

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ФТОРА ВОДОЙ ИЗ ГОРНЫХ ПОРОД РАЙОНА ОРЛОВКИ, ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ

* Аксюк А.М. (ИЭМ РАН), Коржинская В.С. (ИЭМ РАН), ** Stanley C. (NHM, London)
 *Anatoly.Aksyuk@iem.ac.ru, **C.Stanley@nhm.ac.uk

Ключевые слова: фтор, эксперимент, выщелачивание, порода, Орловка

Фтор при повышенных концентрациях в воде является экологически опасным элементом. Один из путей попадания фтора в грунтовые и подземные питьевые воды – это выщелачивание его из горных пород. Несмотря на важность, процесс выщелачивания остается очень мало изученным и практически не охарактеризованным с количественной стороны [1,2]. Приведенные ниже экспериментальные данные призваны частично восполнить этот пробел. Экспериментальное изучение выщелачивания фтора водой из горных пород выполнено на порошковых пробах, приготовленных из образцов пород, собранных в районе Орловского танталового месторождения в Восточном Забайкалье. Выбор образцов для экспериментов не случаен. Большая роль фтора в формировании Орловского месторождения привела к образованию обогащенных фтором минералов и горных пород на месторождении и к повышенным содержаниям фтора в почвах в районе месторождения. Ниже обсуждаются полученные экспериментальные данные по выщелачиванию фтора из различных наиболее распространенных типов магматогенных горных пород (более десятка образцов), развитых в районе Орловского месторождения и содержащих различное содержание фтора (Таблица).

Образец	Порода	S, м ² /г	F, мас. %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	FeO
Z-8	лампрофир	1,7	0,038	55,34	14,98	3,24	0,74	7,12
A-24/01	bt гранит	0,8	0,086	75,36	12,75	3,58	4,71	1,38
Z-20/95	ms гранит	1,41	0,11	73,92	16,22	8,52	0,33	0,19
Ш-44	аб-ый гранит	0,84	0,26	77,97	11,97	3,67	4,57	0,57
A-2	пегматоид	1,00	0,51	71,76	16,3	6,25	3,78	0,38
Z-31b	Q-Be-Lep	1,59	0,56	85,41	7,38	0,89	2,74	1,59
A-81	"полосатик"	0,59	0,79	74,84	13,73	3,22	5,94	1,10
A-77	ab гранит с Fl	0,92	1	72,83	16,22	5,56	3,10	0,337
A-93	ab-ler гранит	0,64	1,167	74,65	13,91	5,0	2,13	2,74
A-39	amz гранит	0,51	1,433	75,08	15,43	4,87	3,11	0,29
Ш-18	"полосатик"	2,22	2,08	74,1	14,9	3,46	3,56	2,02

На месторождении Орловский шток Li-F гранитов прорывает Хангилайский массив, сложенный биотитовыми и мусковит-биотитовыми гранитами и срезает мощную дайку лампрофиров. Среди орловских Li-F гранитов: альбит-амазонитовых и альбит-Li-слюдистых гранитов, -отмечаются зоны интенсивной альбитизации, жилы и зоны амазонит-кварцевых пегматоидов, а также своеобразные ритмично-полосчатые породы, сложенные чередующимися полосами, содержащими топаз и берилл, и обогащенными или альбитом, или кварцем со слюдой. Вблизи дайки лампрофиров, которая могла служить своеобразным экраном для гидротермальных флюидов, отмечаются отдельные кварц-лепидолит-берилловые жилы и прожилки [3].

Опыты проведены при комнатных условиях, при исходном соотношении вода-порода 5:1. Использовалась три-дистиллированная вода, открытая для атмосферы с pH около 6,2. Исходная удельная поверхность порошковых проб, определенная БЭТ методом, была в интервале 0,64-2,22 м²/г. Длительность различных серий опытов составляла 1, 3, 7 и 32 суток. Концентрация фтора после опыта определялась в аликвоте раствора F-селективным методом с использованием TISAB и измерительного комплекса "Экотест-120/АТС" - компьютер.

Эксперименты показывают, что при взаимодействии с породой pH раствора в ходе опыта увеличивается для большинства пород от 6,2 до 7-7,5 после 1 и 3 суток и - до 8-8,5 после 7 и 32 суток. Выраженной зависимости конечных значений pH раствора от содержания фтора в породе не отмечается. На отдельных образцах при непрерывной записи значений pH раствора уста-

новлено, что они меняются более чем на единицу уже в течение первой минуты взаимодействия породы с водой и перестройки равновесия рН-электрода с раствором.

