и лиственит-березитовых зон.

По результатам изучения минерального состава и факторного анализа методом главных компонент на основе химического состава шлихов и донных проб выделены участки, представляющие интерес для выявления интрузивных тел базит-ультрабазитового состава, а также метасоматических зон.

Наиболее перспективными рассматриваются участки сопряжения положительных прогнозных заключений по двум методам: шлиховому и донному (см. Приложение №8).

## Заключение

Проведённая работа показала, что в условиях развития мощного покрова четвертичных отложений (до 120 м) можно применять шлиховое и донное опробование для прогнозирования площадей развития пород ярко выраженного состава, перспективных на обнаружение того или иного типа оруденения. В пределах структуры Ветреный Пояс такими породными комплексами являются базит-гипербазитовые интрузивы и березит-лиственитовые метасоматиты.

Такое прогнозирование требует применения методов многомерной статистики (факторный анализ) для усиления слабого сигнала. Дальнейшие прогнозы можно выполнить с учётом предполагаемых геологических комплексов и их рудной специализации.

На основе проведенных исследований выделены новые участки возможного распространения базит-гипербазитовых интрузивов, перспективных на обнаружение титаномагнетитового оруденения, и рудоносных (березит-лиственитовых) метасоматитов, перспективных на обнаружение золота золото-сульфидно-кварцевого и золото-карбонатно-силикатного типов.

Полученные результаты, учитывая мелкий масштаб проведённых работ (около 100 проб на 700 км<sup>2</sup>), требуют дальнейшей заверки при более крупном масштабе съёмки и при более тщательном и качественном шлиховом опробовании. В дальнейшем на участке «Шардозёрский» рекомендуется выполнить донное и шлиховое опробование работами масштаба 1:50000 и крупнее, а также детальные геофизические работы (магнитометрические и ВЭЗ).

## Список литературы

### *Тезисы докладов:*

1. Алексеев И.А., Пестриков А.А., Титов Д.Ю. «Новые данные о рудной минерализации базальтов свиты Ветреного Пояса» // Тез. докл. XXVI молодёжной научной школы-конференции «Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии», Петрозаводск: изд-во КНЦ РАН, 2015. С. 83-85

2. Куликов В.С., Куликова В.В., Бычкова Я.В. «Ветренный Пояс: тектоно- и петротиппалеопротерозоя юго-восточной Фенноскандии» // Тез. докл. Всероссийской конференции, посвященной 50-летию Института геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск: изд-во КНЦ РАН, 2011. С. 91-103

### *Фондовые материалы:*

1. Бережной А.Т., Отчёт по теме «Изучение минерализации отложений кожозёрской и виленьской свит на Ветреном Поясе.» Архангельск, ГП «Архангельскгеология», 1992.

2. Ершов Л.А. Отчёт о результатах работ, по объекту «Подготовка геофизической и геохимической основ масштаба 1:200000 с целью оценки ресурсного потенциала золота в пределах восточной части Балтийского щита (Архангельская область)», проведённых в 2007 – 2010 гг. Новодвинск, ЗАО «Архангельскгеолразведка», 2010.

3. Зудин А.И. Отчёт по глубинному геологическому картированию масштаба 1:200000 западной и центральной частей синклиория Ветренный Пояс (в пределах трапещей Р-37-I, II, VII, VIII, IX). Архангельск, Плесецкая ГРЭ, 1980.

4. Канев Г.В. Отчёт «Радиоактивные элементы на территории восточной части Балтийского щита в пределах Архангельской области.» Архангельск, ТФИ по СЗО, 2008.

### *Монографии, сборники, учебные пособия:*

1. Восточная часть Балтийского щита (геология и глубинное строение). Л.: «Наука», 1975. Авт.: К.О. Кратц, В.А. Глебовицкий и др.

2. Земная кора и металлогения юго-восточной части Балтийского щита. – Л., изд-во «Наука», 198 Тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: «Недра», 1974. 288 с. (М-во геологии РСФСР. Сев.-Зап. террит. геол. упр.). Авт.: В.А. Перевозчикова, К.Д. Беляев, Н.К. Булин и др.3. – 303 с.

3. Исаенко М.П., Боришанская С.С., Афанасьева Е.Л. Определитель главнейших минералов руд в отражённом свете. Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Недра, 1986. 382 с., с ил.

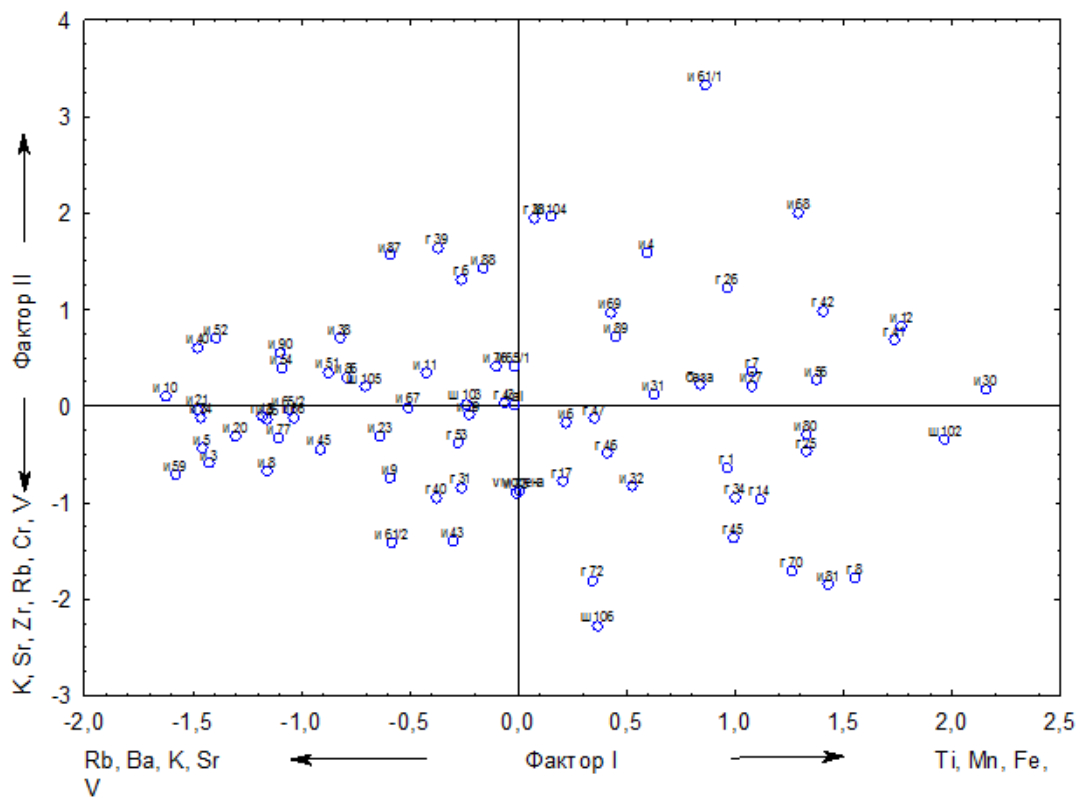
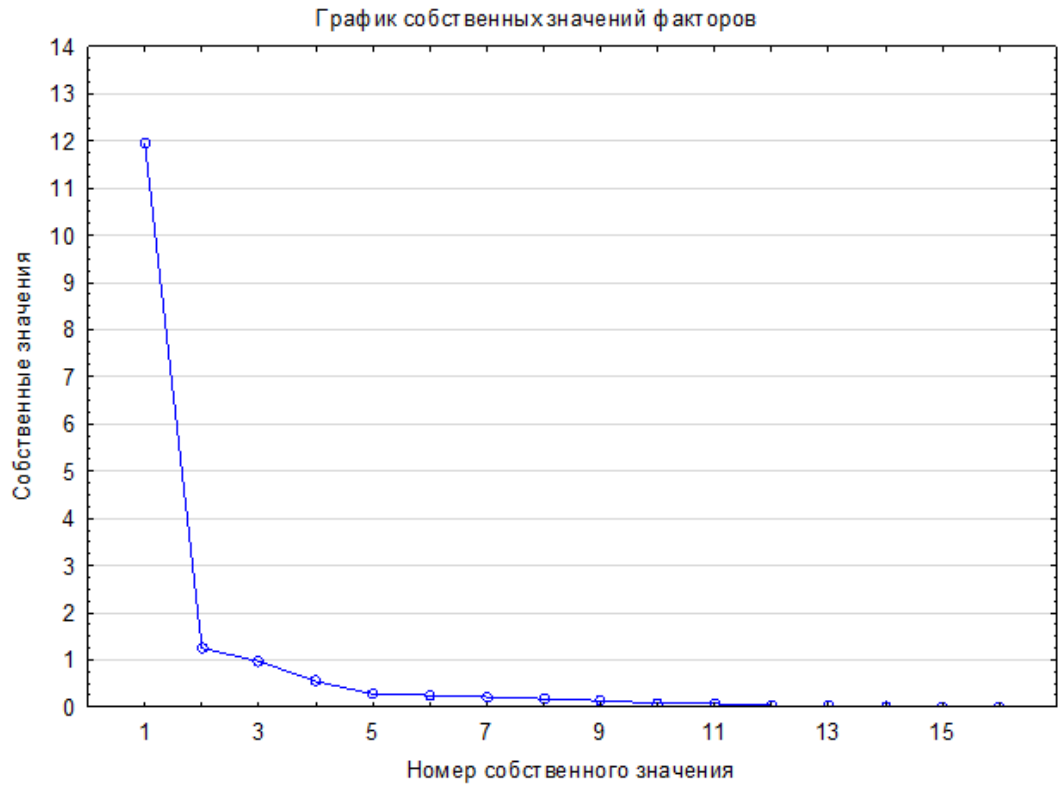
4. Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение иминерагения) / Отв. ред. Л.В. Глушанин, Н.В. Шаров, В.В. Щипцов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011, 431 с.

5. Тектоника восточной части Балтийского щита. Л., «Недра», 1974. 288 с. (М-во геологии РСФСР. Сев.-Зап. террит. геол. упр.). Авт.: В. А. Пере--возчикова, К. Д. Беляев, Н. К. Булин и др.

6. Четвертичный покров Балтийского щита. – Л.: Недра, 1987. – 151 с. (М-во геологии РСФСР. Сев-Зап. производ. геол. объединение «Севзапгеология»). Под ред. В.В. Проскурякова, И.И. Краснова

## Приложения

### Приложение № 1. Результаты факторного анализа по данным РФСА шлиховых проб



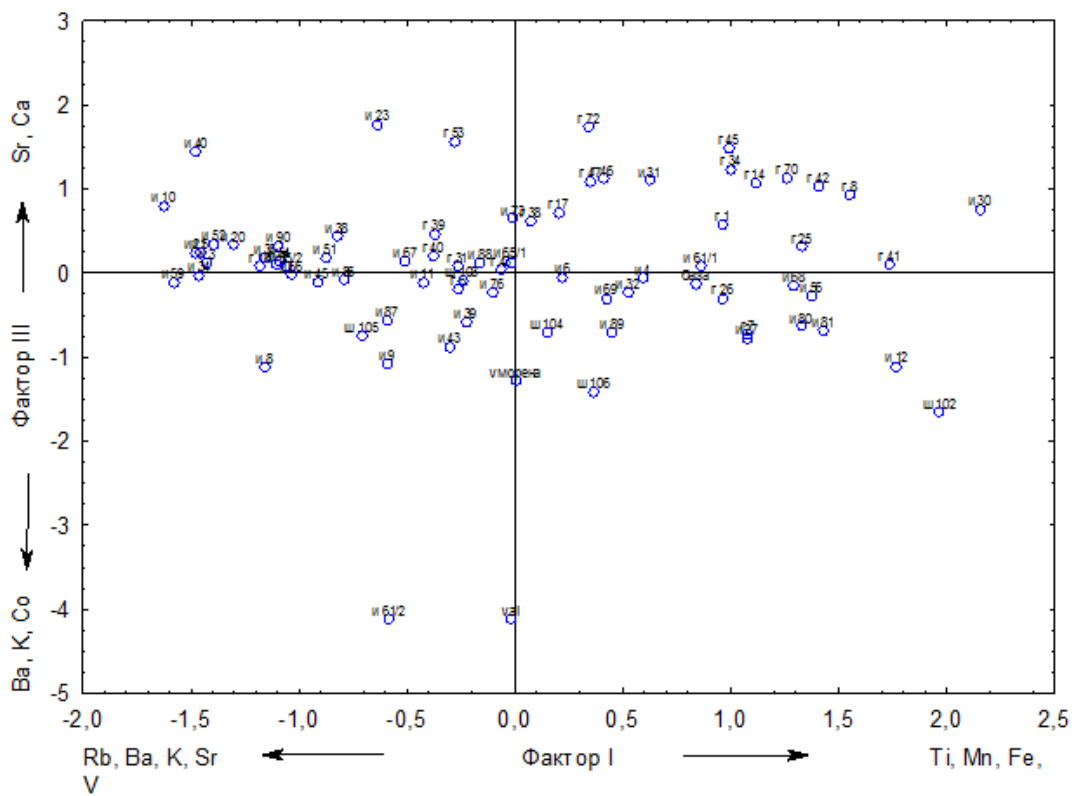
Проба	Фактор I	Фактор II	Фактор III
v al	-0,02	0,02	-4,12
v морена	0,01	-0,87	-1,28
база	0,84	0,22	-0,13
г 1	0,97	-0,64	0,57
г 14	1,11	-0,97	1,06
г 17	0,20	-0,78	0,72
г 18	-1,18	-0,11	0,08
г 25	1,33	-0,47	0,31
г 26	0,96	1,23	-0,30
г 31	-0,26	-0,84	0,08
г 34	1,00	-0,94	1,23
г 38	0,07	1,95	0,61
г 39	-0,37	1,64	0,47
г 40	-0,38	-0,95	0,21
г 41	1,74	0,68	0,10
г 42	1,41	0,99	1,03
г 43	-0,06	0,03	0,04
г 45	0,99	-1,37	1,48
г 46	0,41	-0,49	1,12
г 47	0,35	-0,12	1,10
г 53	-0,28	-0,38	1,56
г 6	-0,26	1,32	-0,19
г 7	1,08	0,36	-0,73
г 70	1,26	-1,71	1,14
г 72	0,34	-1,80	1,74
г 8	1,55	-1,78	0,93
и 10	-1,62	0,10	0,80
и 11	-0,42	0,34	-0,10
и 12	1,77	0,83	-1,11
и 20	-1,30	-0,31	0,34
и 21	-1,48	-0,03	0,25
и 23	-0,63	-0,31	1,77
и 27	1,07	0,21	-0,77
и 3	-1,42	-0,59	0,13
и 30	2,16	0,17	0,76
и 31	0,62	0,12	1,10
и 32	0,53	-0,83	-0,23
и 34	-1,46	-0,12	-0,02
и 35	-1,15	-0,14	0,18
и 38	-0,82	0,70	0,44
и 39	-0,23	-0,09	-0,59
и 4	0,59	1,59	-0,06
и 40	-1,48	0,61	1,44
и 43	-0,30	-1,40	-0,88
и 45	-0,92	-0,44	-0,11

