

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РА  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ГЕВОРКЯН МАРИНА РУДОЛЬФОВНА**

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОВ-САМОЦВЕТОВ  
ПРИСЕВАНСКОГО ОФИОЛИТОВОГО ПОЯСА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени кандидата  
геологических наук по специальности  
24.01.01 – «Общая геология»**

**Ереван – 2014**

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ**

**ՄԱՐԻՆԱ ՌՈՒԴՈԼՖԻ ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ**

**ՄԵՐՁՍԵՎԱՆՅԱՆ ՕՖԻՈԼԻՏԱՅԻՆ ԳՈՏՈՒ ԳՈՒՆԱԳԵՎ  
ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱԶԻՄԻԱԿԱՆ  
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

**ԻՎ.01.01 – «Ընդհանուր երկրաբանություն» մասնագիտությամբ  
երկրաբանական գիտությունների թեկնածուի զիտական աստիճանի  
հայցման ատենախոսության**

**Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր**

**Երևան – 2014**

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете  
Научный руководитель: академик НАН РА, доктор геол.-мин. наук,  
профессор **Григорян Сергей Вагаршакович**

Официальные оппоненты: доктор геол.-мин. наук  
**Силин Игорь Иванович**  
кандидат геол.- мин. наук  
**Хачанов Христафор Вагаршакович**

Ведущая организация: Институт общей и неорганической химии НАН РА  
Защита состоится **28 ноября 2014г., в 14<sup>30</sup> часов** на заседании  
Специализированного совета 005 “Науки о Земле”  
при Ереванском государственном университете.

**Адрес:** 0025, г. Ереван, ул. Ал. Манукяна 1, ЕГУ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ

Автореферат разослан **28 октября 2014г.**

Ученый секретарь специализированного  
совета, кандидат геол.-мин. наук **Григорян М.А.**

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում  
Գիտական ղեկավար՝ ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, երկր.-հանք. գիտ. դոկտոր,  
պրոֆեսոր **Գրիգորյան Սերգեյ Վաղարշակի**

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ երկր.-հանք. գիտ. դոկտոր  
**Սիլին Իգոր Իվանի**  
երկրաբ.-հանք. գիտ. թեկնածու  
**Խաչանով Թրիստաֆոր Վաղարշակի**

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Ընդհանուր և անօրգանական  
քիմիայի ինստիտուտ

Պաշտպանությունը տեղի կունենա **2014 թ.-ի նոյեմբերի 28-ին, ժամը 14<sup>30</sup>-ին**  
Երևանի պետական համալսարանին կից  
005 «Երկրագիտության» մասնագիտական խորհրդի նիստում  
Հասցեն՝ 0025, Երևան, Ալեք Մանուկյան 1, ԵՊՀ:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Մեղմագիրն առաքվել է **2014 թ. հոկտեմբերի 28-ին:**

Մասնագիտական խորհրդի գիտական  
քարտուղար, երկր.հանք. գիտ. թեկնածու **Գրիգորյան Մ.Ա.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### ВВЕДЕНИЕ

#### Актуальность темы.

Учение о минералах-самоцветах имеет глубокие исторические корни и во все времена было тесно связано с прикладными направлениями геохимии и минералогии. Присеванский (Амасия-Севанский) офиолитовый пояс является весьма типичным представителем офиолитовой ассоциации пород и расшифровка их минералого-геохимических особенностей представляет важную задачу. В работе обобщены результаты исследований по одному из интересных источников камнесамоцветного сырья.

#### Цель и задачи исследований.

Изучить геохимические особенности и разработать минералого-геохимические методы поисков минералов-самоцветов в Присеванском офиолитовом поясе. Основные задачи:

1. Показать геохимические особенности пород и минералов-самоцветов.
2. Предложить классификационную схему на основе принадлежности каждого вида минералов-самоцветов к определенной формации и фации пород.
3. Предложить геохимические методы поиска минералов-самоцветов на основе выделения минералого-парагенетических фаций и по вторичным ореолам рассеяния элементов-индикаторов.

#### Фактический материал, методика исследований и объем работы.

Основой для решения поставленных цели и задач послужили результаты полевых работ и лабораторных исследований пород и минералов, а также фондовые и опубликованные материалы. Работа основана на обширном фактическом материале, охватывающем результаты изучения 50 полных химических анализов пород и минералов, 200 образцов полированных шлифов и петрографических шлифов, 1650 спектральных анализов, 20 микронзондовых анализов, 30 рентгеноструктурных и фазовых определений.

#### Научная новизна работы.

- Предложены признаки и методы поиска на основе анализа непосредственной связи с определенными минералого-парагенетическими фациями на примерах яшмы, группа жадов (нефритоид, ксонотлит, пектолит) и демантоида.
- Впервые предложена классификация минералов-самоцветов Присеванского (Амасия-Севанского) пояса офиолитовой ассоциации Армении.
- Впервые применены методы геохимического поиска минералов-самоцветов по вторичным ореолам рассеяния элементов-индикаторов.
- Показано, что офиолитовая ассоциация пород Присеванского пояса является перспективным источником минералов-самоцветов.

#### Основные защищаемые положения.

– Доказана принадлежность минералов-самоцветов к определенным формациям и минерало-парагенетическим фациям пород офиолитовой ассоциации на примерах: яшмы, группы жадов (нефритоид, ксонотлит, пектолит) и гранатов (андрадит, демантоид, уваровит).

– Выдвинута новая классификационная схема минералов-самоцветов пород офиолитовой ассоциации, которая может послужить направляющим поисковым признаком для минералов-самоцветов.

– Разработаны оригинальные методики геохимических поисков путем установления мультипликативных ореолов рассеяния групп макро- и микроэлементов как прямых индикаторов минералов-самоцветов.

#### **Практическое значение работы.**

– Офиолитовая ассоциация пород является перспективным источником минералов-самоцветов.

– По прикладным свойствам минералы-самоцветы подразделяются на группы: ювелирные, поделочные, декоративно-поделочные.

– Разработана оригинальная методика геохимических поисков путем установления мультипликативных ореолов рассеяния групп макро- и микроэлементов–прямых индикаторов минералов-самоцветов, кроме того установлено пространственное совмещение вторичных ореолов пар элементов-индикаторов минералов-самоцветов, участвующих в качестве примесей в минералах группы гранатов (демантоид–уваровит), пектолита и ксонотлита на примере исследованного в качестве геохимической модели Даранакского месторождения.

#### **Апробация работы.**

Основные положения диссертации были доложены на международных конференциях: “Геммология-1”, 1985г. и “Геммология-2”, 1989г. (Черноголовка); “30-ая международная геммологическая конференция, 2007г., Москва”; “XIV международное совещание по геологии россыпей и месторождений кор выветривания, Новосибирск, 2010г”, “Ежегодный семинар по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии, ЕЦЭМПГ, 2011г, ГЕОХИ, Москва”. На различных конференциях в Армении: “Конференция, посвященная 90-летию профессора С.П.Баляна. Ереван. 25-28.04.2007.” и “Первая республиканская конференция студентов и молодых специалистов, посвященной 85-летию горно-геологической службы РА и 70-летию геологического факультета ЕГУ. Ереван, 2004” и др. По теме диссертации опубликованы 15 научных статей, в том числе 1 монография и получен 1 патент.

#### **Структура и объем работы.**

Работа выполнена на кафедре региональной геологии, петрологии и геологии месторождений полезных ископаемых факультета географии и геологии ЕГУ. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и указателя

литературы (содержащего 110 наименований). Работа изложена на 122 страницах, содержит 31 рисунок и 25 таблиц.

Автор считает своим долгом выразить глубокую признательность и благодарность своему научному руководителю, академику НАН РА С.В. Григоряну, а также кандидату геол.-мин. наук А.З. Адамян за помощь в компьютерной обработке геолого-геохимической информации. Автор выражает глубокую благодарность декану факультета географии и геологии ЕГУ доценту М.А. Григоряну за содействие в подготовке диссертационной работы.

Автор благодарит заведующего кафедрой региональной геологии, петрологии и геологии месторождений полезных ископаемых Ш.В. Хачатряна и своих коллег по кафедре.

