

Информационные особенности геохимии хрома в присеванском офиолитовом поясе Армении

Артак Э. Антонян и Марина Р. Геворкян
Ереванский Государственный Университет

Аннотация

В статье с применением статистических приемов рассмотрено поведение хрома в породах офиолитовой ассоциации Присеванского пояса. Распределение Cr в гипербазитах и базитах пояса сравнимо с признанными кларками. Хром в виде Cr^{3+} главным образом скоцентрирован в гипербазитах – перидотитах, дунитах и серпентинитах. Средние содержания рассчитаны методом вариационной статистики и показаны в виде гистограмм. С помощью модуля 3D – Analyst ArcView построена геохимическая карта распределения Cr на территории Северо-Восточного берега озера Севан.

1. Введение

Породы Присеванского офиолитового пояса представлены тремя комплексами: гипербазитовым, габброидным и вулканогенно-осадочным. Они отчетливо различаются по возрасту, формам массивов, составу, степени дифференцированности, раскристаллизованности и др. Гипербазитовый комплекс особенно широко представлен в Джил-Сатанахачском, Сотском, Шоржинском и др. массивах и рядом более мелких тел, которые пространственно связаны с до-сенонской вулканогенно-осадочной толщей.

2. Геоинформационные различия геохимических особенностей

Породы гипербазитового и габброидного комплексов различаются по петрохимическим признакам, в особенности по магнезиальности, щелочности, содержанию аксессуарных минералов, степени дифференцированности, а также по взаимоотношениям с вмещающими породами, возрастным признакам и т.д. Интересно, что гипербазиты имеются также и внутри габброидного комплекса. Все эти породы различаются между собой по петрографическим, петрохимическим и геохимическим признакам. Прежде всего это отражается на магнезиальности. Параметр магнезиальности (M/F) колеблется в пределах от 1 до 8, при этом в гипербазитовом комплексе он значительно выше - ≥ 7 , а для габброидного комплекса - < 6 . Для ультрабазитов габброидного комплекса его значение в среднем - 5 и они содержат высокую клинопироксеновую составляющую. Пироксениты габбрового комплекса отвечают вебстеритам, диалагитам и оливиновым диалагитам, перидотит – верлитам. При этом в сравнении с верлитами из гипербазитового комплекса они содержат значительно меньше нормативного оливина.

Большая часть результатов анализов гипербазитов относится к гарцбургитам и оливиновым гарцбургитам. Верлиты богаты оливином. Пироксениты представлены энстатитом и оливиновым энстатитом, следовательно они богаче магнезией, чем пироксениты из габброидов.

В гипербазитах весьма низко содержание щелочей, в особенности низко содержание калия (в пределах сотых долей процента, а в большинстве случаев калий в них вообще отсутствует).

Для гипербазитов характерны: преобладающий гардбургитовый состав, небольшие отклонения от основного минерального состава и высокая гомогенность вещества. Гипербазиты сравнительно бедны акцессорными минералами. Отсутствуют также акцессорные минералы-носители титана, редких земель и редких элементов. Некоторые данные указывают на то, что гипербазиты формировались в восстановительных условиях, при отсутствии первичного магнетита и при постоянном присутствии пирита и пирротина.

Породы гипербазитового комплекса отличаются значительной простотой химизма. Окислы силиция, магнезия и железа составляют не менее 95% от общего состава породы. Для химизма гипербазитов также типичной особенностью являются весьма низкие содержания Са, Al и щелочей. По этим свойствам гипербазиты Армении схожи с их аналогами описанными Н.Д. Соболевым, образованными при кристаллизации первичной ультраосновной магмы. Для гипербазитов характерны достаточно высокие содержания Cr и Ni, а базитовые элементы типа Ti и V присутствуют в небольших количествах. В гипербазитах также наблюдаются сравнительно высокие содержания Cu и Zn.

Серпентинизация гипербазитов происходит только в условиях привноса потоков H_2O и В, а листвинизация протекает в условиях привноса CO_2 , Sr, Ba и других щелочно-земельных элементов.

Габброидный комплекс - многофазный, сформировался на малых глубинах в ходе последовательного внедрения трех фаз, в т.ч. нормальные габбро-лейкоократовые габбро и плагиограниты. Генезис пород этого комплекса подтверждается наличием микроструктурных особенностей, минералогическим составом, степенью дифференцированности, контактными изменениями. В отличие от гипербазитового, габброидный комплекс отличается значительным разнообразием разновидностей пород.

Для габброидного комплекса установлены два направления дифференциации:

верлит-пироксенит-лейкоократовые габбро-анортозит;
плагиогранит-кварцевый диорит-гранит и др. породы кислой серии.

Первому направлению дифференциации отвечает фракционная кристаллизация габбровой магмы, которая характерна для расслоенных интрузий типа: Стилутера, Бушвельда, Скаегарда. Схожесть габброидного комплекса с расслоенными интрузиями подчеркивается небольшими для разных фаз колебаниями железистости породообразующих минералов (оливин, пироксен).

Однако в отличие от расслоенных интрузий, габброидный комплекс Присеванского пояса сформировался в условиях высокой тектонической активности, которая способствовала раскрытию магмовыводящих путей (вдоль губинных разломов) для подъема дифференциатов магмы в более высокие горизонты и обусловила многофазность внедрения.

В соответствии с вторым направлением дифференциации образуются разности кислого состава: кварцевые диориты, плагиограниты, плагиогранит-порфиры и плагио-аплиты.

В ряду габбро-кварцевый диорит-плагиогранит уменьшаются концентрации: Mg, Fe, Ca. В этом же ряду возрастают содержания: Be, Zr, Y, Tb, Ga, Ba и наоборот-уменьшаются - Ti, Mn, Cr, Ni, V, Se. Причем последние накапливаются в цветных минералах и в геохимическом отношении непосредственно связаны с магнием и железом.

Гипербазитовый и габброидный комплексы различаются также по набору акцессорных минералов. Так, для гипербазитов типичны: титаномagnetит, ильменит, магнетит, апатит. А для более кислых пород - циркон, сфен и всегда присутствует апатит.

Считается, что образование двух групп ультраосновных пород является результатом эволюции двух разных магм: гипербазитовой и габбровой. Среди дифференциатов габброидов присутствуют также пироксениты и верлиты, которые различаются от своих аналогов связанных с гипербазитами.

В ультраосновных породах габбрового комплекса магниальность низкая ($M/F=5$), а роль Са и Al высока, они содержат больше микроэлементов чем гипербазиты, кроме того низки содержания никеля - в два раза ниже чем в гипербазитах. Никель является для гипербазитов наиболее важным элементом.

Геохимически рассмотрены породы связанные с гипабазитовым и габброидным комплексами: дуниты, перидотиты, серпентиниты, троктолиты, габброиды, диориты, кварцевые диориты и плагиограниты.

При этом отобранные образцы пород принадлежат С.Б.Абовяну [1] и дополнены авторами в течение длительного периода проведения полевых работ. Образцы С.Б.Абовяна в количестве 241 анализировались спектрально в Броницкой лаборатории (Московская область) на более чем 28 элементов, однако рассмотрены из них результаты лишь по Сг. А образцы авторов по Шоржинскому месторождению хромитов количестве 1150 анализировались химически на Сг в лаборатории компании Макс-групп.

В данной работе для выяснения геохимических особенностей пород нами подвергнуты статистической обработке и затем установлены закономерности пространственного распределения только по Сг.

3. Закономерности статистического распределения хрома.

Содержания Сг разделены на три интервала: $0.01 - 0.015$; $0.15 - 0.2$; >0.2 . Пространственно указаны аномальные содержания, которые распределены по участку СВ побережья Присеванского офиолитового пояса.

Кларк Сг в земной коре составляет 0.02% . На логарифмической кривой по А. Е. Ферсману логарифм кларка Сг располагается выше линии средних значений, что свидетельствует об относительно "избыточности" элемента. Однако распределение хрома в отдельных типах пород весьма неравномерное, например, ультрамафиты (ультраосновные) породы в 100 раз богаче хромом чем кислые и в 10 раз, чем осадочные породы. Для исследования статистического распределения были рассчитаны средние содержания Сг по группам пород и составлен график (рис. 1), а по ним составлены гистограммы по отдельным группам пород (рис.2,3). На гистограммах содержания Сг представлены по интервалам, в качестве начального интервала принято значение, которое в три раза ниже кларка данного элемента.

С целью более глубокого анализа позднее были рассчитаны дисперсии содержаний и параметры распределения Сг по группам пород. В целом составленный ряд отвечает направлению эволюции от ультраосновных к кислым разностям пород.

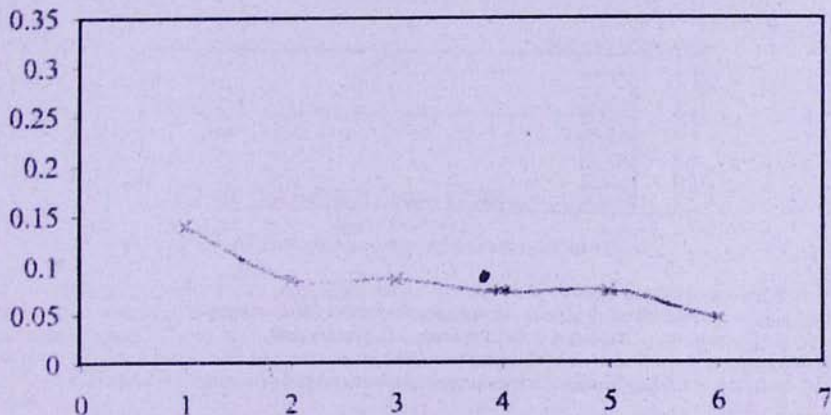


Рис. 1 По горизонтали – породы. По вертикали – содержания Сг.
1.Дунит; 2.Перидотит; 3.Серпентинит; 4.Троктолит; 5. Габброиды; 6. Кварцевый диорит; 7. Плагиогранит.

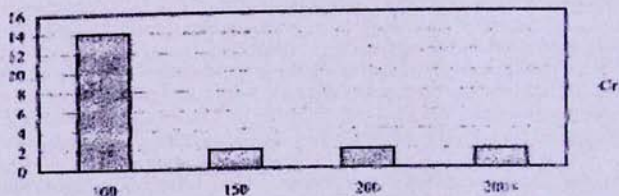
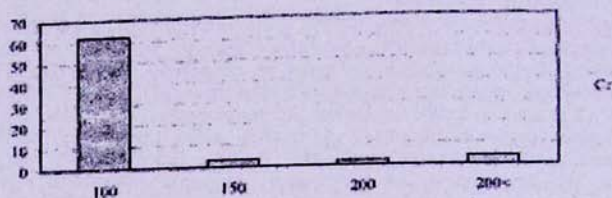
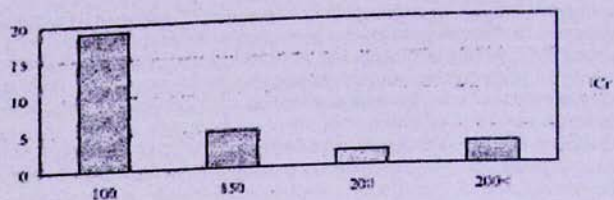


Рис. 2 Гистограммы частот распределения Cr по породам
 1 Дунит. 2. Перидотит. 3. Серпентинит.
 (сверху вниз)
 По вертикали- частота; по горизонтали- содержание

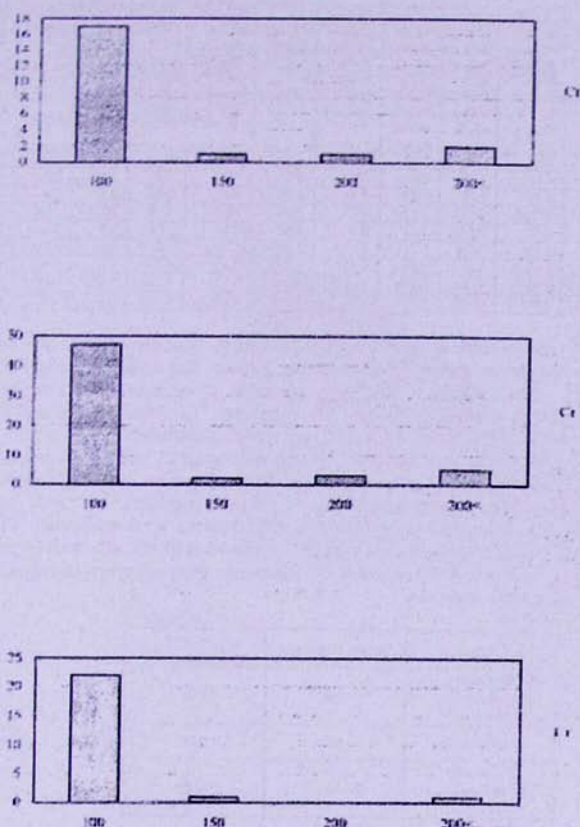


Рис. 3 4. Троктолит. 5. Габбро. 6. Кварцевый диорит.
(сверху вниз)

По вертикали- частота; по горизонтали- содержание

Хром (Cr) встречается особенно часто в породах гипербазитового комплекса. В изученных породах, большая часть Cr накапливается в виде собственных минералов-хромшпинелидов, уваровита, кеммерерита, хромдиопсида и др., которые наиболее распространены в гипербазитовом комплексе. Меньшая часть Cr в виде примесей сорбируется в породообразующих минералах и в составе некоторых аксессуарных минералов, замещая там железо.

Полученные результаты по распределению Cr в ультрамафитах и других породах Присеванского офиолитового пояса сравнимы с кларками по А.П.Виноградову (1962г) и Турекяну, Велеполоу (1961), (табл.1).

Табл. 1.

Элементы	Присеванский офиолитовый пояс					А. П. Виноградов (1962)				Turekian and Wedepohl (1961)		
	Гипербазиты (перидотиты, дуниты и др.)	Габброиды	Средние породы (порфиры, диориты, андезиты)	Осадочные породы (известняки)	Метаморфические породы (серпентиниты)	Гипербазиты (перидотиты, дуниты и др.)	Габброиды	Средние породы (диориты, андезиты)	Осадочные породы (известняки)	Гипербазиты (перидотиты, дуниты и др.)	Базальты	Осадочные породы (известняки)
Na	0.15	1.98	3.02	0.35	0.16	0.57	1.94	3.0	0.66	0.42	1.80	0.04
Mg	27.9	4.3	1.97	1.10	26.35	25.9	4.5	2.18	1.34	20.40	4.6	4.7
Al	0.81	9.93	8.67	1.79	1.29	0.45	8.76	8.85	10.45	2.0	7.8	0.42
Si	18.15	22.42	29.05	10.45	17.24	19.0	24.0	26.0	23.8	20.50	23.0	2.4
Ca	1.07	8.53	1.73	22.15	1.51	0.7	6.72	4.65	2.53	2.5	7.6	30.2
Cr	0.21	0.09	0.005	0.01	0.211	0.02	0.02	0.005	0.01	0.16	0.017	0.0011
Fe	6.10	5.80	5.48	3.07	5.49	9.85	8.56	5.85	3.33	9.4	3.65	0.38
Co	0.008	0.005	0.0035	0.001	0.006	0.02	0.0045	0.001	0.002	0.001	0.005	0.00001
Ni	0.2	0.013	0.005	0.006	0.007	0.2	0.016	0.0055	0.009	0.2	0.013	0.002

Изучение распределения Cr в серпентинитах поможет пролить свет на условия образования ультрамафитов в каждом конкретном случае. Как видно из табл.1 содержания Cr и никеля, кобальта, железа, магния, натрия, кремния в серпентинитах почти соответствует кларковым содержаниям этих элементов в гипербазитах. Исключение составляют алюминий и кальций, содержание которых в серпентинитах несколько повышено.

Из табл.2 видно, что содержание Cr в ультраосновных породах и их метаморфических разностях – серпентинитах, а также как и в порфиридах и известняках Шоржинского месторождения, значительно отличаются от кларковых значений для этих пород. Особенно сильное повышение Cr в сравнении с кларком наблюдается в гипербазитах. Содержание Cr в кварцевых диоритах, плагиогранитах составляет в среднем $6.10^{-3}\%$, что примерно в 1500-1600 раз меньше, чем в гипербазитах. А содержания Cr в породах Шоржинского месторождения во много раз превышают кларковые значения

Табл. 2.

Породы	Число анализов	Среднее содержание Cr
Гипербазиты (перидотиты, дуниты)	538	1.00
Габброиды	65	0.09
Средние (диориты, кв. диориты)	58	0.006
Осадочные (известняк)	43	0.003
Метаморфические (серпентинит)	515	1.36

Распределение Cr в породах Шоржинского месторождения хромитов

Для выяснения закономерностей пространственного распределения химических элементов были составлены цифровые карты рельефа и моноэлементного распределения.

Cr по участку СВ побережья оз. Севан. В качестве основы для геохимических карт применен масштаб 1 : 400 000, по которым оцифровывались изогипсы через каждые сорок метров.

Применен метод построения непрерывной поверхности нерегулярной триангуляционной сетью, реализуемый модулем 3D – Analyst ArcView GIS.

Ниже представлены результаты анализа построенных такими методами специальных карт пространственного распределения содержания Cr в породах Присеванского офиолитового пояса. Содержания Cr на карте разделены на 10 интервалов. Для упрощения фоновые содержания

элементов на карте не показаны. Указаны только аномальные содержания, которые распределены по всему Присеванскому офиолитовому поясу.

- распределение концентраций Cr в породах колеблется в пределах от 0,1 до 15 000 г/т;
- наибольшие концентрации в породах наблюдаются в пределах от 1000 до 15 000 г/т;

Построены объемные изображения территории участка, на которые отдельно нанесены геохимические поля распределения Cr по данным точек опробования. На карте разными цветами показаны содержания Cr по интервалам.

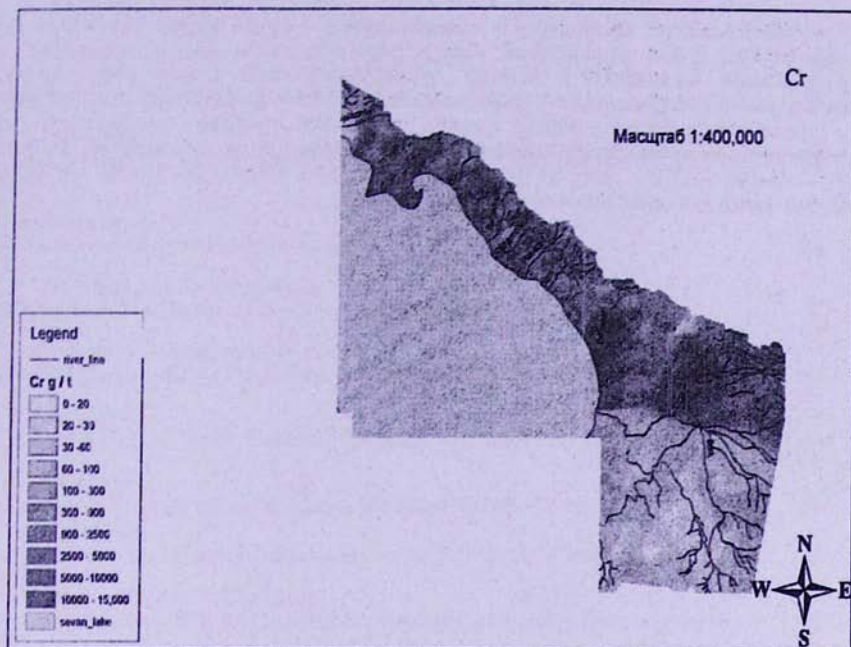


Рис.4 Пространственное распределение Cr в породах СВ участка Присеванского офиолитового пояса

Литература

- [1] С. Б. Абовян, *Геология и полезные ископаемые северо-восточного побережья озера Севан*. Изд. АН АрмССР. Ер. 1961.
- [2] А. П. Виноградов, "Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры." *ж. Геохимия*, № 7, 1962.
- [3] Р. Г. Геворкян и М. Р. Геворкян, "Офиолитовая палеокеаническая кора Армении (Южный Кавказ)", Ер.: ГЕОИД, 2003.
- [4] К. К. Turekian and K. H. Wedepohl, "Distribution of the Elements in some major units of the Earth's crust" *Geological Society of Armenia*. № 72, 1961.

Քրոմի երկրաքիմիայի ինտրոմագիտն առանձնահատկությունները Մերձ-Սևանյան օֆիոլիտային գոտու ապարներում

Ա.Անտոնյան և Մ. Գևորգյան
Ամփոփում

Վիճակագրական եղանակներով ուսումնասիրված է քրոմի վաղըը Մերձ-Սևանյան օֆիոլիտային գոտու ապարներում: Քրոմի քաշխումը գոտու հիպերբազիտներում և բազիտներում համաման է հայտնի կլարկներին: Քրոմը Cr^{3+} իոնի տեսքով հիմնականում կենտրոնացված է հիպերբազիտներում՝ պերիդոտիտներում, դունիտներում և սերպենտինիտներում: Քրոմի միջին պարունակությունները հաշվարկված են վարիացիոն ստատիստիկայի եղանակով և մերկայացված են հիստոգրամների տեսքով: 3D – Analyst ArcView մոդուլի օգնությամբ կազմված է Սևանա լճի հյուսիս-արևելյան ափում քրոմի բախշման երկրաքիմիական քարտեզը: