

ГЕОХИМИЯ

Г. К. ГАБРИЕЛЯН

К ХИМИЧЕСКОМУ ВЫВЕТРИВАНИЮ ЭФФУЗИВНЫХ
 ГОРНЫХ ПОРОД ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ
 АРМЯНСКОЙ ССР

В науке распространено мнение о том, что химическое выветривание по масштабам процессов намного уступает механическому выветриванию. Такое положение на наш взгляд следует считать устаревшим и нуждается в пересмотре.

Изучение процессов выветривания и гипергенного преобразования горных пород на территории Армянской ССР привело нас к выводу, что химические преобразования намного сильнее, чем предполагали до сих пор. Даже в высокогорном нивальном поясе непрерывно протекают процессы химического разложения горных пород под воздействием атмосферной воды, кислорода, углекислоты и микроорганизмов.

Эффузивные породы Армянской ССР третичного и четвертичного возраста являются весьма устойчивыми породами в смысле растворимости в воде, циркулирующей в водоносных горизонтах. Об этом свидетельствуют пресные и ультрапресные родниковые воды вулканических районов. Если учесть еще и то обстоятельство, что атмосферные воды, фильтрующиеся в водоносные горизонты, не являются чистыми, а уже содержат некоторое количество растворенных веществ (от 20 до 100 мг/л и больше), то устойчивость этих пород станет совершенно очевидной.

На дневной поверхности вулканических массивов комплекс экзогенных факторов выветривания проявляется несравненно интенсивнее и химическое преобразование породы происходит именно здесь.

Надо отметить, что в гипергенных условиях все компоненты, входящие в состав горных пород, в той или иной степени подвергаются выносу. Однако, вследствие различия в миграционной способности элементов процентное соотношение их меняется и некоторые компоненты оказываются увеличенными.

Сопряженный химический анализ свежей породы и образовавшегося на ней рухляка (продуктов выветривания) показаны на табл. 1.

Из таблицы очевидно, что содержания TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO в процентном отношении в продуктах выветривания увеличиваются, их коэффициенты изменчивости больше единицы; окиси SiO_2 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 в процентном отношении уменьшаются, т. е. коэффициент изменчивости меньше единицы.

Таблица 1

Химический состав свежей породы и рухляка в %, в пересчете на прокаленную, безгумусную и бескарбонатную массу)

Место отбора образцов	Характер породы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
С. Маралик (зап. склон Арагаца)	свежая	54,66	0,75	17,30	3,66	4,92	0,15	3,98	10,30	3,09	1,62		
	выветрелая	53,91	0,84	19,75	5,80	3,81	0,20	3,40	8,25	2,97	1,20		
	коэффициент изменчивости	0,98	1,12	1,14	1,58	0,78	1,33	0,85	0,8	0,96	0,74		
С. Базмаберд (южн. склон Арагаца)	свежая	55,05	0,80	17,12	2,64	3,80	0,10	6,10	8,00	3,81	1,80	0,15	
	выветрелая	54,55	0,90	20,48	4,85	1,90	0,19	5,65	6,30	3,20	1,50	0,15	
	коэффициент изменчивости	0,99	1,12	1,19	1,83	0,50	1,9	0,91	0,79	0,84	0,89	1,0	
Карабахское нагорье (южн. склон Мец Ишханасара)	свежая	54,82	0,78	16,93	4,46	3,91	0,12	4,35	8,50	3,65	2,12	0,31	0,11
	выветрелая	54,16	0,95	20,24	6,90	2,16	0,28	3,80	7,45	1,85	1,50	0,25	сл.
	коэффициент изменчивости	0,99	1,22	1,19	1,55	0,55	2,33	0,88	0,87	0,51	0,71	0,81	
Ущелье р. Раздан, (Ереван)	свежая	52,18	0,95	17,80	6,40	3,30	0,13	4,62	9,1	3,50	1,56		
	выветрелая	50,06	1,00	20,20	7,05	1,85	0,15	3,50	12,06	2,15	1,26		
	коэффициент изменчивости	0,94	1,06	1,13	1,10	0,59	1,15	0,76	1,32	0,61	0,81		

В коре выветривания окись алюминия является весьма устойчивым соединением и почти не растворяется в воде. При выветривании алюмосиликатов синтезируются новые минералы группы монтмориллонита, являющиеся практически нерастворимыми.

Железо в породах встречается как в окисной, так и в закисной формах. В зоне окисления закисная форма неустойчива, она постепенно переходит в окись. В образцах горных пород, извлеченных из глубоких интервалов лавовых потоков (керны буровых скважин), закисного железа обычно больше. В условиях Армении железо мигрирует очень слабо.

В миграционном ряду Б. Б. Полюнова кальций занимает ряд легко мигрирующих. Это весьма наглядно в высокогорных районах вулканических массивов, где реакция почвенных растворов кислая (рН 5—6). Однако в поясах полупустыни и степей кальций накапливается в виде карбонатной коры как вторичное образование.

Из числа уменьшающихся компонентов мы упомянем кремний. Кремневая кислота обладает способностью мигрировать и поэтому в природных водах мы находим некоторое количество этого соединения (10—30 мг/л). Она образует гели, часть мигрирует, а часть создает аморфный минерал—опал.

Если в продуктах выветривания количество кремнекислоты уменьшается, то в аккумулятивной коре (суглинистых и глинистых отложениях) ее количество больше, чем в исходных породах и в общем балансе SiO_2 наряду с Al_2O_3 и Fe_2O_3 увеличивается. Кремнезем входит в состав минералов глин и не поддается миграции и особенно там, где реакция среды щелочная и слабощелочная. Таким образом, SiO_2 выступает в двух модификациях: в легкомигрирующей форме (кремнекислота) и неподвижной (кремнезем).

Интересные результаты по химическому выветриванию и растворимости эффузивных пород получаем при рассмотрении химического состава подземных, поверхностных вод и водных вытяжек из порошков свежих пород (табл. 2).

Из таблицы видно, что в ионном составе после гидрокарбонатного иона идет ион кальция. СаО в породах достигает 5—10%, в некоторых базальтах даже превышает 15%, входит в состав основных плагиоклазов, которые в современной коре выветривания неустойчивы и в кислой и слабокислой среде кальций легко мигрирует. В поверхностных водах количество ионов кальция иногда достигает 20—30 мг/л.

Содержание натрия и калия в родниковых и поверхностных водах колеблется от 2 до 35 мг/л. Эти элементы обладают активными миграционными свойствами. В исходной породе $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ —в среднем 6—8%, но в сухом остатке подземных и поверхностных вод нагорья превышают 10—15%. Однако в природных водах калия значительно меньше, чем натрия, т. к. калий активно участвует в биологическом круговороте и извлекается из современной коры выветривания растениями и концентрируется.

Химический состав подземных, поверхностных вод и водных вытяжек* из базальтов

Тип воды	Na ⁺ +K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NCO ₃ ⁻	SiO ₂	Форма вираж.	Примечание
1. Родниковые	11,73 0,51	10,22 0,51	5,35 0,44	9,22 0,26	1,9 0,04	70,78 1,16	19,5	мг/л мг/экв.	Ср. состав 30 различных родников по данным Гидроизыскательной режимной ст. Армянской ССР
2. Поверхностные (воды луж и мелких ручейков)	5,98 0,26	15,64 0,78	2,92 0,24	1,77 0,05	1,9 0,04	72,61 1,19	12	мг/л мг/экв.	Ср. из 23 проб, собранных в среднегорном поясе. Аналитик О. А. Бозоян
3. Водные вытяжки 1:10	5,06 0,22	20,0 0,98	4,62 0,38	5,67 0,16	6,72 0,14	75,66 1,24	8	мг/л мг/экв.	Ср. хим. состав из 6 анализов различных пород (андезитобазальт, базальт, андезитодацит, арктикский туф, черный туф). Аналитик О. А. Бозоян

* Химический состав родниковых и поверхностных вод приводится с вычетом хим. состава атмосферных вод. Ср. состав атмосферных вод выведен на основании анализов 72 проб, собранных на 16 пунктах нагорья (аналитик О. А. Бозоян).

В молодых эффузивных породах Армянской ССР количество хлора не превышает 0,03—0,04%. В родниковых водах ион хлора колеблется в пределах 2—32 мг/л и обладает наибольшей миграционной способностью. В биологическом круговороте веществ он участвует пассивно, следовательно, беспрепятственно мигрирует.

К легкоподвижным элементам принадлежит также сера. Количество серы в эффузивах не превышает 0,1%. Однако сульфатный ион иногда достигает значительной величины—более 20 мг/л, при общей минерализации вод в 150—200 мг/л (Араратская равнина). Хлор и сера концентрируются в супераквальной зоне Араратской равнины.

Что касается алюминия и железа, то в родниковых водах их практически нет.

Подводя итоги четырех способов сопряженного анализа, можно установить следующее: наиболее подвижным элементом является хлор, затем идут сера, кальций, натрий, магний, калий; наиболее неподвижными являются алюминий, железо и частично кремний.

До сих пор мы рассматривали способность окислов к растворению в природной воде и миграционную способность элементов. Однако окислы входят в состав минералов, создают кристаллические решетки самых различных форм и их растворимость зависит от кристаллической упаковки. Это совершенно наглядно у SiO_2 , выступающей в двух модификациях: в виде кремневой кислоты силикатов и в виде свободного SiO_2 —кварца.

При химическом разложении быстрее растворяются минералы, образованные в наиболее глубоких сферах, в абиссальной зоне под большим давлением и при высокой температуре. Такие минералы в гипергенных термодинамических условиях неустойчивы.

Все минералы, входящие в состав эффузивных пород, по признаку сопротивляемости к химическому разложению можно разделить на четыре группы: очень устойчивые, устойчивые, умеренно устойчивые и неустойчивые.

Из очень устойчивых минералов заслуживает внимания кварц. Он может быть как первичным, так и вторичным—вследствие перекристаллизации опала и халцедона. Кварц почти не подвергается химическому разложению в гипергенных условиях, никакие почвенные растворы на него почти не действуют. Выветривание кварца идет механическим путем и если кварцевые образования мигрируют, то только механическим путем, в виде взвешенных частиц водных потоков.

К устойчивым минералам относятся кислые плагиоклазы, кали-натриевые полевые шпаты, и др.

Кислые плагиоклазы выветриваются несравненно труднее основных. В особенности устойчив альбит и мало подвергается воздействию кислот. Кислые плагиоклазы, разлагаясь, образуют пелитовое вещество, серицит. Аналогичными по степени сопротивляемости минералами являются натри-калиевые полевые шпаты (ортоклаз, микроклин). Они разлагаются в условиях кислой среды, когда pH низкий. В особенности раз-

ложению способствует углекислый газ. Кислая среда имеется только в высокогорных районах, где период активного выветривания непродолжительный. В среднегорном и предгорном поясах реакция среды—нейтральная и слабощелочная и как кислые плагиоклазы, так и натри-калиевые полевые шпаты разлагаются медленно.

В изверженных породах из устойчивых минералов встречается апатит (хлорапатит). В чистой воде он нерастворим, но хорошо растворяется при наличии серной, соляной или азотной кислоты. В тех породах, где есть пирит, апатит легко разрушается, а фосфор мигрирует.

Из группы умеренно устойчивых минералов следует отметить слюды, амфиболы, пироксены и др. В эффузивных породах встречается только магнезиально-железистая слюда—биотит, который в гипергенных условиях разлагается, образуя хлорит и гидроокись железа.

В эффузивных породах основного состава довольно большой процент составляют минералы группы амфиболов и пироксенов как ромбический (гиперстен), так и моноклинный (авгит, диопсид). Все они под воздействием атмосферных агентов разлагаются. Наиболее распространен авгит, который при разложении дает роговую обманку (уралит), хлорит, эпидот, серпентин, лимонит, кальцит, окись железа, минералы глин, опал. При разложении гиперстен дает: тальк, серпентин, магнезит, лимонит, опал.

Здесь совершенно четко наблюдается стадийное выветривание и синтез новых минералов. Так, авгит переходит в роговую обманку, последняя—в биотит, биотит—в хлорит, гидроокись железа и пр. Причем всегда последующая стадия устойчивее к выветриванию, чем предыдущая.

Из группы амфиболов роговая обманка входит в состав средних и кислых эффузивных пород. Она имеет чрезвычайно сложный состав и строение. Разлагаясь, превращается в эпидот, хлорит, биотит, кальцит, магнетит, минералы глин и т. д. Будучи производной от авгита, роговая обманка более устойчива. Причем базальтическая роговая обманка наименее устойчива к выветриванию и является первичным минералом.

К неустойчивым минералам относятся сульфиды, оливин, основные плагиоклазы. Сульфиды для эффузивов не очень характерные минералы. Иногда встречается пирит, который в зоне окисления неустойчив, окисляется, образуя серную кислоту. Эта последняя понижает рН среды и ускоряет разложение других минералов. В процессе выветривания сульфатный ион синтезируется с ионом кальция в новый минерал—гипс, который концентрируется в аккумулятивной коре выветривания.

Оливин является одним из неустойчивых минералов. В процессе выветривания кристаллы оливина покрываются бурым налетом окиси железа. При наличии в породе пирита разложение оливина идет интенсивнее. Оливин входит в состав основных пород—базальтов, андезитобазальтов. На земной поверхности легко разлагается, образуя илдингсит, серпентин, магнетит, лимонит, магнезит.

Из основных плагиоклазов наиболее податливым к выветриванию является анортит. Чем больше процентное отношение анортита в породе, тем она быстрее выветривается. В условиях кислой реакции среды из анортита образуется карбонат кальция или бикарбонат, который легко мигрирует. При разложении основных плагиоклазов в продуктах выветривания накапливаются гидрослюда, эпидот, минералы глини монтмориллонитовой группы, кальцит и др. Из них мигрируют кремневая кислота, кальций, натрий и частично калий. В конечном счете возникает базальтовая вакка — бурая от лимонита смесь глины с кремнеземом.

Подводя итоги по выветриванию минералов можем составить нижеприведенную таблицу.

Таблица 3

Группы	Минерал	Продукты выветривания
Очень устойчивые	К в а р ц	
Устойчивые	Кислые плагиоклазы	Каолинит, серицит, минералы глини монтмориллонитовой группы
	Натри-калиевые полевые шпаты	Каолинит, серицит, минералы глини монтмориллонитовой группы
Умеренно-устойчивые	Б и о т и т	Хлорит, гидроксид железа
	Пироксены	Серпентин, амфиболы, хлорит, эпидот, кальцит, окиси железа, минералы глини, магнезит
	Амфиболы	Биотит, хлорит, эпидот, лимонит, кальцит, минералы глини
Неустойчивые	П и р и т	Гидрооксид железа, железный шпат
	О л и в и н	Серпентин, иддингсит, магнезит, гидроксид железа
	Основные плагиоклазы	Эпидот, каолинит, серицит, кальцит, глинистые минералы монтмориллонитовой группы, каолинит

В гипергенной зоне, в процессе химического выветривания горных пород происходит не только разложение минералов сложного химического состава, но и образование новых, более устойчивых в данных термодинамических условиях коры выветривания. В данном случае термин «выветривание» безусловно не отражает сущность явления. Правильнее термин «преобразование», однако, «выветривание» прочно вошло в литературу и мы его употребляем в смысле превращения минералов.

В современной коре выветривания Вулканического нагорья Армянской ССР в массовом порядке встречаются минералы, которые являются вторичными. Они образовались вследствие синтеза из продуктов выветривания. Такими минералами являются: монтмориллонит, бейделлит,

гидрослюды, кальцит, гипс, опал, халцедон, эпидот, хлорит, серицит и др.

Электронномикроскопические, термографические и рентгенографические исследования ряда исследователей [1, 2, 7] показывают, что из минералов глини наиболее распространенными в вулканических районах являются бейделлит и монтмориллонит, причем в аккумулятивной коре выветривания они являются преобладающими во фракциях менее 0,01 микрона.

З. Н. Немова [10], изучая минералогический состав почв Гегамского и Варденисского хребтов, констатирует, что минералогический состав почвы не совпадает с минералогическим составом горных пород и из этого заключает, что минералы принесены извне. Такое же мнение разделяет и А. А. Завалишин [5]. Мы считаем такую точку зрения необоснованной и придерживаемся мнения Е. А. Яриловой [11], а именно: основной минералогический состав почв и остаточной современной коры выветривания образуется на месте вследствие преобразования (выветривания) горных пород. Вторичные минералы могут быть образованы из первичных путем синтеза. Мы не отрицаем привнос некоторой части минералов путем воздушной миграции. Наоборот, придаем ей большое значение, но доля воздушных мигрантов в балансе небольшая. Что касается аккумулятивной коры выветривания то, разумеется, она формируется из продуктов выветривания гипсометрически вышерасположенных горных пород. Таким образом, синтез вторичных минералов в коре выветривания Вулканического нагорья Армянской ССР весьма распространенный процесс, значение которого до сих пор недооценивалось.

Ереванский государственный университет

Поступила 20 XII.1963.

Հ. Կ. ԳԱՐՐԻՆԵԼՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌԻ ՀՐԱՐԵԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԻԱԿԻ ԷՖՈՒՉԻՎ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՀՈՂՄՆԱՀԱՐՄԱՆ ՀԱՐՅԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հայկական ՍՍՌ-ի երրորդական և չորրորդական ծագման էֆուզիվ ապարները շատ կայուն են հողմնահարման նկատմամբ, ուստի նրանց մեջ շրջանառություն կատարող ստորերկրյա ջրերը ունեն շատ փոքր միներալիզացիա:

Օգտագործելով Բ. Բ. Պոլինովի կողմից մշակած քիմիական անալիզների զուգորդման մեթոդը՝ համեմատել ենք թարմ ապարի ու նրա փխրուկի, ապարների ու ստորերկրյա ջրերի, ապարների ու մակերևույթային ջրերի, ապարի ու նրա փոշուց ջրային քաշվածքի քիմիական բաղադրությունները և հանգել այն եզրակացություն, որ հողմնահարման պրոցեսում արագությամբ քայքայվում, հեռանում են հետևյալ քիմիական էլեմենտները՝ Cl, S, Ca, Mg, Na, K, P, իսկ այլ էլեմենտներ մնում են անզուժ՝ Al, Fe, Si, Ti: Ուրույն տեղ ունի սիլի-

կիոնր: նա հանդես է գալիս երկու տարատեսակներով՝ որպես սիլիկաթիու որր ջրի մեջ լավ լուծվում է և պատկանում է ակտիվ միզրացիա կատարող էլիմենտների շարքին և որպես ջրում դրեթե շլուծվող սիլիկահող, որը մնում է տեղում:

էֆուզիվների կազմում գտնվող միներալները ըստ հողմնահարման նկատմամբ ունեցած դիմադրողականության բաժանում ենք հետևյալ շորս խմբերի՝

Խ մ բ ե ը	Միներալներ	Հողմնահարման պրոդուկտներ
Խիստ կայուն	Կվարց	
Կայուն	Թթու պլազիոկլազներ	Կաոլինիտ, սերիցիտ, կավային միներալներ
	Նատրի-կալիումական դաշտային շտատներ	Կաոլինիտ, սերիցիտ, կավային միներալներ
Միջակ կայունության միներալներ	Բիոտիտ	Քլորիտ, երկաթի հիդրոքսիդ
	Պիրոքսեններ	Սերպենտին, ամֆիբոլներ, քլորիտ, էպիդոտ, կալցիտ-երկաթի օքսիդ, կավային միներալներ, մազնեզիտ
	Ամֆիբոլներ	Բիոտիտ, քլորիտ, էպիդոտ, յիմոնիտ, կալցիտ, կավային միներալներ
Անկայուն	Պերիտ	Երկաթի հիդրոքսիդ, երկաթի շպատ
	Օլիվին	Սերպենտին, իդդինդալիդ, մազնիդիտ, երկաթի հիդրոքսիդ
	Հիմնային պլազիոկլազներ	էպիդոտ, կաոլինիտ, սերիցիտ, կալցիտ, մոնոմորֆիլիտի խմբի կավային միներալներ, կաոլինիտ

ժամանակակից հողմնահարման պրոցեսներում ոչ միայն տեղի է ունենում ապարների քայքայում, այլ նաև նոր միներալների սինթեզ: Նորաստեղծ միներալների շարքում են՝ մոնոմորֆիլոնիտային խմբի կավային միներալներ, հիդրոփալարներ, կալցիտ, օպալ, խալցեդոն, էպիդոտ, քլորիտ, սերիցիտ և այլն:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аствацатрян Б. Н. Результаты рентгенографических и термографических исследований полупустынных и каменистых почв предгорной зоны Армении. Изв. АН Арм. ССР, биол. науки, № 3, 1958.
2. Айдинян Р. X. Обмен веществ и образование минеральных коллоидов в первых стадиях почвообразования на массивнокристаллических породах. ДАН СССР, новая серия 1949 г., т. LXII, № 4.
3. Б. С. Э., т. 10.
4. Габриелян Г. К. Процессы выветривания Вулканического нагорья Армянской ССР, изд. ЕГУ, Ереван, 1962.

5. Завалишин А. А. Почвы южного берега оз. Севан. Бассейн оз. Севан (Гокча), т. II, вып. 2, Л., 1931.
6. Лукашев К. И. Основы литологии и геохимии коры выветривания, Минск, 1958.
7. Мириманян Х. П. Черноземы Армении, М.—Л., 1940.
8. Перельман А. И. Геохимия ландшафта, М., 1961.
9. Польшов Б. Б. Кора выветривания, Л., 1934.
10. Немова З. Н. Минералогическое исследование некоторых почв Ахманганского плато. Изв. АН СССР, сер. 7, отд. Физ.-мат. наук, № 2, 1930.
11. Ярилова Е. А. Минералогическое исследование субальпийского чернозема на андезито-базальте. Кора выветривания, вып. 2, 1956.