За период подготовки работы автор имела возможность консультироваться и пользоваться советами своих старших коллег и руководителей: С.Б. Абовяна, П.Г. Алояна, А.Т. Асланяна, С.И. Баласаняна, В.Б. Мурадяна, И.Х. Петросова, М.А. Сатиана, В.Б. Сейраняна и др., а также московских ученых-специалистов: В.С. Балицкого, А.П. Акимова, Ю.С. Геншафта, Г.С. Закариадзе, Ф.В. Каминского, Е.Н. Киевленко, Д.А. Минеева и др.

Особую благодарность заслуживает неизменный в течение многих лет научный консультант диссертанта профессор Р.Г. Геворкян. Всем вышеупомянутым ученым автор выражает искреннюю признательность.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Введение** состоит из следующих пунктов: актуальность темы; цель и задачи исследований; фактический материал, методика исследований и объем работы; научная новизна работы; основные защищаемые положения; практическое значение работы; апробация работы; структура и объем работы.

### **Глава 1. Геологическая позиция Присеванского (Амасия-Севанского) офиолитового пояса Армении (Литературный обзор)**

Армения является одной из наиболее изученных в геологическом отношении стран по данным крупномасштабных геологических, геохимических, геофизических съемок (1950–1990). Анализ геотектонической истории развития территории Армении, как с позиций геосинклинальной (I), так и мобилистской (II) концепции, приводит к единому выводу о том, что данная провинция в составе Альпийской складчатой области является регионом с континентальной корой, сформированной окончательно к концу миоцена.

На территории Армении выделяются два офиолитовых пояса (полосы). Главный – Присеванский (Амасия-Севанский) и Вединский (рис. 1). На Малом Кавказе ультрамафиты представлены аллохтонными телами, пластообразными и

линзовидными массивами, несогласно залегающими в мезозойских отложениях (J<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>). Геологическая позиция пород офиолитовой ассоциации Присеванского (Амасия-Севанского) пояса представлена:

- в основании ассоциации залегают гарцбургиты подвергнутые процессам серпентинизации, оталькования и реже многократным процессам обратной регенерации с образованием полнокристаллических пироксен-оливиновых пород;

- выше располагается габброидная (расслоенная) серия, включающая: клинопироксеновые, троктолитовые, верлит-вебстеритовые, габбро-анортозитовые породы. Полный разрез серии представлен: перидотитами (гарцбургитами), клинопироксенитами, меланократовыми габброидами, а сверху налегают лейкократовые габбро, анортозиты и платиогранофиры;

- венчает офиолитовый разрез толща переслаивающихся диабазов и их спилитизированных разностей с кремнисто-фтанитовыми (радиоляритовыми) породами, граувакками и рифогенными известняками, формирующими зачастую олистострму.

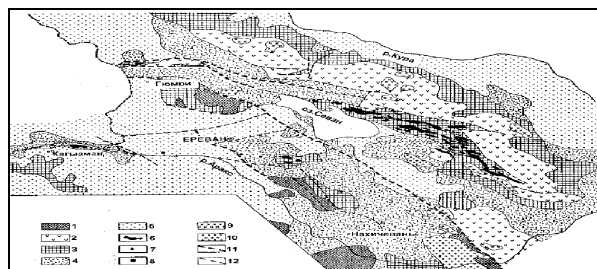


Рис. 1. Схема распространения офиолитов на Южном Кавказе.

**Условные обозначения:** возраст структурных этажей: 1 – байкальский-варисский (доальпийское название); 2 – юра-нижний мел (неоком); 3 – альб-маастрихт; 4 – верхний мел-плиоцен; 5 – плиоцен-четвертичный; 6 – участки офиолитов; 7 – участки офиолитов, вскрытые скважинами; 8 – галька гипербазитов и габброидов в коньякских конгломератах; 9 – мезозойские гранитоиды; 10 – третичные гранитоиды; 11 – тектонические швы; 12 – наиболее крупные тектонические нарушения (Паланджян С.А.).

**Присеванский офиолитовый пояс** включает массивы: Амасия-Ширакский, Базумский, Шоржинский, Артанишский, Джил-Сатанахачский, Кахакн-Соткский (Караиман-Зодский) и др. В современном геологическом срезе в пределах верхняя юра-нижнемеловое время на глубоко эродированной поверхности офиолитов (океаническая кора) развивалась примитивная палеоостровная дуга с характерной толеит-трахибазальтовой серией вулканитов мощностью 1,0–1,2 км. Она заложена на офиолитовой плите, обдуцированной на южный активный край Русской платформы, который представляет относительно древнюю развитую островную дугу.

## Глава 2. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД

### 2.1. Закономерности распределения химических элементов

Рассмотрены породы гипербазитового и габброидного комплексов. Образцы в количестве 1650 анализировались эмиссионно-спектральным методом в Броницкой лаборатории (Московская область) на более чем 28 элементов, однако здесь рассмотрены из них результаты лишь по 10 элементам: Ti, Mn, Cr, V, Ni, Cu, Zn, Pb, Mo, Co.

Для выяснения геохимических особенностей пород содержания указанных элементов подвергнуты статистической обработке и затем установлены закономерности их распределения. При изучении распределения были рассчитаны средние содержания химических элементов по группам пород и составлены графики (рис. 2, графики 1 и 2, вес.%).

Ряды элементов разделены по геохимической классификации на элементы группы железа: Ti, Mn, Cr, V, Ni, Co (график 1) и халькофильные элементы: Cu, Zn, Pb, Mo (график 2). На графиках группы пород пронумерованы последовательно следующим образом: дуниты (1), перидотиты (2), серпентиниты (3), троктолиты (4), габбро (5) и кварцевые диориты (6). В целом составленный ряд отвечает направлению эволюции от ультраосновных к более кислым разностям пород.

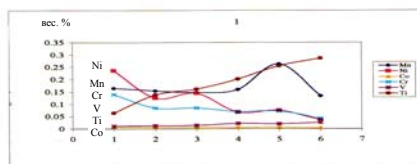


Рис. 2.

График 1.

По горизонтали – названия пород.  
По вертикали – содержания (вес.%).

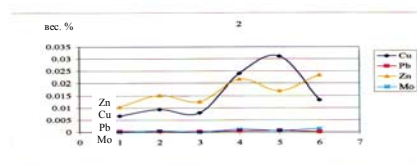


График 2.

По горизонтали – названия пород.  
По вертикали – содержание (вес.%)  
1. Дунит; 2. Перидотит;  
3. Серпентинит; 4. Троктолит;  
5. Габброиды; 6. Кв. диорит.

На графике 1 можно заметить, что колебания содержаний Mn и Cr во всех группах пород имеют одинаковый характер, за исключением габброидов. Для изучения взаимосвязей в рассматриваемых группах пород рассчитаны корреляционные коэффициенты Mn и Cr в пределах каждой из групп пород:  $R_d=0,024$ ;  $R_p=0,05$ ;  $R_c=0,109$ ;  $R_t=0,123$ ;  $R_d=0,062$ ;  $R_{кд}=0,044$ . Однако прямые корреляционные связи для рассматриваемых групп пород не обнаружены.

С целью установления взаимосвязей между изученными элементами были также рассчитаны корреляционные коэффициенты для Cu и Zn, которые представляются как:  $R_{д}=0,451$ ;  $R_{п}=0,12$ ;  $R_{с}=0,636$ ;  $R_{т}=0,285$ ;  $R_{л}=0,077$ ;  $R_{кд}=0,714$ .

Изучение геохимических закономерностей распределения концентраций элементов: Cr, Ni, Mn, Ti, V, Zn, Cu, Pb в породах показало:

– максимальные концентрации: Cr, Ni, Mn наблюдались в пределах распространения пород гипербазитового (ультрамафитового) комплекса;

– максимальные концентрации: Ti, V, Zn, Cu, Pb наблюдались в пределах распространения пород габброидного (мафитового) комплекса.

Важно отметить, что элементы: Ni, V, Cr, Ti образуют концентрации на магматической стадии формирования массивов и представлены рядом достаточно известных собственных месторождений в пределах СВ побережья оз. Севан (Шоржа, Цапатаг и др.).

### **Первое защищаемое положение**

*Показана принадлежность минералов-самоцветов к определенным формациям и минералого-парагенетическим фациям офиолитовой ассоциации пород на примерах: яшмы, группы жадов (нефритоид, ксонотлит, пектолит) и гранатов (андрадит, демантоид, уваровит).*

Положение раскрывается в второй и третьей главах.

Породы гипербазитового и габброидного комплексов различаются по петрохимическим признакам, в особенности по магнезиальности, щелочности (параметр M/F), степени дифференцированности, а также по взаимоотношениям с вмещающими породами, возрастным признакам и т.д. Различаются они также по набору акцессорных минералов. Так, для гипербазитов типичны: хромшпинелиды, пирит, халькопирит, а для габброидов – титаномагнетит, ильменит, магнетит, апатит. А для более кислых пород – циркон, сфен и всегда присутствует апатит. В ряду габбро-кварцевый диорит-плагиогранит уменьшаются концентрации: Mg, Fe, Ca. В этом же ряду возрастают содержания: Be, Zr, Y, Tb, Ga, Ba, наоборот – уменьшаются – Ti, Mn, Cr, Ni, V, Se.

С породами офиолитовой ассоциации Армении связаны самые различные типы полезных ископаемых. Значительная их часть парагенетически непосредственно связана с офиолитами и представлена различными типами камней-самоцветов или минералов-самоцветов: алмаз, хромдиопсид, хромшпинелиды, серпентинит, жадеит, яшма, офиокальцит, опал, хромдиопсид, гранаты (демантоид, альмандин), корунд (рубин и др.) и др.

### **Ювелирные камни.**

*Апогарцбургитовая формация.*



**Алмаз** – первые два кристалла найдены случайно сотрудником ГЕОХИ РАН В.С. Шамаковым в 1972 году в обломке *оливиновой породы*, вблизи северного портала тоннеля под Пушкинским перевалом. В дальнейшем в результате проведенных целенаправленных исследований в период 1973–1978гг. на территории Армении было обнаружено свыше 40 кристаллов алмазов и их осколков размером до 0,3 мм. Обнаружение алмазов в связи с гипербазитами имеет общее минералого-теоретическое значение в развитии концепции “некимберлитовых первоисточников” алмаза.

**Хромдиопсид** – является одним из главных петрогенных минералов в серии “реакционных” ультрамафитов – верлитах и вебстеритах. Бутылочно-зеленые, короткостолбчатые кристаллы размером от 0,5 до 5 мм образуют мелкозернистые скопления вдоль трещин (3–4 мм) среди хромитоносных тел Шоржинского и Даранакского (Даринского) месторождений. Форма зерен типоморфна для клинопироксена. Твердость – 5,5, уд. вес – 3,31. Спайность совершенная по пинакоиду (010) и грани (010), внешне кристаллы пластичны. Блеск перламутровый, хрупок и легко расщепляется, образуя при этом удлиненные обломки. Показатели преломления:  $n_m=1,672$ ;  $n_g=1,965$ ;  $n_p=1,667$ ;  $n_g-n_p=0,029$ ;  $CNg=-42^\circ$ ;  $2V=+58^\circ$ , что отвечает чистому диопсиду.

**Хромшпинелиды** – среди ультрамафитов дунит-гарцбургитовой формации встречаются как акцессории в форме октаэдрических кристаллов со штриховкой на гранях и в виде округлых неправильной формы зерен размерами до 2–4 мм. Однако хромшпинелиды чаще слагают среди дунитов массивные вкрапленные, такситовые нодулярные руды в виде залежей и линз в пределах Шоржинского и Джил-Сатанахачского массивов. Цвет зерен черный, а на просвет – густо красный. Излом ровный, реже раковистый. Черта бурая. Блеск металлоидный до жирного. Твердость – 5,5–7. Спайность октаэдрических зерен совершенная; в зернистых агрегатах наблюдается трещиноватость, заполненная серпентином.

***Глаукофан-альмандиновая (квазиэклогитовая) формация.***

**Альмандин** – известен как акцессорий в перидотитах, габброидах и верлитах габбрового комплекса. Размер зерен колеблется от 0,075 до 1,25 мм, форма изометрическая или неправильная, часто со следами оплавления. У некоторых из наиболее крупных зерен имеются реликты граней ромбододекаэдра, прозрачный, вязкость высокая, излом раковистый, форма кристаллов – ромбододекаэдры и тетрагон-триоктаэдры. Показатель преломления – 1,78; твердость – 7,5, удельный вес – 4,52. Ассоциируют с хромшпинелидами, магнетитом и муассанитом.

***Родингит-лиственитовая (метасоматитовая) формация.***

**Демантоид** – травяно-зеленого цвета встречается в виде кристаллов размером в поперечнике до 0,1–3 мм, облик их ромбододекаэдрический, часто в комбинации с тетрагон-триоктаэдром, иногда с оплавленными гранями.

Спайность отсутствует. Твердость около 7; хрупок, излом неровный. Удельный вес – 3,4. Цвет зеленый, прозрачный, блеск стеклянный, оптически изотропный,  $N = 1,890$ . В качестве примесей присутствуют  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_5$ ,  $V_2O_5$ ,  $BeO$  и др.

**Уваровит** – встречается в виде прожилков до 4 мм, корок, включений и плотных, реже зернистых масс. Цвет изумрудно-зеленый. Блеск стеклянный, жирный. Оптически изотропен,  $N = 1,872$ . Спайность отсутствует, редко – несовершенная по (110). Твердость около 7, хрупок; удельный вес – 3,50. Из примесей присутствуют:  $Na_2O$ ;  $K_2O$ ;  $V_2O_5$ ;  $P_2O_5$ .

#### Поделочные камни.

**Нефритоиды** – залегают среди агломератовой олистостромовой и меланжевой толщи, сложенной обломками ультрамафитовых пород (дунигарцбургитового состава) разной величины – от 0,1–0,2 м до 1,2–1,3 м. Породы обычно раздроблены, развальцованы, милонитизированы. Микроскопические исследования показали, что “нефритоид” представляет собой породу, сложенную тальк-серпентиновыми, серпентин-амфибол-талковыми агрегатами с неоднородной гетеробластовой структурой. Минеральный состав представлен тальком, амфиболом, серпентином, эпидотом, сфеном, магнетитом.

**Жадеититы** – обладают декоративными качествами и принимают зеркальную полировку. Серпентинитовые тела нарушены многочисленными трещинами, вдоль которых происходили интенсивные метасоматические процессы. Часто вдоль отдельных трещин наблюдается амфиболитизация серпентина (актинолит, тремолит). Иногда такие полосы переходят в довольно мощные линзы и полосы (до 1–1,5 м), мономинеральные, но, в основном, амфиболовые по составу.

Декоративные разности “нефритоидов” залегают среди серпентинитов в виде отдельных участков, блоков и линзовидных тел. Дефектами являются включения рудных минералов, трещиноватость и ожелезнение. В целом качество “нефритоида” и “жадеитита” на Даранакском (Даринском) проявлении удовлетворительное и заслуживает внимания как декоративное камнесамоцветное сырье, но нуждается в дальнейшем более детальном изучении.

**Ксонотлит-нектолит** – розовый, с радиально-лучистыми агрегатами до 8–10 см, полупросвечивающий в жилах мощностью до 15 см, секущих будины хлорит-серицитовых пород в эндоконтакте Джил-Сатанахачского массива с габброидами, по второму левому притоку р. Памбак. Детально диагностирован, в т.ч. по данным дифрактограмм; ксонотлит – белый длиноволокнистый занозистый с примесью пектолита, агатовидный (переливчатый). Обнаружен также в юго-восточном эндоконтакте массива Левчай, в зоне протягивающейся на 1,5 км, где жилы ксонотлита мощностью до 10 см и на отдельных участках

будиализованных тел (0,8–0,5 м) чередуются с прожилками пектолита мощностью 1–2 см и протягиваются до 15–20 см.