Основными экспериментальными характеристиками выщелачиваемости фтора из пород являются концентрация F в воде после опыта (M_{HF} , моль/дм³) и скорость выщелачивания фтора с единицы поверхности породы в единицу времени (V , г/м²сут). Изменения этих характеристик относительно типа породы, исходной концентрации F в породе и длительности опытов представляют наибольший интерес. Полученные данные показывают, что среди изученных пород Орловки лампрофиры, имеющие в своем составе самое низкое содержание фтора (0,026 мас. %), характеризуются как наименьшими скоростями выщелачивания фтора, так и самыми малыми концентрациями HF в растворе после опытов. Для них величина $\lg M_{HF}$ после 32 суток оказалась близкой к $-5,2$. Биотитовые и двуслюдяные граниты характеризуются более высокими концентрациями: через 32 суток в растворе величина $\lg M_{HF}$ близка к -4 . Для пород Орловского штока (альбит-амазонитовые и альбит-Li-слюдистые граниты), а также из жил пегматоидов, концентрации HF после 32 суток оказались близкими. Величина $\lg M_{HF}$ была в диапазоне $-3,51 \div -3,16$, т.е. концентрация фтора в воде составляла от 5,9 до 13,1 мг/л. Напомним, что в питьевой воде физиологически безопасной считается концентрация фтора в узком интервале 0,6-1,5 мг/л.

Один из образцов ритмично-полосчатых пород, имевший наибольшее содержание фтора в своем составе (2,08 мас. %), показал концентрацию почти на порядок выше ($\lg M_{HF} = -2,56$). В целом, для всей совокупности пород, наблюдается тенденция к росту величины $\lg M_{HF}$ с увеличением содержания фтора в породе. Причем, по сравнению с вариациями этой величины в опытах с одним и тем же образцом, но различной длительности, этот рост более выразителен. Это объясняется тем, что выщелачивание основной массы фтора и рост концентрации его в воде наблюдаются уже через 1 сутки. При этом наибольшие изменения M_{HF} отмечались также для наиболее богатых фтором «полосатиков» (Ш-18). До 7 суток концентрация HF в воде продолжала слабо расти для большинства образцов, и далее - до 32 суток изменяется незначительно. Наблюдаемые в отдельных опытах снижения концентраций относительно более коротких опытов, по-видимому, связаны с неравномерностью кинетики выщелачивания фтора в различных сериях опытов.

Средняя скорость выщелачивания фтора из пород не обнаруживает явной зависимости от содержания фтора в породе. Она заметно ниже только для лампрофира. Средняя скорость выщелачивания наиболее высока в первые сутки, для отдельных образцов (А-2, пегматоид) она достигала почти 0,01 г/м²сут. Для большинства пород она оставалась в интервале 0,02-0,04 г/м²сут, и была значительно ниже (около 0,0002 г/м²сут) для лампрофира. Для всех пород экспериментальное значение средней скорости выщелачивания падает более чем на порядок за 32 суток. Рассчитанная дифференциальная скорость, т.е. скорость выщелачивания на каждом последующем этапе, когда количество выщелоченного фтора, определенного для данного образца в более коротком опыте, исключается из расчета, за это же время падает почти на 2 порядка. В отдельных опытах скорость имела отрицательную величину, что имело скорее кинетические причины и обусловлено несколько различающейся кинетикой выщелачивания в разных сериях опытов. Экстраполяция экспериментальных скоростей выщелачивания на бесконечное время позволяет оценить их величину, наиболее соответствующую геологическим масштабам времени. Она оказалась наименьшей, равной около 0,00002 г/м²сут, для лампрофира. Максимальные значения были на порядок выше. Они составили около 0,0002 г/м²сут и были характерны для биотитовых и двуслюдяных гранитов Хангилайского массива. Для большинства же пород Орловки характерна расчетная скорость выщелачивания в два раза ниже, т.е. около 0,0001 г/м²сут.

Таким образом, экспериментально установлено, что вода выщелачивает фтор из гранитоидных пород Орловского штока в концентрациях, которые в несколько раз (от 5 до 35 раз) выше, чем допустимые для питьевой воды. Следовательно, такие воды могут быть экологически опасным фактором для человека, если они регулярно будут попадать без разбавления в питьевую воду.

Работа поддержана грантами ИНТАС 97-0721 (рук. С.С.Стэнли) и РФФИ 02-05-65235 (рук. А.М.Аксюк).

Литература

1. *Aksyuk et al.* (2001) Leaching experiments at 25°C and 90°C with muscovite-biotite and lepidolite-aqamazonite granites, Orlovka Ta deposit, Transbaikalia, Russia // *Mineral Deposits at Beginning of the 21st Century*. PP. 1023-1026
 2. *Zaraisky et al.* (1997) Petrography and geochemistry of Li-F granites and pegmatite-aplite banded rocks from the Oplovka and Etyka tantalum deposits in Eastern Transbaikalia, Russia // *Mineral Deposits: Research and Exploration. Where do They Meet?* PP.695-698
-

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2004)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dggms/1-2004/informbul-1/geocol-1.pdf

Опубликовано 1 июля 2004 г

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна