

**V. ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ И  
КИСЛЫХ ВУЛКАНИТОВ УЗОНСКО-ГЕЙЗЕРНОЙ ДЕПРЕССИИ**

Элементы литофильной группы (Rb, Li, U, Th) и элементы группы железа (V, Cr, Ni, Co) используются для выяснения происхождения основных и кислых вулканитов.

Оценка распространенности этих элементов, а также рудных (Hg, Zn, V, Mo, Sn, W, Ag, Au) позволяет определить исходную концентрацию, характерную для неизмененных пород данного региона. Интересно проследить эволюцию химизма пород одного состава в пределах трех разновозрастных комплексов - докальдерного, кальдерообразующего и посткальдерного. Для сопоставления приводится материал по аналогичному району Семячинской депрессии. Основной посткальдерный вулканизм очень слабо проявлен в Узонско-Гейзерной депрессии и широко - в Семячинской.

В вулканических породах были определены Na, K, Li, Rb, Cs (методом пламенной фотометрии), V, Cr, Ni, Co, B, Sn (спектральным методом), Mo, W, Cu, Ag, Sc (нейтронно-активационным методом), Zn (атомно-адсорбционным методом), U (люминесцентным методом), Th, Hg (колориметрическим методом).

Данные по содержанию изученной группы элементов в образцах вулканитов Узон-Семячинского района приведены в табл. 6.

Докальдерный этап вулканизма Узонско-Гейзерной депрессии проявлен породами основного (базальты) и кислого (дациты) состава, кальдерообразующий этап - огромными выбросами кислых игнимбритов, посткальдерный этап - кислыми лавами. Так как в Узонско-Гейзерной депрессии в посткальдерный этап слабо проявился основной вулканизм, в табл. 6 приведены данные по основным и кислым вулканитам посткальдерного этапа развития Семячинской депрессии.

Таблица 6

**Аналитические данные для образцов вулканических пород Узон-Гейзерной и Бол. Семячинской депрессий,  $\gamma/\text{г}$ , за исключением  $\text{SiO}_2$ , Na и K, которые даются в % и Au - в  $\text{п} \cdot 10^{-7}\%$**

Элемент	Докальдерный этап Узон-Гейзерной депрессии														
	Кислые породы					Основные породы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO <sub>2</sub>	—	67,4	66,7	61,9	65,7	49,3	51,1	51,2	50,1	—	—	—	50,3	51,8	54,7
Na	—	3,4	—	3,6	—	2,4	3,3	—	3,6	3,6	3,6	—	—	2,9	3,5
K	1,5	1,5	—	1,4	1,6	—	0,60	—	0,7	0,8	1,0	0,7	0,4	0,8	0,6
Rb	26	39	—	24	26	7	9	—	5	9	13	5	—	6	8
K/Rb	580	360	—	580	610	—	670	—	1340	910	770	1400	—	1300	750
Cs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
U	1,0	—	0,70	—	—	—	0,37	0,35	—	—	—	0,3	—	—	0,44
Th	1,25	—	0,80	—	—	0,5	0,50	0,40	—	—	0,57	0,48	—	0,50	0,56
Th/U	1,2	—	1,1	—	—	—	1,3	1,1	—	—	—	1,6	—	—	1,3
Li	14	12	—	11	6	11	4	—	5	6	11	6	5	9	9
B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	100	37	35	110	48	—	300	340	290	320	180	450	300	250	260
Cr	5	11	4,5	12	6	—	54	29	120	34	20	17	44	57	24
Ni	9	4	4,5	27	12	—	31	23	49	24	14	21	46	30	23
Co	9	6	4,5	23	6	—	25	34	44	34	28	30	62	40	35
Ni/Co	1	0,7	1	1,2	1,2	—	1,2	0,7	0,9	0,7	0,5	0,7	0,7	0,8	0,7
V/Ni	11	9	8	4	6	—	10	15	6	13	13	21	7	8	11
Sc	5,8	—	—	—	—	—	6,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Zn	—	—	—	—	—	—	—	—	98	111	105	—	80	84	85
Hg	—	0,035	—	0,046	—	0,032	—	—	0,032	0,066	0,056	—	—	—	0,046
Sn	2,2	2,2	—	1,7	1,2	—	1,4	—	—	—	—	2,6	1,9	—	—
Mo	1,5	—	3,6	—	—	—	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—
W	0,27	—	0,25	—	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—
Ag	0,08	—	0,06	—	—	—	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—
Au	0,3	—	0,3	—	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—