#### **Декоративно-поделочные камни.**

##### ***Апогарцбургитовая, дунит-гарцбургитовая формация.***

***Перидотит и серпентинит (змеевик)*** – в значительной степени, а иногда и нацело, серпентинизирован, образуя массивный серпентинит (змеевик).

***Пироксенит*** – порода характеризуется зеленовато-серым или темно-серым цветом и встречается в виде шширообразных полос. Большим развитием среди пироксенитов пользуются содержащие оливин разновидности, где его количество колеблется от 15 до 30%. По составу оливин относится к хризолитовому ряду.

##### ***Габброидная формация.***

***Габброиды*** – выделяются несколько месторождений перидотитов и габбро, представленных двумя крупными выходами, расположенными: к северу от села Шоржа – Северо-Шоржинский габбровый массив (1) и к востоку от села Шоржа – Восточно-Шоржинский габбро-перидотитовый массив (2).

На основании экспериментальных данных можно прийти к выводу, что *Шоржинское габбро* в целом удовлетворяет требованиям к получению блоков этого камня для распиливания на облицовочные изделия.

Памбакское месторождение габбро-троктолитов расположено в 4,5– 5 км к северо-востоку от с. Памбак, в бассейне верхнего течения р. Памбак. Тела габбро и троктолитов линзообразные и пластообразные. Габбро и троктолиты Памбакского месторождения также высокого качества и могут быть использованы для получения блоков и облицовочных плит.

***Диорит и кварцевый диорит*** - представляют собой средне-, реже мелкозернистые массивные породы зеленовато-серого цвета.

##### ***Спилит-диабазовая формация.***

***Диабазы*** – породы серо-зеленого цвета, массивного, афирового сложения – мелко, среднезернистые с миндалекаменной структурой. Добываются на различных участках в качестве декоративного камня, а также бута и щебня.

***Кремнисто-карбонатная формация.*** Среди офиолитовой ассоциации встречаются различные типы яшм.

***Железисто-кремнистые яшмовые радиоляриты*** – красные, сургучные яшмы, имеющие значение как поделочные камни. Больше всего распространены окрашенные в красный, кирпично-красный, “сургучный” цвета; имеют тонкую слоистость, горизонтальную, иногда с выклиниванием слойков. Такие яшмы имеют широкое распространение в районе Севанского хребта.

***Полосчатые яшмы*** - определяются чередованием красных сургучных и марганцевистых, более коричневатых и почти черных слойков (2–5 мм).

Крупные выходы этих пород крайне незначительны, они слагают переход между железисто-кремнистыми и марганцовистыми яшмами (правобережье р. Авазан (Гейсу), верховье р. Гегамасар (Шишкая)).

**Фтанитоиды** слагают маломощные (0,2–0,5 м, реже до 1,5 м) линзы и прослои среди радиоляритов и прочих силицитов. Это темно-серые, зеленые, темно-зеленые породы; окраска сгущается к середине линз; порода слоистая, слоистость горизонтальная.

**Брекчиевидные яшмы** с халцедон-кварцевым цементом; выходы обнаружены в нескольких пунктах южного склона Севанского хребта. Брекчии слагают прерывистые зоны северо-западного простирания и близвертикального падения. Мощность зон не превышает 3–5 м.

**Офиокальцит** – карбонатные породы (и осадки) сцементированы серпентиновой массой. Пятна и прожилки апосерпентинитового вещества (окислов железа, магнезиального карбоната, кальцита и др.) характеризуют декоративную ценность офиокальцитов как поделочный материал.

#### **Второе защищаемое положение**

***Выдвинута новая классификационная схема минералов-самоцветов пород офиолитовой ассоциации, которая может послужить направляющим поисковым признаком для минералов-самоцветов.***

Положение раскрывается в четвертой главе.

#### ***Минералого-генетическая классификация.***

Одним из главных подходов является генетическая классификация минералов. В предлагаемой схеме (табл. 1) обобщаются результаты изучения генетической связи цветных камней с характерными комплексами и формациями пород офиолитовой ассоциации. Сочетание свойств минералов и пород с признаками их формационной принадлежности может послужить направляющим поисковым критерием для оценки перспективности определенных типов формаций пород в отношении самоцветного сырья.

Основой для проведения прогнозирования на камнесамоцветное сырье послужили критерии прогноза и методы поиска цветных камней, разработанные и обобщенные Е.Я. Киевленко, Н.Н.Сенкевичем, где генетические типы месторождений и проявлений объединяются общей направленностью процесса образования высококачественных цветных камней и предлагаются в качестве минералого-парагенетических или камнесамоцветных (геммологических) фаций.

Оперирование этим понятием позволяет путем сравнительного анализа различных геологических параметров прогнозировать месторождения конкретных генетических типов сравнимых с эталонными геологическими объектами и образцами. Ниже приведены некоторые примеры применения выдвинутых критериев прогноза и методов поиска для камнесамоцветных фаций и

отдельных генетических типов камней-самоцветов, на которых основывается прогнозная оценка Присеванского офиолитового пояса. В виде примеров рассмотрены: яшмы, группы жадов (нефритоид, ксонотлит, пектолит) и гранатов (андрадит, демантоид, уваровит).

Приведенная схема классификации минералов-самоцветов была доложена на трех международных конференциях и получила признание специалистов-геммологов.

Таблица 1

Схема классификации минералов-самоцветов офиолитовой ассоциации Армении

Комплексы	Формации	Минералы -самоцветы			
		Ювелирные	Поделочные	Декоративно-поделочные	
Офиолитовая ассоциация	Ультрамафитовый (гипербазитовый)	Гарцбургитовая ( дунит-гарцбургитовая)	Алмаз Хромдиоксид Хромшпинелид Хризолит	‘Нефритоид’ ‘Жаденит’	Перидотит (змеевик) Серпентинит Пироксенит
	Мафитовый (габброидный)	Габброидная	-	-	Габбро Диорит: кварцевый и б/кварцевый
	Вулканогенно-осадочный	Спилито-диабазовая	-	-	Диабаз и др.
		Кремнисто-карбонатная	-	-	Яшма, Офиокальцит Силицит (фтани-тоид) Окремненный извест. Оникс: арагонитовый и кальцитовый
		Терригенно-осадочная	-	-	Обломочные: Силицит Туфобрекчия Туфопесчаник Граувакк Конгломерат мраморизованный
	Метаморфогенно – метасоматический	Глаукофан-альмандиновая (эклогитоподобная)	Альмандин	-	-
		Зеленосланцевая			
		Родингит-лиственитовая (метасоматическая)	Демантоид Уваровит	Пектолит Ксонотлит Гранатовый жад (Родингит)	Родингит Лиственит

## Методы прогноза.

### *Родингитовая минералого-парагенетическая фация. Субфация нефритоносных, жадеитоносных и благородных родингитов.*

Эта группа самоцветов за рубежом называется собирательно «жадами». К ним относятся: нефритоид, жадеитит, гранатит, пектолитит, ксонотлитит, пренит-цоизилит, везувианит и др.

Нефритоносная субфация родингитов (апогарцбургитовая ветвь) связана генетически с зонами серпентинитового меланжа, включающими будинизированные тела, блоки габброидов и эффузивно-осадочных пород. Именно такая геологическая среда является наиболее благоприятной для поисков метасоматически переработанных пород типа родингитов, преобразованных затем в существенно ювелирные разности везувианового или гроссулярового состава.

**Методы поиска.** Предлагаемые методы поиска месторождений камней-самоцветов основаны на изучении ряда известных примеров месторождений и проявлений изученных как непосредственно автором (жадеит, демантоид, яшма и др.), так и на основе анализа и обобщения литературных данных.

**Жадеит.** При мелкомасштабном прогнозировании и поиске территорией поисковых работ является в целом весь Присеванский офиолитовый пояс, в котором рудовмещающей служат выходы пород дунит-гарцбургитовой формации. Необходимым условием при этом является широкое развитие гарцбургитов совместно с малыми телами внедрения поздних плагиогранитов.

Предметом среднемасштабного прогнозирования и поиска является рудный район или узел, которым соответствует либо часть пояса, либо отдельный крупный массив. При этом здесь особая роль принадлежит как структурным элементам (секущим разломам), так и вовлекаемым в них серпентинитам с образованием перекристаллизованных крупночешуйчатых антигоритовых серпентинитов и альбититов, подвергающихся двум стадиям щелочного и кислотного метасоматоза.

Крупномасштабный прогноз и поиск предусматривает выявление перспективного рудного поля и отдельных его участков. Для этого масштаба типично уже наличие прямых признаков минерализации в виде продуктивной фации, которой являются тела, например, породообразующих серых жадеитов. Для рудного поля весьма характерно образование околорудных метасоматитов – флогопит-хлорит-актинолитового состава, окаймляющих тела породообразующих жадеитов или альбит-амфибол-жадеитовых метасоматитов.

**Демантоид.** При мелкомасштабном прогнозировании и поиске на демантоид перспективными – рудовмещающими (минерало-вмещающими) являются серии-парагенезисы: клинопироксенит-габбровая и дунит-

гарцбургитовая с преимущественным развитием клинопироксенитов или гарцбургитов.

При среднемасштабном прогнозировании и поиске основным положительным признаком является присутствие среди пород рудовмещающей формации небольших тел габброидов, диоритов, гранодиоритов и гранит-порфиров.

Для стадии крупномасштабного прогнозирования и поиска ведущее значение приобретает продуктивная формация, представленная жильными клинопироксенитами (крупнозернистыми диаллагитами). Среди ультрамафитов этих зон характерно присутствие микрочешуйчатого и пластинчатого антигорита. Наблюдается значительное развитие жил пектолита и ксонотлита, пренинизация, а нередко присутствуют и жилы датолита.

При детальном прогнозировании на первый план выступают андрадитовые метасоматиты и гидротермально-измененные породы и соответственно рудной формации развитие в зонах дизъюнктивной тектоники жильных: хризотил-асбеста, серпофита, пластинчатого и игольчатого диопсида, хлорита, топазолита и демантоида.

Главные генетические различия в минерагении офиолитов пояса состоят в статистическом преобладании условий воздействия окислительных (углекисло-кальциевых) эманаций. Именно в этой геохимической ситуации здесь наибольшие перспективы связываются с демантоидами и пектолит-ксонотлитовыми жадами.

**Прогнозная оценка.** Поскольку практически все известные месторождения цветного камня являются метасоматическими, для обобщения имеющихся признаков камнесамоцветной минерализации (региональных факторов) применен метасоматический принцип систематизации, отражающий: 1) состав исходных пород; 2) ведущий процесс образования (преобразования); 3) факторы, ухудшающие свойства. Следовательно, в настоящее время можно утверждать, что имеются теоретические и практические предпосылки для постановки поисковых работ на пектолит-ксонотлитовые жады и демантоид.

### **Третье защищаемое положение .**

*Разработаны оригинальные методики поисков путем установления мультипликативных ореолов рассеяния групп макро- и микроэлементов как прямых индикаторов минералов-самоцветов.*

Положение раскрывается в пятой главе.

1. Памбак-Даранакское (Даринское) месторождение расположено в 2–2,5 км к северо-востоку от с. Даранак (Дара) Варденисского района. Участок Даранак входит в состав Джил-Сатанахачского массива, который обнажается вдоль СВ побережья оз. Севан. Площадь массива составляет около 100 кв.км.

Наиболее мощный и контрастный характер по составу пород выражен в зоне метасоматоза в пределах водораздельной части верховьев рр. Памбак и Даранак.

На всем данном отрезке Присеванского офиолитового пояса неизменно развиты породы дунит-гарцбургитовой формации. Интенсивность развития метасоматитов в габброидах значительно меньше, чем в дунит-гарцбургитах. Видимый размах зоны метасоматитов по вертикали не превышает 150 м. Всего на Памбак-Даранак выявлено 12 кустов метасоматической минерализации площадью до 0,25 кв.км каждый.

**2. Нефритоид.** На месторождении имеет скрытно кристаллическое волокнистое строение, блеск стеклянный, излом неровный раковистый. Иногда просвечивается в тонких сколах. По составу это метасоматическая порода типа родингита. В ней кроме основных минералов – везувиана и амфибола содержатся также хлорит, серпентин и рудный (магнетит). Вдоль отдельных трещин и зон наблюдается амфиболизация серпентинитов (актинолит, тремолит). Проявление существенно амфиболовых и амфибол-серпентинитовых пород указывает на принципиальную возможность формирования в рассматриваемой зоне нефрита. Предварительное изучения показало, что камень принимает зеркальную полировку и обладает хорошими декоративными качествами.

**3. Демантоид** обнаружен среди магнетитизированных и серпентинизированных дунитов, содержащих прожилки голубого асбеста мощностью до 8 см и протяженностью 5 м. Демантоид желто-зеленый в конусовидных зернах размером до 5–8 мм, невысокой прозрачности (замутнен), содержится только в голубом асбесте со спорадической концентрацией, местами достигающей до 10%. Гнезда размером 8–12 см. Демантоид находится в жилах метаксита, образованного по дунитам. Демантоид образует прекрасные ромбододекаэдры (110) размером от 0,1 до 5 мм, реже в комбинации ромбододекаэдра с тетрагон-триоктаэдром (211), иногда с оплавленными гранями. Часты сростки кристаллов в виде двойников и тройников. Спайность отсутствует. Твердость около 7; хрупок, излом неровный. Удельный вес – 3,4. В качестве примесей присутствуют  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_5$ ,  $V_2O_5$ ,  $BeO$  и др. Предварительно процесс образования на месторождении можно представить как результат воздействия кислых гидротерм на ультраосновные породы.

**4. Уваровит.** Уваровит встречается в виде прожилков до 4 мм, корок, включений плотных, реже зернистых масс. Цвет изумрудно-зеленый. Блеск стеклянный, жирный. Оптически изотропен,  $N=1,872$ . Спайность отсутствует, редко несовершенная по (110). Твердость около 7, хрупок. Удельный вес – 3,50. Из примесей присутствуют:  $Na_2O$ ;  $K_2O$ ;  $V_2O_5$ ;  $P_2O_5$ . В составе уваровита, по видимому,  $Fe^{3+}$  и  $Al^{3+}$  изоморфно замещают  $Cr^{3+}$ , вследствие чего содержание  $Cr^{3+}$  низкое. Уваровит детально диагностирован по данным дифрактограммы.



**5. Ксонолит-пектолит.** Первое упоминание о ксонолит-пектолитах имеется по двум пунктам в Кашатаге (Кельбаджар), откуда был отобран для исследований параллельно-волокнистый и радиально-лучистый ксонолит. Мощность прожилков в 2–5 см и длина до 60 см. Приведена детальная характеристика макроскопического и оптического облика. Пектолит известен также на северо-восточном склоне Севанского хребта, на юго-восточном склоне г. Танал в амфиболитизированных габбро. Здесь встречена жила мощностью 8–10 см и длиной 2,5 м. В зальбандах жилы пектолит ярко-голубой, просвечивает на глубину до 3 см и внешне напоминает хризопраз, но более вязок. Твердость 5.

**6. Методика геохимических поисков.**

Большая часть участка Памбак-Даранакского месторождения закрыта элювиально-делювиальными отложениями и задернована (до 80%), в этой связи наиболее приемлемым методом проведения геохимических работ являлись поиски по вторичным ореолам рассеяния по методике С.В. Григоряна.

На Памбак-Даранакском месторождении рассмотрены остаточные вторичные ореолы рассеяния элементов-индикаторов, формирующиеся в современных автохтонных (элювиально-делювиальных) отложениях. Опробование проводилось на двух участках в среднем течении р. Даранак по двум профилям на различных уровнях эрозионного среза. Участки исследований выбирались с таким расчетом, чтобы изучить особенности развития вторичных ореолов рассеяния элементов-индикаторов. Фракция рыхлых образований крупностью – 0,1 мм была проанализирована приближенно-количественным спектральным методом на ряд элементов, включая элементы-индикаторы типоморфные для данного района и примеси в минералах группы демантоид-уваровита, нефритоидов, а также ксонолита и пеколита: Ti, V, Mn, Zn, Ni, Co, Cr, Zr, Be, K, Na.

По сравнению с первичными, вторичные ореолы рассеяния большинства элементов-индикаторов имеют несколько большие размеры и отличаются более равномерным распределением элементов в поле ореола. Большое практическое значение выдержанных рядов подвижности элементов при формировании вторичных литохимических ореолов заключается прежде всего в возможности выбора с помощью этих рядов элементов-индикаторов, вторичные ореолы которых в большей степени соответствуют первичным и поэтому являются более надежными их индикаторами. Такими будут элементы, находящиеся в правой части известного ряда и отличающиеся слабой подвижностью в гипергенных условиях. Все это свидетельствует о целесообразности изучения вторичных ореолов рассеяния элементов-индикаторов с целью разработки рациональной методики поисков рудных месторождений по их литохимическим ореолам.

Таблица 2

**Параметры фонового распределения мультипликативных показателей**

Набор элементов	Среднее содержание	Стандарт распределения	Минимально-аномальное значение
Al x Na x Mg x Ca	44,9	160	204,4
Cu x Li x Sr x Sn x Ba	$6,2 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$
Y x Ti x V x Mo x Li x Pb x Zn	$9 \cdot 10^9$	$3,3 \cdot 10^{10}$	$4,3 \cdot 10^{10}$

В работе приведены карты пространственного распределения пар элементов-индикаторов: Ti–Zn, Ti–V, V–Zn, Sr–Ti, Pb–Ti, Ni–Co по вторичным ореолам рассеяния в породах Памбак-Даранакского месторождения.

По данным опробования на двух участках месторождения показано формирование вторичных литохимических ореолов пар элементов-индикаторов, которые, как правило, выступают в качестве изоморфных примесей для минералов группы гранатов (демантоид–уваровит), пектолита и ксонотлита.

В частности, на картах распределения вторичных ореолов для пары Sr–Ti наблюдается удовлетворительное совмещение обоих элементов-индикаторов с превалярованием масштабов Ti. Особенно наглядно полное совпадение ореолов распределения пар: Ti–Zn и Ti–V, где наблюдается максимальное накопление Ti в поле ореолов Zn и V. Для пары V–Zn наблюдается характерное усиление ореолов V при локальном накоплении Zn на отдельных участках месторождения.

В целом можно констатировать удовлетворительное пространственное формирование и совпадение ореолов элементов-индикаторов, участвующих в качестве примесей в минералах группы гранатов (демантоид–уваровит), пектолита и ксонотлита. Установленный факт может служить геохимическим поисковым возможным признаком для минерализации вышеуказанных минералов.

Наряду с ореолами изоморфных примесей минералов-самоцветов, учитывая успехи последних лет разработки геохимических методов различных типов месторождений и, прежде всего, гидротермальных, были построены полиэлементные (мультипликативные) ореолы рассеяния для различных групп элементов-индикаторов.

Учитывая метасоматическую природу рассматриваемого в работе типа месторождений, были построены мультипликативные аномалии макроэлементов-индикаторов околорудных метасоматических изменений рудовмещающих пород. Месторождение, локализованное в юго-восточном углу рассматриваемой площади, фиксируются *мультипликативными аномалиями*,

значительными как по размерам, так и интенсивности. В отличие от этого северо-западные профили опробования отчетливых геохимических аномалий не выявили. Слабые и незначительные по размерам аномалии зафиксированы двумя пробами. Аналогичная картина фиксируется также мультипликативными аномалиями двух групп микроэлементов, выбранных по результатам детального анализа особенностей моноэлементных аномалий широкого круга химических элементов. В первую группу микроэлементов включены элементы, отчетливые аномалии которых были зафиксированы только в пределах месторождения. Во вторую группу были включены элементы, образующие аномалии на обоих опробованных участках.

Как показала обработка данных геохимического опробования пород, тектонические нарушения, зоны измененных пород и примыкающие к ним участки четко фиксируются *аномальными содержаниями* элементов, образующих вокруг рудных тел отчетливые вторичные геохимические ореолы. В связи с этим интерпретация всех выявленных аномалий проведена с учетом особенностей состава и строения вторичных ореолов характерных для Памбак-Даранакского месторождения.

Подобная интерпретация позволила подтвердить перспективы Даранакского месторождения с учетом значительных размеров интенсивных аномалий как макро-, так и микроэлементов. Экспериментальный характер выполненных исследований не позволяет произвести геохимическую оценку значительных площадей, требующую геохимическую съемку подобных площадей. Однако, и по ограниченным объемам (всего 4 профиля) геохимического опробования удалось наметить основные черты методики геохимических поисков ранее в этом плане не исследованного типа эндогенных месторождений минералов-самоцветов: это установление групп макро- и микроэлементов – прямых индикаторов исследованного в качестве геохимической модели Даранакского месторождения.

Огромное методическое и практическое значение установления такой закономерности станет очевидным, если учесть исключительную сложность поисково-оценочных работ на месторождениях рассматриваемого типа. В качестве же конкретного примера поискового значения разработанной методики можно привести геохимическую оценку аномалий, выявленных в северо-западной части рассматриваемой площади: появление слабых аномалий, усиливающихся на севере, указывает на возможную локализацию нового месторождения, севернее профилей опробования.

Эти исследования показывают, что в Армении имеются предпосылки для постановки детальных поисковых и оценочных работ на демантоид и пектолит-ксонолитовые жады. Эти работы значительно расширят базу минералов-самоцветов в Армении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Офиолитовая ассоциация пород Присеванского пояса представлена: ультрамафитовым (гипербазитовым), мафитовым (габброидным) и вулканогенно-осадочным комплексами и их метаморфизованными разностями пород. Значительная часть массивов гипербазитового комплекса представлена протрузивными, аллохтонными, слоистыми и линзовидными формами тел, которые внедрены в мезозойские вулканогенно-осадочные толщи.

2. В основу настоящей работы положен известный *принцип выделения формаций*. При этом каждая из формаций представлена определенной серией-парагенезисом пород:

- ультрамафитовая (мантийная) – гарцбургиты, лерцолиты;
- реакционные ультрамафиты – дунит, метадуныты, ортопироксениты, верлиты, вебстериты, клинопироксениты;
- ультракальмафиты – дунит, оливиниты, оливиновые габбро и др.;
- дайково-экструзивная – пикриты, пироксениты, анортозиты и др.;
- эффузивная – оливиновые базальты, бониниты, толеитовые и др. базальты;
- кремнисто-карбонатная – радиоляриты (яшмоиды), кремнистые известняки, граувакки и др.

3. Рассмотрены геохимические закономерности распределения элементов в породах гипербазитового и габброидного комплексов. По полученным данным рассчитаны средние содержания элементов и составлены графики содержаний распределения по отдельным группам пород. Для изучения взаимосвязей рассчитаны корреляционные коэффициенты содержаний элементов в пределах каждой из групп пород.

По результатам статистического распределения металлов в породах следует: максимальные концентрации элементов: Cr, Ni, Mn наблюдались в пределах распространения пород ультрамафитового (гипербазитового) комплекса; максимальные концентрации элементов: Ti, V, Zn, Cu, Pb наблюдались в пределах распространения пород мафитового (габброидного) комплекса.

4. Выдвинута новая минералого-классификационная схема по принципу принадлежности минералов-самоцветов к определенным формациям и комплексам пород офиолитовой ассоциации. Схема направлена на разработку признаков и методов поиска минералов-самоцветов. Генетические типы месторождений и проявлений объединяются общей направленностью процесса образования цветных минералов, которые предлагаются в качестве минералого-парагенетических фаций.

5. На основе исследований приведены подробные сведения о свойствах, составах, генезисе и практической ценности по отдельным группам и видам минералов-самоцветов:

5.1. *Ювелирные* – алмаз, хризолит, гранаты (альмандин, демантоид, уваровит), хромдиопсид, хромшпинелид.