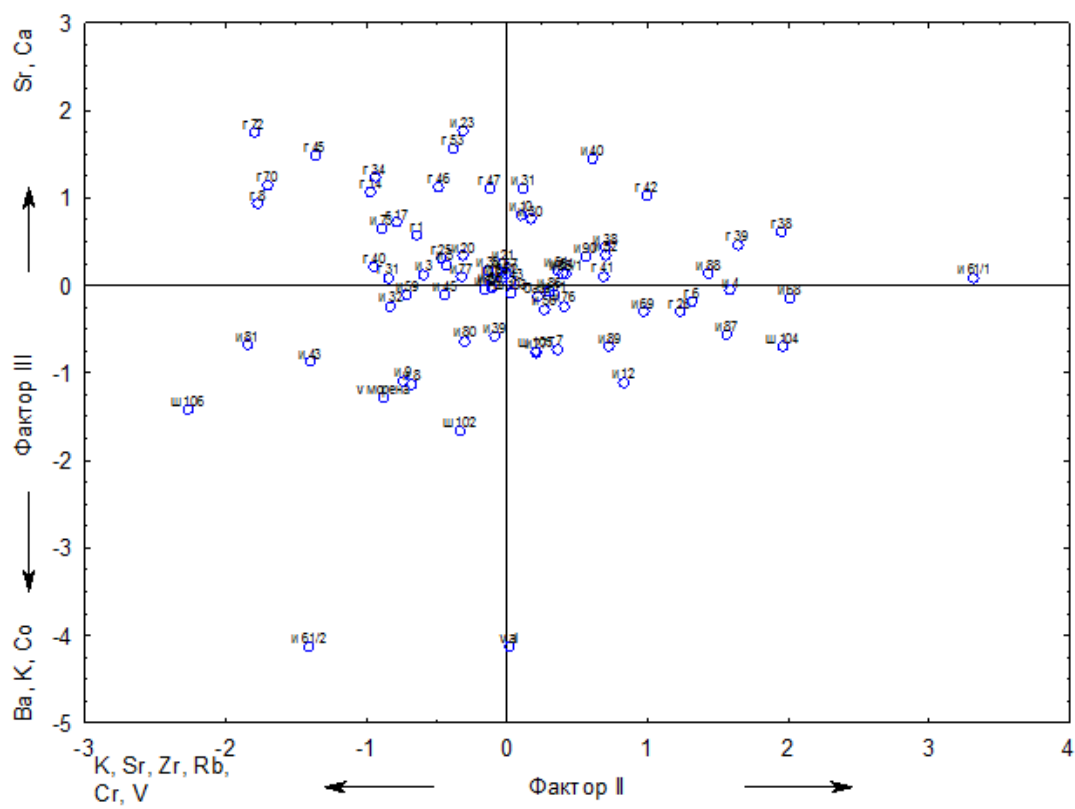
Проба	Фактор I	Фактор II	Фактор III
и 5	-1,46	-0,44	0,24
и 51	-0,88	0,35	0,18
и 52	-1,39	0,70	0,35
и 54	-1,09	0,40	0,15
и 56	1,37	0,27	-0,28
и 59	-1,58	-0,71	-0,12
и 6	0,22	-0,17	-0,05
и 61/1	0,86	3,32	0,09
и 61/2	-0,58	-1,41	-4,12
и 65/1	-0,02	0,42	0,13
и 65/2	-1,06	-0,03	0,08
и 66	-1,03	-0,12	-0,02
и 67	-0,51	-0,01	0,15
и 68	1,29	2,01	-0,15
и 69	0,42	0,97	-0,30
и 73	-0,01	-0,89	0,65
и 76	-0,10	0,41	-0,23
и 77	-1,10	-0,32	0,10
и 8	-1,16	-0,68	-1,13
и 80	1,33	-0,30	-0,63
и 81	1,43	-1,85	-0,68
и 86	-0,79	0,30	-0,08
и 87	-0,59	1,56	-0,57
и 88	-0,16	1,43	0,13
и 89	0,45	0,73	-0,70
и 9	-0,59	-0,74	-1,09
и 90	-1,09	0,56	0,33
ш 102	1,97	-0,34	-1,65
ш 103	-0,24	0,03	-0,09
ш 104	0,15	1,96	-0,70
ш 105	-0,71	0,21	-0,74
ш 106	0,36	-2,27	-1,42



Элемент	Фактор I	Фактор II	Фактор III
K	-0,64	-0,55	-0,39
Ca	0,91	-0,15	0,22
V	0,94	-0,24	-0,08
Nb	0,95	-0,11	-0,01
Ti	0,96	-0,19	0,07
Cr	0,84	-0,27	-0,16
Mn	0,96	0,21	-0,08
Fe	0,95	0,13	-0,17
Co	0,84	-0,15	-0,31
Sr	-0,61	-0,52	0,53
Y	0,95	0,06	0,03
Zr	0,83	-0,44	0,15
Th	0,88	0,07	-0,18
Rb	-0,85	-0,34	-0,10
Ba	-0,78	-0,18	-0,50
Zn	0,86	-0,21	0,06
Вес фактора	75%	8%	6%

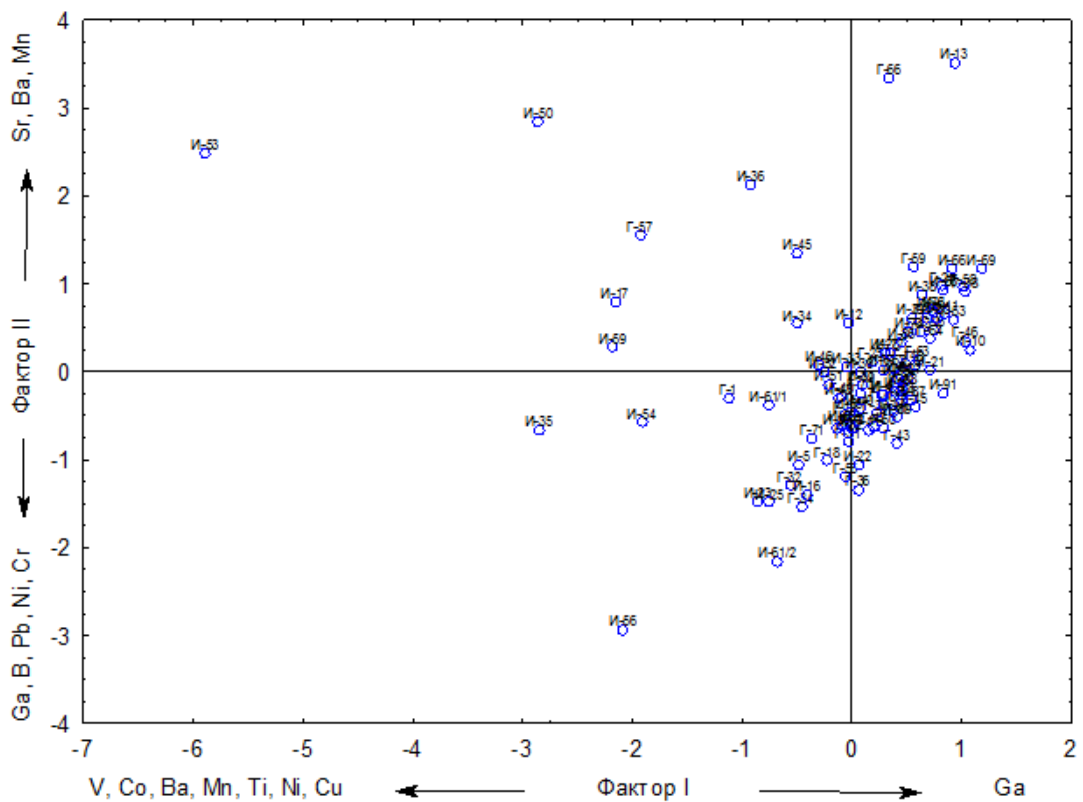
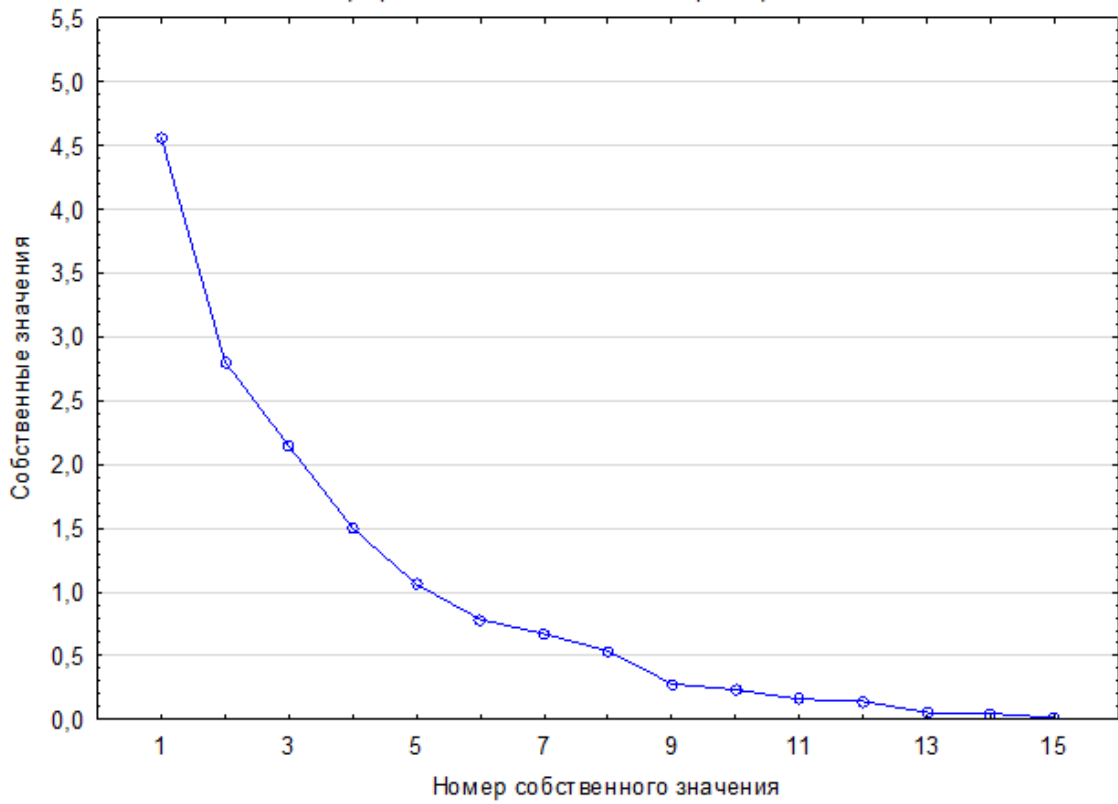
$r_{0,05;78} \approx 0,22$





## Приложение № 2. Результаты факторного анализа по данным спектрального анализа донных проб

График собственных значений факторов

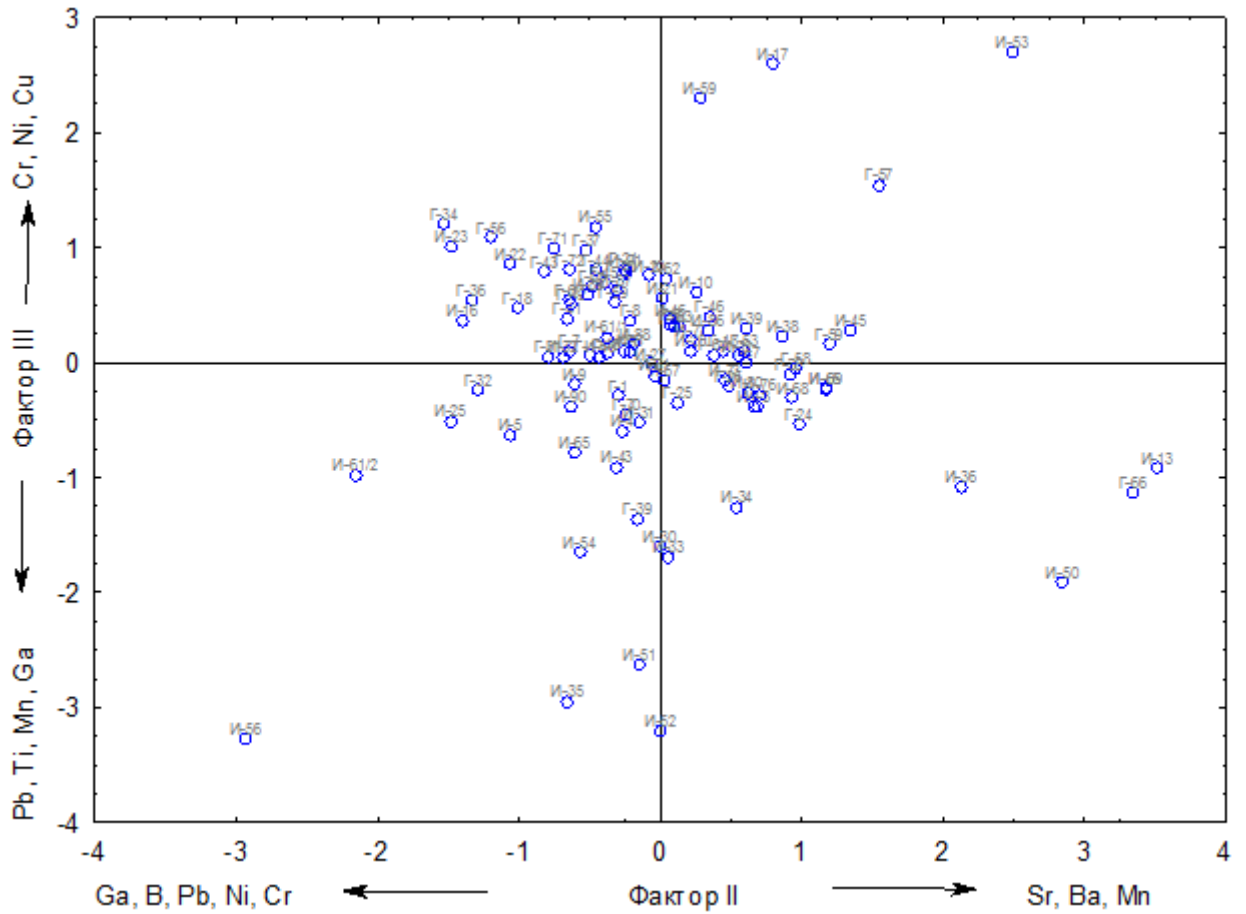
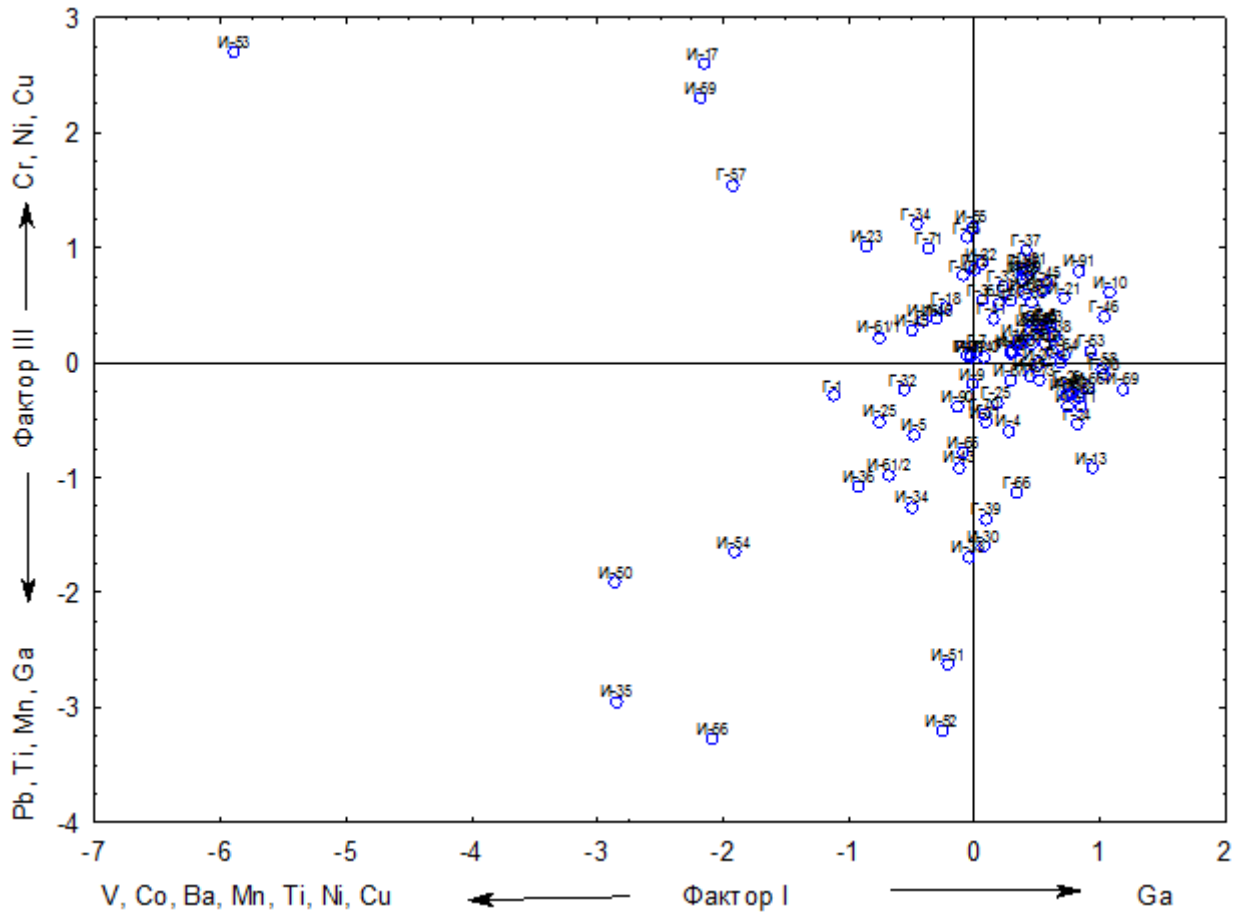


Проба	Фактор			Проба	Фактор		
	I	II	III		I	II	III
Г-1	-1,13	-0,30	-0,29	И-10	1,08	0,25	0,61
Г-6	0,57	0,07	0,33	И-11	0,85	0,66	-0,38
Г-7	0,02	-0,64	0,10	И-12	-0,03	0,55	0,06
Г-8	0,45	-0,21	0,37	И-13	0,93	3,52	-0,91
Г-13	0,62	0,45	0,10	И-16	-0,41	-1,40	0,37
Г-14	0,48	0,09	0,31	И-17	-2,16	0,80	2,60
Г-17	-0,06	-0,50	0,06	И-20	0,40	-0,08	0,76
Г-18	-0,22	-1,01	0,48	И-21	0,72	0,02	0,56
Г-21	0,46	-0,26	0,82	И-22	0,06	-1,06	0,86
Г-24	0,82	0,98	-0,53	И-23	-0,86	-1,48	1,01
Г-25	0,18	0,12	-0,35	И-25	-0,75	-1,49	-0,51
Г-26	0,74	0,48	-0,20	И-27	0,52	-0,07	-0,01
Г-31	-0,03	-0,79	0,05	И-28	0,30	0,21	0,10
Г-32	-0,57	-1,29	-0,24	И-30	0,07	0,00	-1,59
Г-33	0,22	-0,48	0,66	И-31	0,09	-0,15	-0,51
Г-34	-0,46	-1,53	1,21	И-32	-0,03	-0,69	0,05
Г-36	0,06	-1,34	0,55	И-33	-0,05	0,06	-1,69
Г-37	0,41	-0,52	0,98	И-34	-0,50	0,54	-1,26
Г-38	1,04	0,91	-0,10	И-35	-2,85	-0,66	-2,95
Г-39	0,10	-0,16	-1,36	И-36	-0,92	2,13	-1,08
Г-40	-0,09	-0,27	0,76	И-38	0,64	0,87	0,23
Г-41	0,15	-0,66	0,38	И-39	0,54	0,61	0,29
Г-42	0,20	-0,63	0,51	И-40	0,08	-0,42	0,05
Г-43	0,42	-0,82	0,79	И-43	-0,12	-0,31	-0,91
Г-44	0,38	-0,45	0,81	И-45	-0,50	1,35	0,28
Г-45	0,57	-0,39	0,69	И-46	-0,30	0,07	0,37
Г-46	1,04	0,35	0,40	И-50	-2,86	2,85	-1,92
Г-47	0,68	0,61	0,00	И-51	-0,21	-0,15	-2,63
Г-48	0,29	-0,38	0,08	И-52	-0,26	0,00	-3,20
Г-53	0,93	0,60	0,10	И-53	-5,89	2,49	2,70
Г-56	-0,06	-1,20	1,09	И-54	-1,91	-0,57	-1,64
Г-57	-1,93	1,55	1,55	И-55	-0,02	-0,46	1,18
Г-58	1,02	0,96	-0,06	И-56	-2,08	-2,93	-3,28
Г-59	0,56	1,20	0,16	И-59	-2,18	0,28	2,30
Г-60	0,29	-0,64	0,54	И-61/1	-0,75	-0,38	0,22
Г-62	0,38	0,04	0,73	И-61/2	-0,68	-2,16	-0,97
Г-63	0,60	0,13	0,32	И-65	-0,08	-0,61	-0,79
Г-64	0,71	0,38	0,07	И-66	0,91	1,17	-0,22
Г-66	0,34	3,35	-1,13	И-67	0,28	0,03	-0,15
Г-69	0,46	-0,33	0,53	И-68	0,84	0,94	-0,30
Г-70	0,08	-0,24	-0,45	И-69	1,18	1,17	-0,23
Г-71	-0,36	-0,76	0,99	И-73	0,52	0,46	-0,15
Г-72	0,00	-0,64	0,80	И-76	0,72	0,70	-0,27
И-3	0,75	0,69	-0,38	И-77	0,35	0,22	0,20
И-4	0,27	-0,27	-0,59	И-80	0,77	0,61	-0,26
И-5	-0,48	-1,06	-0,63	И-81	0,44	-0,04	-0,11

И-6	0,28	-0,26	0,10	И-86	0,45	0,34	0,28
И-8	0,39	-0,22	0,11	И-87	0,54	-0,32	0,62
И-9	-0,02	-0,61	-0,19	И-88	0,46	-0,18	0,16
				И-89	0,41	-0,51	0,60
				И-90	-0,13	-0,64	-0,38
				И-91	0,83	-0,24	0,80

Элемент/оксид	Фактор I	Фактор II	Фактор III
P2O5 %	-0,29	0,09	0,12
Ba %	-0,78	0,41	0,16
Sr %	-0,38	0,53	-0,01
TiO2 %	-0,66	-0,35	0,48
MnO %	-0,73	0,30	0,36
Crppm	-0,41	-0,37	-0,66
V ppm	-0,90	-0,19	0,13
Co ppm	-0,81	0,24	0,27
Ni ppm	-0,62	-0,37	-0,59
Zr ppm	-0,38	-0,02	0,21
Cu ppm	-0,61	-0,35	-0,50
Pb ppm	0,07	-0,64	0,60
Zn ppm	-0,37	-0,29	-0,25
Ga ppm	0,24	-0,80	0,35
B ppm	-0,12	-0,72	0,12
Вес фактора	30%	19%	14%

$\Gamma_{0,05;101} \approx 0,2$



**Приложение № 3. Статистические характеристики содержаний химических элементов в шлиховых и донных пробах**

Статистические характеристики содержаний химических элементов в шлиховых пробах:

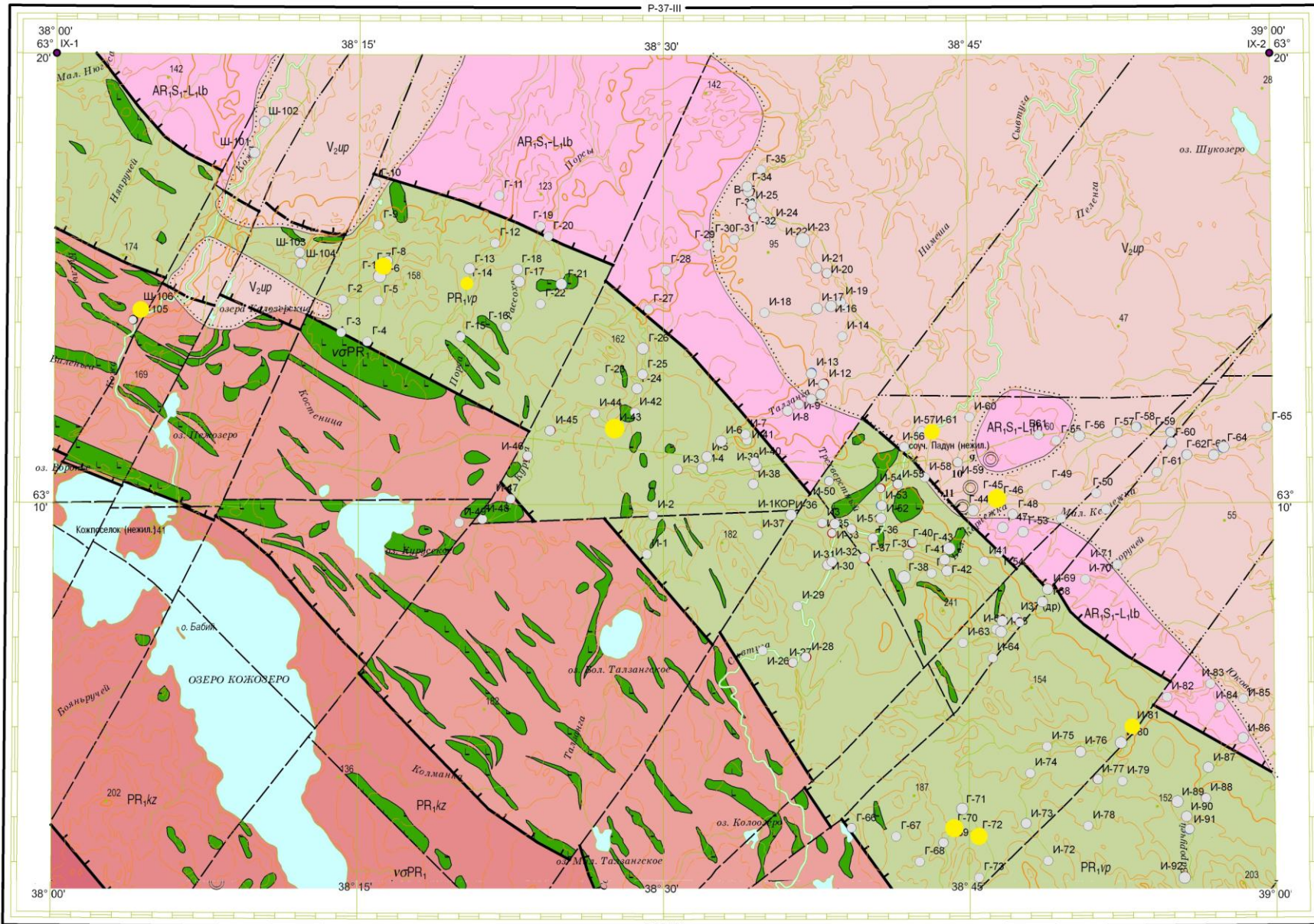
	K ppm	Ca ppm	Ti ppm	V ppm	Cr ppm	Mn ppm	Fe ppm	Co ppm
max	7972	96801	31815	263	3254	6892	272003	85
min	1078	9656	816	26	77	268	12157	15
Среднее, X <sub>ср</sub>	5095	37695	11940	110	743	3078	115566	46
Стандартное отклонение, S	952	19056	8517	64	617	1782	70188	16
K var, %	19	51	71	58	83	58	61	34
	Sr ppm	Y ppm	Zr ppm	Nb ppm	Th ppm	Rb ppm	Ba ppm	Zn ppm
max	284	98	8635	85	115	24,60	1021	119
min	62	8,1	97	5,4	7	5,80	68	14
Среднее, X <sub>ср</sub>	177	56	2352	35	34	15	179	57
Стандартное отклонение, S	51	24	1798	20	24	5	125	27
K var, %	29	43	76	58	70	36	70	47

Статистические характеристики содержаний химических элементов в донных пробах:

	P2O5 %	Ba %	Sr %	TiO2 %	MnO %	V ppm	Cr ppm	Co ppm
max	0,38	0,21	0,066	0,85	2,9	200	360	260
min	0,049	0,012	0,005	0,05	0,024	12	3,1	2,9
Среднее, X <sub>ср</sub>	0,1124	0,0374	0,0080	0,2539	0,1846	53,5	80,7	18,1
Стандартное отклонение, S	0,0542	0,0289	0,0098	0,1372	0,3760	22,8	59,7	28,4
K var, %	48,2	77,3	121,7	54,1	203,7	42,6	74,0	157,1
	Ni ppm	Zr ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ga ppm	B ppm	
max	90	370	36	19	130	22	42	
min	3,3	29	1	1,3	10	1,2	9,5	
Среднее, X <sub>ср</sub>	24,2	76,6	6,7	10,6	40,6	13,5	18,9	
Стандартное отклонение, S	13,7	47,2	5,6	3,0	27,0	4,0	5,8	
K var, %	56,7	61,6	84,1	28,2	66,5	29,7	30,6	

$$K \text{ var} = \frac{S}{X_{\text{ср}}} * 100\%$$

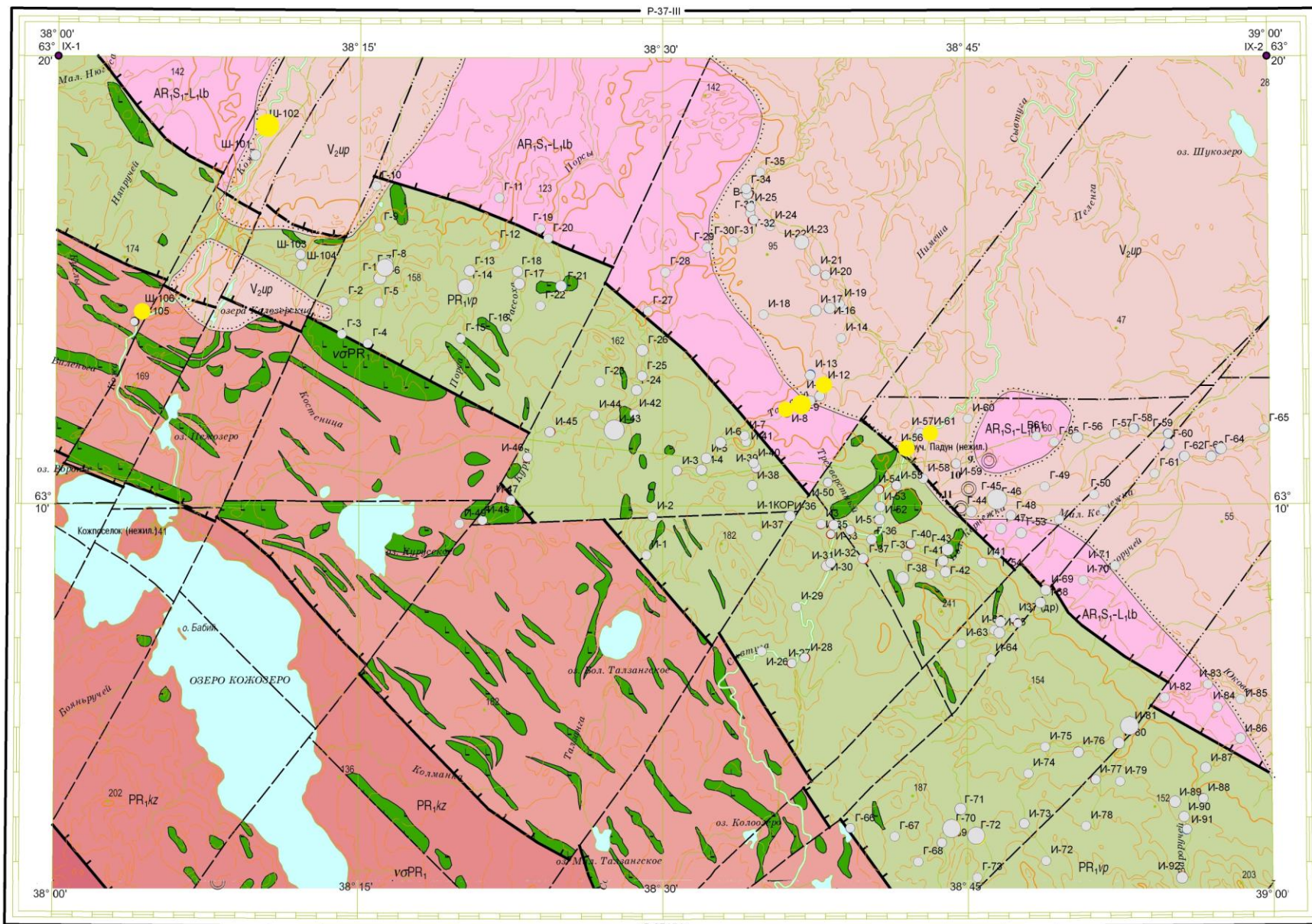
Приложение №4. Карта значений II фактора по результатам ФА данных РФСА шлиховых проб



● Пробы со значением фактора < -1
 ● Пробы со значениями фактора > -1

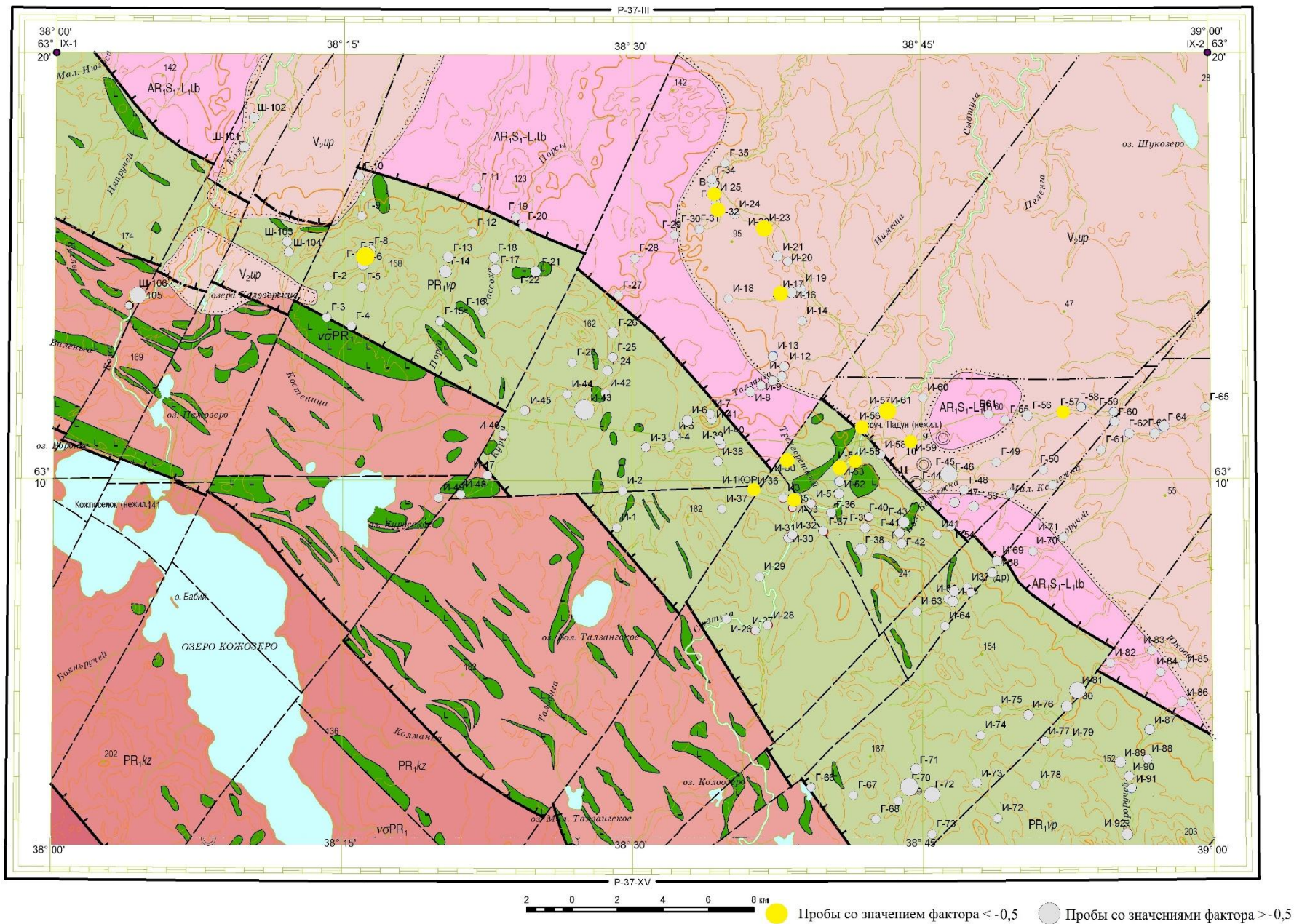


Приложение №5. Карта значений III фактора по результатам ФА данных РФСА шлиховых проб

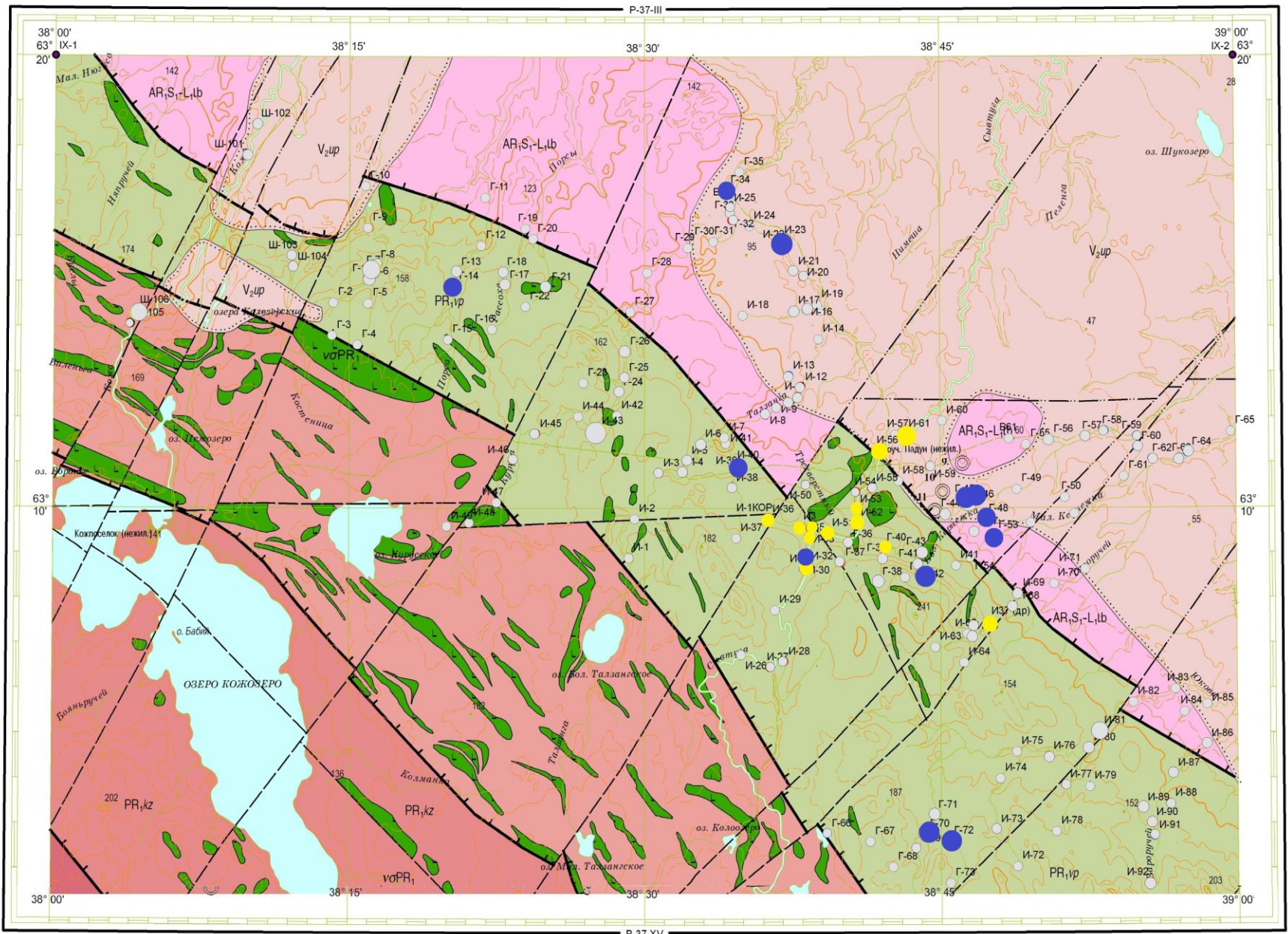


● Пробы со значением фактора  $< -1$     ○ Пробы со значениями фактора  $> -1$

Приложение №6. Карта значений I фактора по результатам ФА данных спектрального анализа донных проб