Узонско-Гейзерная депрессия

Вулканотектоническая депрессия массива Бол. Семячик

Элемент	Основные породы					Игнимбриды андезито-дацитового, дацитового состава									
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO <sub>2</sub>	54,1	52,7	54,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	—	—	—	—	—	2,8	3,1	2,5	3,5	—	—	3,7	3,7	—	—
K	1,0	0,5	0,6	1,0	1,7	1,8	1,4	1,7	1,3	1,6	1,9	1,8	1,3	2,2	2,0
Rb	25	4	7	16	12	38	18	40	32	24	15	46	44	18	25
K/Rb	400	1200	860	620	1400	470	780	420	400	670	1280	390	300	—	800
Cs	—	—	—	—	0,35	—	—	—	—	—	—	—	—	1,3	—
U	0,37	0,16	—	—	0,6	0,6	—	—	0,6	1,0	—	—	—	0,4	—
Th	0,50	0,40	—	—	1,8	—	1,0	0,8	1,0	0,8	—	—	—	0,7	—
Th/U	1,3	2,5	—	—	3,0	—	—	—	1,7	0,8	—	—	—	1,8	0,6
Li	9	5	5	9	16	13	9	15	9	12	15	14	23	16	16
B	—	—	—	—	60	—	19	54	—	—	—	—	—	—	—
V	—	300	220	250	—	96	—	85	140	46	—	38	43	—	—
Cr	—	14	36	100	—	8	10	17	18	7	—	6	12	—	—
Ni	—	15	12	60	—	13	3	9	10	15	—	5	7	—	—
Co	—	20	35	36	—	10	5	9	20	5	—	3	5	—	—
Ni/Co	—	0,7	0,3	1,7	—	1,3	0,6	1,0	5	3	—	1,6	1,4	—	—
V/Ni	—	20	18	4	—	7	—	8	14	3	—	8	6	—	—
Sc	—	5,2	—	—	—	—	—	—	5,7	5,8	—	—	—	—	—
Zn	—	—	100	—	—	103	82	88	101	—	—	90	90	—	—
Hg	—	—	—	—	0,1	0,05	0,08	0,07	—	—	—	0,017	0,01	—	—
Sn	—	2,0	—	—	3,2	—	—	—	—	1,3	—	1,5	—	1,6	—
Mo	—	1,0	—	—	—	—	—	—	3,6	3	—	—	—	—	—
W	—	0,08	—	—	—	—	—	—	0,29	0,76	—	—	—	—	—
Ag	—	0,22	—	—	—	—	—	—	0,12	0,06	—	—	—	—	—
Au	—	0,5	—	—	—	—	—	0,09	0,2	0,2	—	—	—	—	—

Кальдерный этап

Вулканотектоническая депрессия массива Бол. Семячик  
Игнимбриды андезито-дацитового, дацитового состава

Элемент	Игнимбриды андезито-дацитового, дацитового состава																
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
SiO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	3,7	3,0	—	3,1	—	2,5	2,9	3,9	—	2,5	3,2	—	3,5	—	—	—	2,5
K	—	1,3	2,1	1,8	1,8	1,9	1,7	1,5	2,1	1,9	1,4	1,6	1,5	1,6	2,1	1,7	1,8
Rb	—	38	45	55	33	40	51	40	35	39	48	26	35	19	36	25	40
K/Rb	—	340	480	330	540	480	330	380	600	490	290	620	430	800	580	640	450
Cs	—	—	—	—	—	—	—	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
U	—	—	—	—	—	—	1,0	—	—	0,7	—	—	—	—	—	—	1,1
Th	—	0,76	0,50	—	0,5	—	0,8	—	0,87	0,68	0,8	—	—	—	1,0	—	0,5
Th/U	—	—	—	—	—	—	0,8	—	—	0,9	—	—	—	—	—	—	0,4
Li	—	20	16	18	15	11	18	9	16	14	27	12	11	23	25	12	21
B	—	—	—	—	17	—	30	—	—	25	36	—	—	—	—	—	22
V	40	36	70	44	41	91	51	72	—	60	30	85	77	—	—	80	—
Cr	22	9	10	18	10	20	19	9	—	27	9	11	18	—	—	8	—
Ni	22	7	14	6	12	10	15	11	—	11	4	22	9	—	—	12	—
Co	5	5	6	5	4	10	5	5	—	4	2	6	7	—	—	5	—
Ni/Co	4	1,4	2	1,2	3	1,0	3	2	—	2,5	2	3	1,3	—	—	2,4	—
V/Ni	2	5	5	7	4	9	10	7	—	5	8	4	9	—	—	7	—
Sc	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,5	—	—	—	—	—	—	—
Zn	—	72	—	37	—	75	80	75	60	67	71	—	62	—	—	—	82
Hg	0,01	0,01	—	0,014	—	0,042	0,029	0,029	—	0,03	0,023	—	0,02	—	—	—	0,06
Sn	—	—	1,3	2,2	—	—	—	1,5	1,5	—	—	2,0	2,4	—	—	—	—
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,09	—	—	—	—	—	—	—
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—
Au	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—

Посткальдерный этап

Узонско-Гейзерная депрессия

Массив Бол. Семячик

Элемент	Кислые породы										Основные породы					
	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
SiO <sub>2</sub>	—	67,3	65,5	70,7	—	69,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	—	—	—	—	3,1	3,1	—	3,6	—	3,6	—	2,1	2,1	—	2,0	2,5
K	1,5	1,8	1,5	1,9	1,9	2,0	2,0	1,8	2,1	1,5	0,4	0,5	0,7	0,42	0,5	0,7
Rb	20	22	26	30	40	40	32	27	32	32	7	6	12	6	7	11
K/Rb	1,7	—	—	—	—	—	3,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cs	750	800	580	630	470	500	630	670	660	470	530	810	600	700	700	600
U	—	—	—	1,50	1,3	—	0,90	—	0,9	1,0	0,2	0,3	—	—	—	—
Th	—	0,85	0,50	1,35	1,25	0,95	1,10	—	1,1	0,75	—	0,2	0,25	0,20	—	—
Th/U	—	—	—	0,9	1,0	—	1,2	—	—	1,2	0,8	—	0,7	—	—	—
Li	15	17	14	13	21	21	17	22	18	24	8	4	9	5	7	6
B	15	21	26	20	—	18	15	—	21	—	—	6	—	5	—	—
V	—	—	70	40	32	33	70	—	30	24	270	240	240	—	190	—
Cr	—	—	4	14	13	14	7	—	10	6	23	25	42	—	42	—
Ni	—	—	10	20	8	14	10	—	12	12	18	30	25	—	25	—
Co	—	—	5	4	3	10	9	—	5	10	35	39	32	—	43	—
Ni/Co	—	—	2	5	3	1,4	1	—	2	1,2	0,5	0,9	0,8	—	0,6	—
V/Ni	—	—	7	2	4	2	7	—	3	2	15	8	10	—	8	—
Sc	—	—	—	—	1,9	—	—	—	—	8,9	—	—	—	—	—	—
Zn	—	—	—	40	51	56	40	48	40	58	—	98	84	—	100	116
Hg	—	—	—	—	—	0,019	—	0,023	—	0,015	0,1	0,14	0,28	—	0,09	0,04
Sn	—	2,0	—	2,4	—	2,7	2,0	—	2,2	1,0	3,0	—	—	—	1,2	—
Mo	—	—	—	—	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	0,21	—	—	—	—	0,06	—	—	—	—	—	—
Ag	—	—	—	—	0,04	—	—	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—
Au	—	—	—	0,5	2,0	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—

Элемент	Массив Бол. Семячик															
	Основные породы															
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
SiO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	—	—	3,3	3,1	3,0	—	—	—	—	2,0	2,4	2,2	2,2	—	2,5	—
K	0,3	0,9	0,9	1,0	1,1	—	0,8	—	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,1	1,1
Rb	4	13	19	21	24	—	9	—	14	15	20	11	14	14	21	17
K/Rb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cs	750	700	480	480	460	—	880	—	600	540	400	700	600	700	520	650
U	0,3	—	—	—	0,25	0,17	—	—	0,3	0,5	—	0,14	—	—	—	0,25
Th	0,22	—	—	—	0,5	0,23	—	—	0,4	0,4	—	0,5	—	—	—	0,4
Th/U	0,7	—	—	—	2,0	1,3	—	—	1,3	0,8	—	3,6	—	—	—	1,5
Li	4	10	13	11	16	—	9	—	7	8	6	—	7	7	9	10
B	—	—	25	—	40	—	8	—	56	29	—	—	—	11	—	—
V	300	150	230	220	130	—	180	—	180	—	180	240	190	—	110	100
Cr	40	15	35	34	26	—	42	—	11	—	34	33	30	—	8	11
Ni	39	21	14	18	17	—	21	—	23	—	19	19	26	—	11	16
Co	35	15	26	25	15	—	40	—	26	—	20	18	23	—	10	18
Ni/Co	1,1	1,4	0,5	0,7	1,1	—	0,5	—	0,9	—	1	1	1,1	—	1,1	0,9
V/Ni	9	7	16	12	8	—	9	—	8	—	10	13	7	—	10	6
Sc	9,2	—	—	—	—	9,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Zn	—	—	72	77	62	—	81	—	—	77	76	77	77	—	56	—
Hg	—	—	0,12	0,14	0,09	—	—	—	0,05	0,08	0,13	0,17	0,1	0,05	—	0,09
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mo	5,7	—	—	—	—	5,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	0,1	—	—	—	—	0,1	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	—
Ag	0,07	—	—	—	—	0,07	—	—	0,013	—	—	—	—	—	—	—
Au	0,1	—	—	—	—	0,1	—	—	0,7	1,6	—	—	—	—	—	—

Элемент	Массив Бол. Семячик															
	Основные породы								Кислые породы							
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92			
SiO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	—	—	—	2,0	2,1	1,6	2,7	—	3,0	—	—	—	—	—	—	—
K	0,9	0,9	0,8	0,6	0,7	0,25	1,0	1,2	1,5	1,5	1,6	1,4	1,5	—	—	—
Rb	14	10	14	18	13	5	25	25	43	21	25	27	22	—	—	—
K/Rb	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—
Cs	700	900	550	330	500	500	400	480	350	700	600	520	680	—	—	—
U	—	0,50	0,40	—	—	—	—	—	—	1,0	0,30	—	0,6	—	—	—
Th	—	0,40	0,40	—	—	—	—	—	—	1,34	0,50	—	0,50	—	—	0,50
Th/U	—	0,8	1,0	—	—	—	—	—	—	1,3	1,6	—	0,8	—	—	—
Li	8	12	7	8	5	4	13	9	22	18	18	17	15	—	—	—
B	—	—	23	—	25	12	—	11	—	—	—	—	40	—	—	—
V	—	—	210	230	210	290	180	140	43	80	—	70	45	—	—	—
Cr	—	—	19	32	46	58	35	28	28	36	—	8	8	—	—	—
Ni	—	—	33	26	25	31	16	28	15	26	—	14	14	—	—	—
Co	—	—	30	34	31	34	23	20	7	8	—	4	6	—	—	—
Ni/Co	—	—	1,1	0,8	0,8	0,9	0,7	1,4	2	3	—	4	2	—	—	—
V/Ni	—	—	6	9	8	9	11	5	3	3	—	5	3	—	—	—
Sc	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Zn	—	—	—	79	79	82	72	—	80	—	—	—	57	—	—	—
Hg	0,06	0,09	—	0,18	0,13	0,1	0,13	0,07	0,14	—	0,06	—	—	—	—	—
Sn	—	—	1,4	—	—	—	—	2,7	—	—	—	—	1,4	—	—	—
Mo	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ag	0,44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Au	0,8	0,9	1,0	—	—	—	—	1,8	—	—	—	—	1,8	—	—	—

Примечание. 9-14, 13-1, 14-2, 15-11, 16-9, 17-5, 18-10 (номер образца данной таблицы-номер образца табл.1). 2-6, 4-1, 5-4, 50-17, 53-20, 51-22 (номер образца данной таблицы-номер образца табл. 2)

Сравнение средних содержаний элементов в вулканических породах показывает сходство содержаний породообразующих и микроэлементов, хотя отмечается слабое «покишение» основных пород посткальдерного этапа (табл. 7). Оно выражается в повышенном содержании элементов группы железа ( $V = 290 \gamma/\gamma$ ;  $1r = 46 \gamma/\gamma$ ;  $Ni = 29 \gamma/\gamma$ ;  $Co = 35 \gamma/\gamma$ ), пониженной концентрации литофильных элементов ( $Rb = 10 \gamma/\gamma$ ) и повышенном  $K/Rb = 800$  в основных лавах докальдерного этапа по сравнению с основными лавами посткальдерного этапа ( $U = 200 \gamma/\gamma$ ;  $Cr = 33 \gamma/\gamma$ ;  $Ni = 23 \gamma/\gamma$ ;  $Co = 27 \gamma/\gamma$ ;  $Rb = 14 \gamma/\gamma$ ;  $K/Rb = 570$ ). Поскольку базальты докальдерного и посткальдерного этапов характеризуют разные центры, это может быть отражением локальных различий в исходном составе, а не направленным изменением химизма основных расплавов этого района во времени.

Сравнение кислых докальдерных и посткальдерных пород Узонско-Гейзерной депрессии показывает аналогичный ход изменения микроэлементного состава. Кислые породы докальдерного этапа Узонско-Гейзерной депрессии имеют несколько повышенное по сравнению с кислыми посткальдерными породами этого района содержание ванадия (соответственно 66 и 43  $\gamma/\gamma$  и кобальта), несколько пониженное содержание калия (1,5% против 1,7% посткальдерных дацитов). Содержание рубидия, хрома и никеля в этих породах практически одинаково.

Близость геохимических характеристик этих двух групп пород подтверждает 1-ое предположение, а слабое изменение в составе позволяет предполагать тенденции этого расплава к «покишению» в поздний этап. Две группы кислых пород Семячинской депрессии - игнимбриды главного кальдерообразующего этапа и кислые посткальдерные лавы и экструзии вулкана Бол. Семячик - показывают обратную картину. В менее кислых посткальдерных лавах вулкана Бол. Семячик содержание элементов литофильной группы несколько понижено (1,5%,  $Rb = 28 \gamma/m$ ), а некоторых элементов группы железа повышено ( $Cr = 20 \gamma/\gamma$ , и  $17 \gamma/m$ ) по сравнению с игнимбридами кальдерообразующего этапа (соответственно  $K = 1,7\%$ ,  $Rb = 34 \gamma/m$ ,  $Cr = 13 \gamma/m$ ,  $Ni = 11$

у/м). Эти различия также слишком малы, чтобы говорить об изменении состава расплавов во времени. Дисперсия содержаний микроэлементов, очевидно, определяется изменением кислотности самих пород, которая варьирует в пределах одного этапа вулканизма (породы меняются по составу от кислых андезитов до дацито-липаритов). Таким образом, можно констатировать практическую близость микроэлементного состава для основных и кислых пород разного возраста в Узонско-Гейзерной и Семячинской депрессиях.

Таблица 7

**Средние содержания элементов в вулканических породах Бол. Семячинской и Узонско-Гейзерной депрессий, в, γ/г, (кроме SiO<sub>2</sub>, Na и K, которые даются в % и Au – в п · 10<sup>-7</sup>%)**

Элемент	Докальдерный этап				Кальдерный этап				Посткальдерный этап							
	Узонско-Гейзерная депрессия				Бол. Семячик				Узонско-Гейзерная депрессия				Бол. Семячик			
	Кислые породы		Основные породы		Игнимбриты		Кислые породы		Кислые породы		Основные породы		Кислые породы		Основные породы	
	сред-нее	пределы колебаний	сред-нее	пределы колебаний	сред-нее	пределы колебаний	сред-нее	пределы колебаний	сред-нее	пределы колебаний	сред-нее	пределы колебаний	сред-нее	пределы колебаний	сред-нее	пределы колебаний
SiO <sub>2</sub>	65,3	61,9—67,4	52,0	49,3—54,7	—	—	68,3	65,5—70,7	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	3,5	3,4—3,6	3,3	2,4—3,6	3,1	2,5—3,7	3,3	3,1—3,6	—	—	—	—	2,4	1,6—3,3	—	—
K	1,5	1,4—1,6	0,7	0,4—1,0	1,7	1,3—2,2	1,8	1,5—2,1	1,5	1,4—1,6	0,8	0,3—1,2	0,8	0,3—1,2	—	—
Rb	29	26—39	10	4—25	34	12—48	30	20—40	28	21—43	14	4—25	—	—	—	—
Cs	—	—	—	—	1,2	0,35—1,7	2,5	1,7—3,3	0,6	—	—	—	0,5	—	—	—
K/Rb	400	360—610	700	400—1400	500	300—1400	600	470—800	530	350—700	570	330—900	—	—	—	—
U	0,85	0,70—1,0	0,38	0,16—0,44	0,75	0,4—1,1	1,1	0,9—1,5	0,83	0,3—1,0	0,30	0,17—0,5	—	—	—	—
Th	1,00	0,80—1,25	0,50	0,4—0,57	0,85	0,5—1,8	1,0	0,5—1,35	0,80	0,5—1,34	0,38	0,2—0,5	—	—	—	—
Th/U	1,2	1,1—1,2	1,3	1,1—2,5	1,1	0,4—3,0	0,9	0,8—1,2	1,7	0,8—1,6	1,3	0,7—3,6	—	—	—	—
Li	11	6—14	7	5—11	16	9—27	18	13—24	13	15—22	8	4—13	—	—	—	—
B	—	—	—	—	33	17—60	19	15—26	40	—	21	5—56	—	—	—	—
V	66	35—110	290	180—450	64	30—140	43	24—70	59	43—80	200	100—300	—	—	—	—
Cr	8	4—12	46	14—120	13	6—27	10	4—14	20	8—36	33	8—58	—	—	—	—
Ni	11	4—27	29	12—60	11	3—22	12	8—20	17	14—26	23	11—39	—	—	—	—
Co	10	5—23	35	20—62	5	2—20	7	3—10	6	4—8	27	10—43	—	—	—	—
Ni/Co	1,1	0,7—1,2	0,8	0,3—1,7	2	0,6—5	1,7	1,0—5	3	2—4	0,8	0,5—1,4	—	—	—	—
V/Ni	6	4—11	10	6—21	6	2—10	4	2—7	4	3—5	9	5—16	—	—	—	—
Sc	5,8	—	5,7	5,2—6,2	6,6	5,7—8,5	5,4	1,9—8,9	—	—	—	—	9,2	—	—	—
Zn	—	—	95	80—111	71	37—103	48	40—58	58	57—60	82	62—116	—	—	—	—
Hg	0,040	0,036—0,046	0,046	0,032—0,066	0,037	0,01—0,1	0,049	0,015—0,023	0,10	0,06—0,14	0,11	0,04—0,28	—	—	—	—
Sn	1,8	1,2—2,2	2,0	1,4—2,6	1,9	1,3—3,2	2,0	1,0—2,7	1,4	—	2,1	1,2—3,0	—	—	—	—
Mo	2,5	1,5—3,6	2,8	1,0—4,5	3,3	3,3—6	2,0	—	—	—	4,3	1,5—5,7	—	—	—	—
W	0,26	0,25—0,27	0,07	0,05—0,08	0,38	0,09—0,76	0,14	0,06—0,21	—	—	0,06	0,02—0,1	—	—	—	—
Ag	0,07	0,06—0,08	0,13	0,04—0,22	0,16	0,06—0,3	0,05	0,04—0,05	—	—	0,15	0,01—0,44	—	—	—	—
Au	0,3	—	0,4	0,3—0,5	0,18	0,09—0,2	0,9	0,2—2,0	—	1,8	1,0	0,1—1,7	—	—	—	—

В табл. 8 приведены данные по распространенности элементов в изученных породах района.

Таблица 8

**Средняя распространённость элементов в породах основного и кислого составов γ/г (породообразующих в %)**

Элемент	Средний базальт Узон-Семячинского района	Высокоглино-земистый базальт по С.Р. Тейлору		Средний океанический толеит	Средний дацит Узон-Семячинского района	Дацит	Сайпанский дацит по С.Р. Тейлору			Средний гранодиорит	Средний гранит	Основные породы по А.П. Виноградову	Кислые породы
		Средний базальт	Средний дацит				Средний гранодиорит	Средний гранит					
SiO <sub>2</sub>	52,0	51,7	48,9	49,3	66,8	65,0	79,5	66,9	71,2	—	—	—	—
K	0,75	—	0,85	0,14	1,60	1,70	1,30	2,55	3,47	—	—	—	—
Rb	10	—	20	1,2	30	44	15	110	145	45	200	—	—
Cs	0,5	—	1,0	—	1,4	0,22	0,16	4	5	1	5	—	—
K/Rb	750	—	425	1170	530	390	870	230	240	—	—	—	—
U	0,34	—	0,60	0,10	0,83	0,62	0,85	2,7	4,8	0,3	3	—	—
Th	0,44	—	2,7	0,18	0,91	1,7	1,6	10	17	3	18	—	—
Th/U	1,3	—	4,5	1,8	1,1	2,7	1,9	3,7	3,5	10	6	—	—
Sn	2,0	—	1,0	—	1,8	0,39	0,82	2	3	1,5	3	—	—
Mo	2,8	—	1,0	—	2,6	0,49	0,94	1	2	1,4	1,0	—	—
V	250	250	250	290	58	68	19	75	40	200	40	—	—
Cr	40	40	200	300	13	13	4	30	10	200	25	—	—
Ni	26	25	150	100	13	5	1	15	14	160	8	—	—
Co	31	40	48	32	9	9	3	10	2	45	5	—	—
Ni/Co	0,8	0,63	3,1	3,1	1,4	0,56	—	1,5	2	3,5	1,6	—	—
V/Ni	9,6	10,0	1,7	29	4,5	13,6	—	5	3	1,2	5	—	—
Sc	8	40	38	60	5,9	—	—	14	6	24	3	—	—
Ag	0,14	—	0,10	—	0,11	—	—	0,05	0,04	0,1	0,05	—	—

Геохимические данные по породам островных дуг в настоящее время малочисленны (Taylor et al., 1968, 1969a). В последние годы отмечено существенное различие в микроэлементном составе для основных вулканических пород континентальных и океанических областей, а также районов островных дуг (см. Ил. 8). Подобные различия объясняются обычно неоднородным составом исходного мантийного субстрата под этими регионами и особенностями механизма выплавления.

По поводу мантийного источника вещества для океанических толеитовых и континентальных базальтов сомнений в настоящее время нет. Мантийное происхождение андезитовой серии пород, развитой в пределах островных дуг, было предположено впервые Г. С. Горшковыми затем подтверждено геохимическими работами.

Происхождение известково-щелочных пород районов островных дуг и молодых орогенных областей наиболее полно рассмотрел С. Р. Тейлор.

Изучив породы известково-щелочной серии в районах с тонкой океанической корой (острова Марианские, Соломоновы и Фиджи) и сравнив их с породами той же серии, развитой на типично континентальной коре (Анды, Каскадные горы, Япония, Индонезия, Новая Зеландия), он пришел к выводу о едином источнике и механизме выплавления всей этой серии пород из вещества верхней мантии. Из редких элементов, по мнению С. Р. Тейлора, особенно показательны наряду с литофильными элементами группы железа (V, Cr, Ni, Co, а также отношения Ni/Co и V/Ni).

Средний базальт Узон-Семячинского района по содержанию элементов группы железа и Ni/Co и V/Ni практически совпадает со средним высокоглиноземистым базальтом, по С. Р. Тейлору (см. табл. 8). По ряду элементов базальт Узон-Семячинского района близок к континентальному базальту (Rb, Sn, Mo, V, Ag), но резко отличается от него содержанием Cr, Ni и особенно Ni/Co и V/Ni. Еще большие различия имеют место при сравнении с океаническим толеитовым базальтом.

Таким образом, при сравнении базальтов Узон-Семячинского района с главными типами базальтов наблюдается поразительное их сходство по микроэлементному составу с высокоглиноземистыми базальтами, которые, согласно С. Р. Тейлору, являются мантийными выплавками. Очевидно, базальты Узон-Семячинского района были выплавлены также в пределах верхней мантии.

В своих работах С. Р. Тейлор показал тесную геохимическую связь между породами всей щелочноземельной серии, начиная от базальтов, кончая дацитами, и на основании данных по абсолютным концентрациям отдельных элементов и их отношений сделал предположение о непосредственном мантийном источнике и для кислых пород. По С. Р. Тейлору, кислые расплавы дацитового состава выплавляются также в пределах верхней мантии, но в несколько иных физико-химических условиях. Мантийное происхождение дацитов подтверждается, согласно С. Р. Тейлору, и сравнением микроэлементного состава этих пород с соответствующими по кислотности породами коры (гранодиоритами и гранитами).

Концентрации Rb, V, Cr и Co весьма сходны для дацитов Узон-Семячинского района и дацита с Соломоновых островов (см. табл. 8).

Несколько отличаются эти группы пород содержаниями Ni и соответственно Ni/Co и V/Ni. Для Узон-Семячинских дацитов, в связи с более высокой концентрацией никеля, Ni/Co-отношение выше (1,4), чем в даците Соломоновых островов (0,56), а V/Ni-отношение соответственно ниже (4,5 против 13,6). Подобное различие, как и некоторая разница в содержании урана, тория, олова и молибдена, является местным признаком. Для дацитов Узон-Семячинского района среднее выводится по 15 образцам, а дацит Соломоновых островов представлен одним образцом. Эти дациты имеют большую близость в геохимической характеристике и резко отличаются от кислых пород коры (гранодиоритов и гранитов). Кислые вулканы всех этапов вулканизма, развитых в районе Узонско-Гейзерной и Семячинской депрессий, очевидно, являются производными глубинного мантийного вещества.

Относительно механизма образования кислых расплавов и генетического их родства с базальтовыми проявлениями данного района в настоящее время трудно дать однозначный ответ.

С. Р. Тейлор показал малую вероятность происхождения андезитов и дацитов из высокоглиноземистых базальтов путем фракционной кристаллизации. Он основывался главным образом на одинаковом содержании V, близких Ni/Co V/Ni-отношениях в высокоглиноземистых базальтах и андезитах, а также присутствию или слабо проявленной степени концентрации литофильных элементов в более кислых разновидностях пород. Это подтверждалось сравнительно малыми объемами базальтового материала по сравнению с андезитами в пределах серии. При сравнении геохимических данных базальтов и дацитов Узон-Семячинского района (андезиты здесь отсутствуют) обращает на себя внимание закономерное изменение концентраций как литофильной группы элементов, так и элементов группы железа (V, Cr, Ni, Co) от основных пород к кислым. Такое изменение обычно наблюдается при фракционной кристаллизации, при выплавлении основных и кислых расплавов из близкого по составу исходного материала в породах должна иметь место та же самая эволюция содержания микроэлементов. В данном случае необходимо учитывать большой объем кислого материала, сопоставимого по масштабам проявления с базальтовым, все это делает

обе гипотезы (фракционной кристаллизации базальтов или самостоятельного выплавления кислых расплавов из мантии) приблизительно равноценными.

Основные и кислые расплавы имеют в качестве источника вещество верхней мантии и в них трудно уловить влияние пород коры. У дацитов Узон-Семячиного района и Соломоновых островов кроме общих черт, имеются различия, объясняющиеся региональными особенностями.

Сайпанский дацит имеет высокое содержание  $\text{SiO}_2$  (79%) и низкую концентрацию калия, рубидия, олова, молибдена, редкоземельных элементов и высокое  $\text{K/Rb}$  отношение (см. табл. 8). Региональная аномалия описана для Курило-Камчатской зоны Л. Л. Леоновой и др. (1970, 1971). Курильские острова и Камчатка характеризуются пониженной концентрацией урана и особенно тория, низким  $\text{Th/U}$ -отношением.

Кроме отмеченных особенностей характерны пониженное содержание скандия, относительно высокая концентрация олова, молибдена и бора.

О концентрациях Hg, Zn и Au в породах островных дуг данных нет. Сравнение их со средними данными для основных и кислых пород (по А. П. Виноградову) показывает несколько повышенное содержание ртути в основных породах более низкое содержание золота в кислых и основных породах.