5.2. *Поделочные* – «нефритоид», «жадеитит» (тип «севанита»), пектолит, ксонотлит, гранатовый жад.

5.3. *Декоративно-поделочные* – серпентинит, офиокальцит, яшма, силицит (фтанитоид).

6. Сочетание свойств минералов-самоцветов с геохимическими и генетическими признаками их формационной принадлежности может послужить направляющим поисковым признаком для оценки их локализации. На основе анализа непосредственной связи с определенными *минералогопарагенетическими фациями* предложены признаки и методы поиска. Рассмотрены примеры: яшмы, группа жадов (нефритоид, ксонотлит, пектолит) и демантоид.

7. Показаны минералогическо-геохимические особенности Памбак-Даранакского месторождения минералов-самоцветов: нефритоид, демантоид, уваровит, ксонотлит и пектолит.

8. Разработаны оригинальные методики геохимических поисков путем установления мультипликативных ореолов рассеяния групп макро- и микроэлементов как прямых индикаторов минералов-самоцветов, а также по парам элементов-индикаторов: Ti–Zn, Ti–V, V–Zn, Sr–Ti, Pb–Ti, Ni–Co, участвующих в качестве примесей в минералах группы гранатов (демантоид–уваровит), пектолита и ксонотлита.

9. Имеются реальные перспективы применения методов геохимического поиска минералов-самоцветов на примерах других проявлений: Сотка, Хача, Амасии и др. и выдвижения их для последующего изучения.

10. Офиолитовая ассоциация пород Присеванского пояса является перспективным источником минералов-самоцветов. Работа рекомендуется министерству энергетики и недр, институту камня и силикатов и другим организациям и любителям камня.

#### Список опубликованных работ по теме диссертации

1. **Геворкян М.Р., Геворкян Р.Г.** Офиолитовая палеоокеаническая кора Армении (Южный Кавказ). Ер.: ГЕОИД, 2003, с. 259.
1. **Геворкян М.Р.** Геммолого-генетическая классификация минералов-самоцветов и пород офиолитовой ассоциации Армении. Материалы первой республиканской конференции студентов и молодых специалистов, посвященной 85-летию горно-геологической службы РА и 70-летию геологического факультета ЕГУ. Ер.: ГЕОИД, 2004, с. 182–186.
2. **Геворкян М.Р.** Яшмы офиолитовой ассоциации пород Армении. Ученые записки ЕГУ, 2006, № 1, с. 128–133.
3. **Геворкян М.Р.** Камни-самоцветы Присеванской офиолитовой зоны Армении как надежный источник ресурсопользования. Материалы конференции, посвященные 90-летию профессора С.П.Баляна. Ер. 25-28.04.2007, с. 402–407.
4. **Gevorkyan R. G.,Gevorkyan M.R.** Prognosis factors, search criteria and genetic type features of the gems mineralization in the ophiolite mineral association in

- Armenia, 30-th international gemological conference. Russia, Moscow, July 15<sup>th</sup>–19<sup>th</sup>, 2007, p. 141.
5. **Геворкян М.Р., Геворкян Р.Г.** Серпентиниты в защитных устройствах ядерных реакторов. Ученые записки ЕГУ. Геология и география, 2009, № 3 (220), с. 38–41.
  6. **Геворкян М.Р., Геворкян Р.Г.** Прогнозная оценка на алмазы офиолитовой ассоциации Армении. Материалы XIV-го международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Новосибирск, 2010, с. 181–182.
  7. **Геворкян М.Р., Антонян А.Э.** Информационные особенности геохимии хрома в Присеванском офиолитовом поясе Армении. Сб. «Математические вопросы кибернетики и вычислительной техники», 2010, т. 33, с. 201–208.
  8. **Геворкян М.Р., Геворкян Р.Г., Минасян Г.А.** Петролого-геохимические особенности пород Присеванского офиолитового пояса Армении. Одиннадцатая международная конференция “Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле”. М., Борок, 11–14.10.2010, с. 75–77.
  9. **Геворкян М.Р., Геворкян Р.Г.** Геохимические особенности пород и минералов-самоцветов Присеванского офиолитового пояса Армении. Материалы ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии. ЕСЭМПГ– 19–20.04.2011. М.: ГЕОХИ РАН, с. 14–15.
  10. **Геворкян М.Р., Геворкян Р.Г.** Демантоид из пород офиолитовой ассоциации Армении. Материалы международного минералогического семинара “Минералогические перспективы 2011г.”. Россия, Республика Коми, Сыктывкар, 17–20.05.2011, с. 44–48.
  11. **Геворкян М.Р., Геворкян Р.Г.** Памбак-Даранакское месторождение нефритоида, уваровита и ксонотлит-пектолита в офиолитовой ассоциации Армении. Материалы международного минералогического семинара “Минералогические перспективы 2011 г.”. Россия, Республика Коми, Сыктывкар, 17–20.05.2011, с. 49–53.
  12. **Геворкян М.Р.** Ювелирные камни-самоцветы Присеванского офиолитового пояса Армении. Journal of Siberian Federal University, Engineering & Technologies, 2013, v. 7, с. 761–768.
  13. **Геворкян Р.Г., Геворкян М.Р., Григорян С.В., Оганесян А.Е.** “Метод поисков месторождений минералов-самоцветов”. Патент РА, АМ-20130068, 25.06.2013.
  14. **Геворкян М.Р.** Геоэкология и оценка ресурсов недр. Образование и наука в Арцахе, Ер., 2013, № 3–4, с.137–142.

## ՄԱՐԻՆԱ ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

### ՄԵՐՉՄԵՎԱՆՅԱՆ ՕՖԻՈՒԼԻՏԱՅԻՆ ԳՈՏՈՒ ԳՈՒՆԱԳԵՂ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

#### Ամփոփում և առաջարկություններ

1. Մերձսևանյան օֆիոլիտային գոտին ներկայացված է՝ ուլտրամաֆիտային (հիպերբազիտային), մաֆիտային (գաբրոիդային) և հրաբխանստվածքային ապարների համալիրներով և դրանց վերափոխված տարբերակներով: Հիպերբազիտային համալիրը մեծ մասամբ ներկայացված է պրոտրոզիվ, ալոխթոն, շերտավոր և ոսպնյակածն մարմինների ձևով, որոնք ներդրվել են մեզոզոյան հրաբխանստվածքային շերտախմբերի մեջ:

2. Տվյալ աշխատանքի հիմքում դրված է հայտնի ֆորմացիաների տարանջատման հիմնադրույթը: Ըստ որում, յուրաքանչյուր ֆորմացիան ներկայացված է որոշակի ապարների պարագենետիկ սերիաներով.

- ուլտրամաֆիտային (թիկնոցային) – հարցբուրգիտներ, լերցոլիտներ
- ռեակցիոն ուլտրամաֆիտներ – դունիտ, մետադունիտ, օրթոպիրոքսենիտներ, վերլիտներ, վեքստերիտներ, կլինոպիրոքսենիտներ
- ուլտրակալմաֆիտներ – դունիտ, օլիվինիտներ, օլիվինային գաբրոներ և այլն
- դայկա-էքստրոզիվային – պիկրիտներ, պիրոքսենիտներ, անորթոզիտներ և այլն
- էֆուզիվային – օլիվինային բազալտներ, բոնինիտներ, տոլեիտային և այլ բազալտներ
- սիլիկահող-կարբոնատային – ռադիոլարիտներ (յաշմոիդներ), սիլիկահողային կրաքարեր, գրաուվակներ և այլն:

3. Գիտարկված են հիպերբազիտային և գաբրոիդային կոմպլեքսների ապարներում տարրերի բաշխման երկրաքիմիական օրինաչափությունները: Ստացված տվյալների հիման վրա ապարների առանձին խմբերի համար հաշվարկված են տարրերի միջին պարունակությունները և կազմված են նրանց բաշխման գրաֆիկներ: Փոխկապվածությունների ուսումնասիրման նպատակով ապարների յուրաքանչյուր խմբում հաշվարկված են տարրերի պարունակությունների կոռելյացիոն գործակիցներ:

Ապարներում մետաղների վիճակագրական բախշման արդյունքներից հետևում է՝ Cr, Ni, Mn տարրերի առավելագույն պարունակությունները կապված են ուլտրամաֆիտային (հիպերբազիտային) համալիրի հետ և Ti, V, Zn, Cu, Pb տարրերի առավելագույն պարունակությունները՝ մաֆիտային (գաբրոիդային) համալիրի հետ:

4. Առաջադրված է օֆիոլիտային ասոցիացիայի ապարների որոշակի ֆորմացիաներին և ֆացիաներին պատկանող գունագեղ միներալների նոր

դասակարգման սխեմա, որն ուղղված է գունագեղ միներալների որոնման նախանշանների մշակմանը: Գունագեղ միներալների հանքավայրերը և երևակումները միավորվում են ըստ ընդհանուր ծագումնաբանական տեսակների և առաջարկվում են որպես միներալոգիական պարագենետիկ ֆազիաներ:

5. Ուսումնասիրությունների արդյունքների հիման վրա ներկայացված են գունագեղ միներալների առանձին խմբերի և տեսակների հատկությունների, բաղադրությունների, ծագման և գործնական նշանակության մասին մանրամասն տեղեկություններ:

5.1. Ոսկերչական – ալմաստ, խրիզոլիտ, նոնաքարեր (ալմանդին, դեմանտոիդ, ուվարովիտ), քրոմդիոքսիդ, քրոմշպինելիդ:

5.2. Ալկնագործական – «նեֆրիտոիդ», «ժադեիտիտ», պեկտոլիտ, քսոնոտլիտ և այլն:

5.3. Դեկորատիվ-ալկնագործական – սերպենտին, օֆիոկալցիտ, հասպիս, սիլիցիդ (ֆտանիտոիդ):

6. Գունագեղ միներալների հատկությունների երկրաքիմիական և ծագումնաբանական հատկանիշները, նրանց ֆորմացիոն պատկանելության հետ միասին կարող են ծառայել որպես որոնման նախանշաններ: Հիմնվելով միներալոգիական պարագենետիկ ֆազիաների անմիջական կապի վրա՝ առաջարկված են որոնման եղանակներ և նախանշաններ: Որպես օրինակ դիտարկված են հասպիսը, ժադերի խումբը (նեֆրիտոիդ, քսոնոտլիտ, պեկտոլիտ) և դեմանտոիդ:

7. Փամբակ-Դարանակ (Դարա) հանքավայրի օրինակով ցույց են տրված գունագեղ միներալների (նեֆրիտոիդ, դեմանտոիդ, ուվարովիտ) միներալոգիական և երկրաքիմիական առանձնահատկությունները:

8. Մշակված է երկրաքիմիական որոնման յուրահատուկ եղանակ՝ սահմանելով մակրո- և միկրոտարրերի խմբերի մուլտիպլիկատիվ ցրված պսակներն իբրև գունագեղ միներալների ուղղակի ինդիկատորներ, ինչպես նաև տարր-ինդիկատորների զույգերը՝ Ti-Zn, Ti-V, V-Zn, Sr-Ti, Pb-Ti, Ni-Co, որոնք խառնուրդների տեսքով մասնակցում են նոնաքարերի (դեմանտոիդ-ուվարովիտ), պեկտոլիտների և քսոնոտլիտների միներալների խմբերում:

9. Առկա են ռեալ հեռանկարներ գունագեղ միներալների երկրաքիմիական որոնման եղանակները կիրառելու նաև այլ երևակումներում՝ Սոտք, Խաչ, Ամասիա և այլն: Առաջարկել դրանք հետագա ուսումնասիրությունների համար:

10. Մերձսևանյան օֆիոլիտային ապարների ասոցիացիան հանդիսանում է գունագեղ միներալների համար հեռանկարային աղբյուր: Աշխատանքն առաջարկվում է ընդերքի ու էներգետիկայի նախարարությանը, քարի ու սիլիկատների ինստիտուտին և այլ կազմակերպություններին, ինչպես նաև անհատ քարասերներին:



THE GEOCHEMICAL PROPERTIES OF GEM MINERALS FROM  
SEVAN COASTAL ZONE OPHIOLITE ASSOCIATION

**Summary and recommendations**

1. The ophiolite association of the Sevan coastal zone rocks is represented by: ultramafic (hyperbasite), mafic (gabbroic) and volcanogenic-sedimentary rock complexes, as well as their metamorphic complexes. A significant part of hyper-basite complex arrays is represented by protrusive, allochthonous, layered and lens-shaped bodies which are embedded in the Mesozoic volcanogenic-sedimentary strata.

2. The present work is based on the well-known principle of separation of *formations*. At that, each of formations is represented by a certain series of specific paragenesis of rocks.

- ultramafic (mantle) series: harzburgite, lherzolite;
- reaction ultramafic series: dunites, metadunites, orthopyroxenites, wehrlites, websterites, clinopyroxenites;
- ultracalmafics: dunites, olivinites, olivine gabbros, etc;
- dike- extrusive series: picrites, pyroxenites, anorthosites, etc;
- effusive series: olivine basalts, boninites, tholeiitic basalts, etc.;
- siliceous-carbonate series: radiolarites (yashmoids), siliceous limestone, greywacke, etc.

3. Some geochemical regularities of element distribution in the hyperbasite and gabbroid rock complexes are investigated. The mean concentration of elements is calculated, and diagrams on the content distribution of separate rock groups are constructed on the basis of the data obtained. The correlation coefficients of the abundance of the chemical elements within each group are estimated to study the interconnections.

According to the results of the statistical distribution of metals in rocks the following can be inferred:

- The maximum concentration of such elements as Cr, Ni, and Mn has been observed within the limits of ultramafic, or hyperbasite, rocks complex;
- The maximum concentration of such elements as Ti, V, Zn, Cu, and Pb has been observed within the limits of mafic (gabbroid) rocks complex.

4. A new mineralogical classification scheme has been proposed; it is based on the principle of minerals and gems' belonging to certain formations and rock complexes of the ophiolite association. The scheme is aimed at developing the features and methods for minerals and gems search. The genetic types of deposits and occurrences are combined by the general direction of the process of formation of color minerals, which are offered as mineralogical and paragenetic facies.

5. Some detailed data on the properties, composition, genesis and practical value for the following groups of gem minerals are given on the analysis of the investigation:

5.1. Jewelry stones – diamond, khrisolite, garnets (almandine, demantoid, uvarovite), chromdiopside, chromite;

5.2. Semi-precious stones – nefritoide, jadeitite (type of sevanite), pectolite, ksonotlite, garnet jade;

5.3. Decorative semi-precious stones – serpentinite (serpentine), ofioalcite, jasper and silicide (ftanitoid).

6. The combination of the properties of gem minerals with the geochemical and genetic features of their formational affiliation may serve as a search criterion to evaluate their localization. Being based on the analyses of direct relationship between specific mineralogical and paragenetic facies, some features and methods of search are proposed. The examples of jasper, jade group (nefritoide, ksonotlite, pectolite) and demantoide are considered in the work.

7. The mineralogical and geochemical peculiarities of Pambak-Daranak deposit site of gem minerals (nefritoide, demontoide, uvarovite, ksonotlite and pectolite) are revealed.

8. Some original methods of geochemical exploration are developed by establishing a multiplicative dispersion of halos groups of macro- and micronutrients as direct indicators of semiprecious minerals, as well as due to pairs of indicator elements: Ti-Zn, Ti-V, V-Zn, Sr-Ti, Pb-Ti, Ni-Co, existing as impurities in minerals of not only the garnet group (demantoid-uvarovite), but also those of pectolite and xonotlite. The established fact may serve as geochemical search feature to disclose the mineralization of the latter.

9. Currently some real prospects can be observed to apply the developed methods of search in such occurrences of nefritoids, jaspers, almandine, demantoid, pectolite-ksonotlite and other minerals as Pambak–Daranak, Sotk, Khach, Amasia, etc. And to promote them as to further detailed study.

10. **The ophiolitic association of rocks of the Sevan coastal structural-formation zone of Armenia is a potential source of gem minerals.**