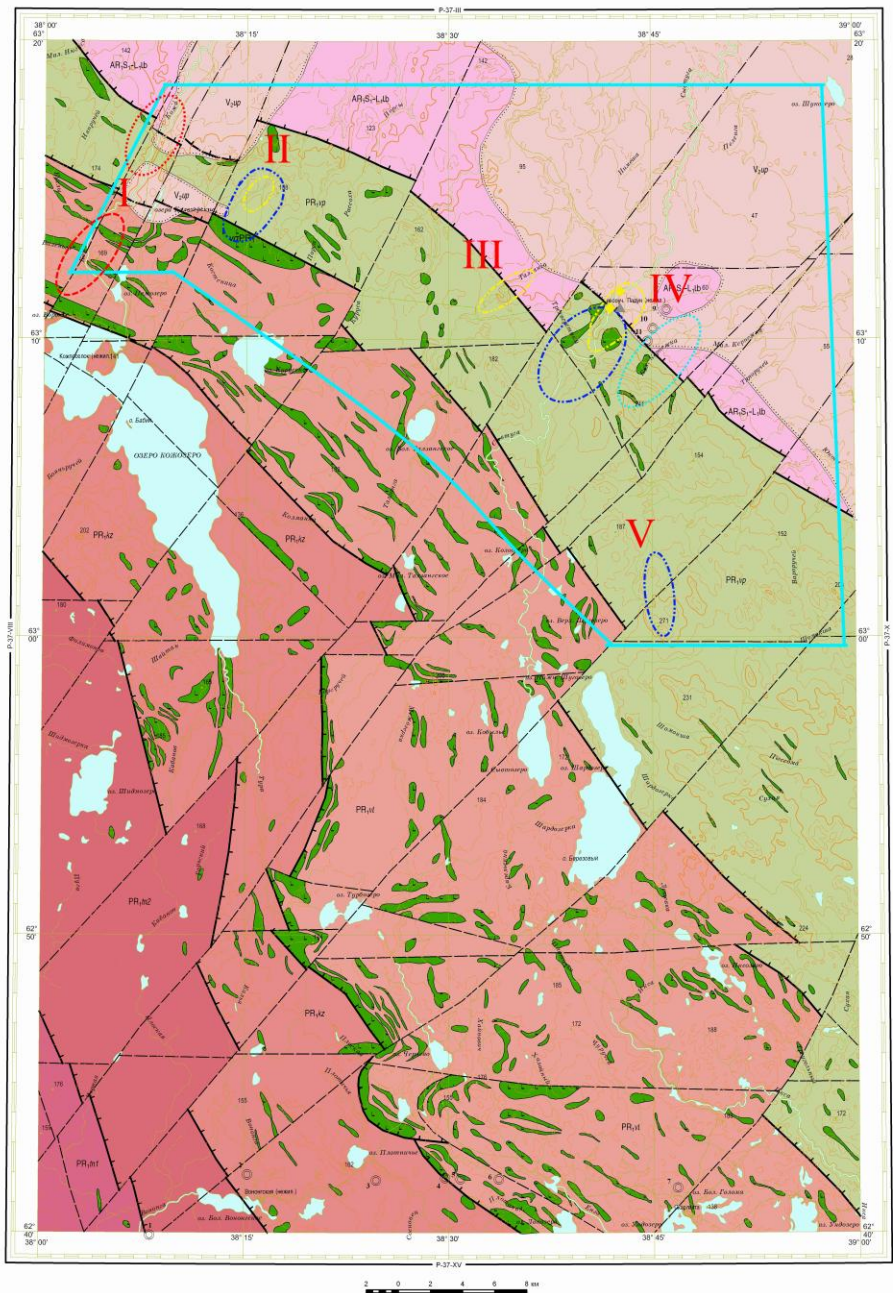
# Приложение №7. Карта значений III фактора по результатам ФА данных спектрального анализа донных проб



● Пробы со значениями фактора > 1

● Пробы со значением фактора < -1

● Пробы > -1



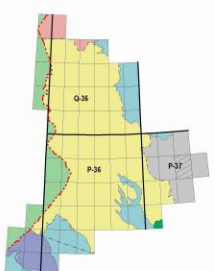
Условные обозначения

Эра	Период	Эпоха	Век
Протокаменноугольный	Рябинин	Венская	Задарский
		Архейская	Подвоя
Архейская	Ловицкий		
	Савский		

БЕЛОМОРСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ЗОНА		КАРЕЛЬСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ЗОНА		БЕЛОМОРСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ЗОНА	
400 V <sub>up</sub>	Красноцветные конгломераты, гравелиты, песчаники, глины (до 52 м)	500 PR <sub>up</sub>	Базальты толиновые и коматитовые высоко- и низкомгнезиальные, диабазы (до 4000 м)	500 PR <sub>uz</sub>	Метагабро, кварцевое метагабро, метагабро-диабазы и габбро-нориты, перidotиты, габбро, диориты, кварцевые диориты, Гейрдититы, серпентиниты
600 PR <sub>lt</sub>	Ритинископность, углеродсодержащие метаартезиты, метагнейсы, метасланцы, туффилоиды, сланцы по ним (около 1400 м)	700 PR <sub>uz</sub>	Метафронтальные сланцы по аркозовым гравелитам и песчанкам с прослоями известняков, доломитов, кварцитоподобных, метафюзилов основного и среднего состава, туффилов, конгломератов (до 1000 м)	900 PR <sub>lb</sub>	Киренская свита. Вторая вулкано-осадочная толща. Метафронтальные сланцы по базальтам, андезито-базальтам, андезито-дацитам с прослоями метафюзилов (около 100м)
1000 PR <sub>lb</sub>	Киренская свита. Первая терригенная толща. Серые кварцевые и другие метафронтальные сланцы по аркозовым песчанкам, алевролитам, кварцитоподобным, редко туффоидным (700м)	10000 PR <sub>lb</sub>		1300 PR <sub>lb</sub> -L <sub>14</sub>	Гнейсы, гранитоидные гнейсы, гранито-гнейсы, мигматиты, амфиболиты (более 6000 м)

- Интрузивные породы**
- Метагабро, кварцевое метагабро, метагабро-диабазы и габбро-нориты, габбро.
- Геологические границы**
- Границы несопоставного залегания стратиграфических подразделений
- Разрывные нарушения**
- Надвиги главные достоверные, скрытые под вышележащими образованиями
  - Разломы второстепенные предполагаемые, скрытые под вышележащими образованиями
  - Разломы второстепенные предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
  - Надвиги главные достоверные, выходящие на картографируемую поверхность
  - Надвиги второстепенные предполагаемые, выходящие на картографируемую поверхность
- Контур перспективных зон, выделенные на основе шихового и донового обораживания**
- для поисков габбро-перidotитовых комплексов с титаномгнетитовым оруденением
  - для поисков листовит-березитовых метасомитов
  - для поисков габбро-перidotитовых комплексов с титаномгнетитовым оруденением
  - для поисков листовит-березитовых метасомитов
  - для поисков габбро-перidotитовых комплексов с титаномгнетитовым оруденением
  - для поисков листовит-березитовых метасомитов
- Контур перспективных зон, выделенные на основе донового обораживания**
- для поисков габбро-перidotитовых комплексов с титаномгнетитовым оруденением
- Названия перспективных участков**
- I Кожовский
  - II Костомский
  - III Таллинский
  - IV Сянгуский
  - V Шомозинский
- Символы:**
- ♦ провалы пара в шиховых пробах
  - ▲ провалы самородного олова в верхнепесчаных конгломератах

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛИСТОВ КАРЕЛЬСКОЙ СЕРИИ



АО "СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ПГО"	"ГДП-200 листов Р-36-IX, XV" (Шардозерская площадь) (Государственный контракт № К 41.2014.005 от 26 февраля 2014 г.)	
	Ответственный исполнитель	Пестриков А.А. 2016 г.
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	Геологическая карта дочетвертичных образований (Шардозерская площадь) лист Р-36-IX	
Масштаб 1:200 000		
Составил: Компьютерная модель:		Пестриков А.А. Тузова Л.А.