

УДК 631.483:631.423.3:631.415.1

В. Н. Босак, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой (БГТУ);
К. Штар, доктор наук, профессор (Институт почвоведения и ландшафтоведения,
 Университет Хохенхайм, Германия)

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОВОСИМЫХ КИСЛОТ НА ПРОЦЕССЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ГРАНИТА

В статье приведены результаты исследований по влиянию антропогенновосимых серной, азотной и уксусной кислот на процессы выветривания гранита. Установлена динамика вымывания химических элементов в зависимости от минералогического и химического состава гранита, вида кислоты и степени кислотности раствора.

A results of researches on the anthropogenic sulfuric, nitric and acetic acids influence on the process of weathering of granite are resulted at article. Dynamic weathering of chemic elements on the mineralogical and chemic composition of granite and acid is established.

Введение. В гумидном климате процессы почвообразования сопровождаются естественным подкислением, при котором продукты выветривания карбонатных и силикатных соединений вымываются. Природное подкисление зависит также и от других факторов: дыхания корней и микроорганизмов, процессов гумификации, минерализации и т. д.

Природное подкисление почвы усиливается из-за антропогенных факторов, прежде всего интенсивного ведения сельского хозяйства, а также попадания в экосистемы антропогенных кислот и их производных вследствие развития промышленности, транспорта и т. д. Кислотная нагрузка на экосферу вызвана чаще всего сжиганием органических веществ с эмиссией SO_2 , NO_x , NH_4 , которые затем в виде серной и азотной кислот попадают в атмосферу, водные и наземные экосистемы, оказывая на них существенное влияние [1–3, 5–8].

Антропогенное подкисление оказывает значительное воздействие на процессы почвообразования, в том числе на процессы выветривания, разрушения и новообразования почвообразующих минералов.

Влияние антропогенных серной, азотной и уксусной кислот на процессы выветривания гранита было изучено в совместных научных исследованиях Белорусского государственного технологического университета и Института почвоведения и ландшафтоведения Университета Хохенхайм (Германия).

Исследуемый материал гранита был отобран в Южном Шварцвальде (Германия). Минералогический и общий минеральный состав гранита был определен по Schlichtung [et al.] [4]. Модельный эксперимент проводили на приборе «Titrator Mettler DL-21».

Изучаемый материал (3 кубика гранита) помещали в раствор кислоты объемом 20 мл с различными показателями pH (pH 2, pH 3, pH 4). На протяжении двух суток каждые 30 с при непрерывном перемешивании раствора ав-

томатически добавлялось 0,01 мл кислоты соответствующей pH и измерялся pH раствора. По окончании эксперимента в растворе измеряли концентрацию K, Na, Ca (пламенный фотометр Elex-6361), Mg, Mn, Fe, Al, Si (атомный адсорбционный спектрометр AAS-3100). Модельный эксперимент проводили в 5-кратной повторности.

Основная часть. Интенсивность выветривания гранита и вымывание химических элементов в наших исследованиях были обусловлены минералогическим и общим химическим составом гранита, видом кислоты и степенью кислотности раствора (рис. 1–3, таблица).



Рис. 1. Минералогический состав гранита, %

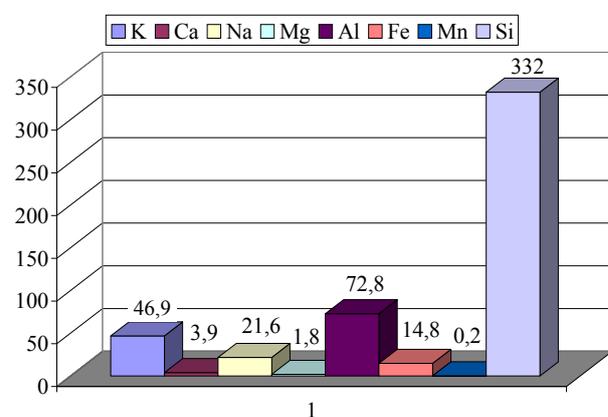


Рис. 2. Химический состав гранита, г/кг

Влияние степени кислотности на вымывание химических элементов из гранита

pH	Вымывание химических элементов, мг/кг							
	K	Ca	Na	Mg	Al	Fe	Mn	Si
Серная кислота								
2,0	23,04	94,05	29,71	17,50	89,72	142,27	15,06	24,32
3,0	15,81	50,40	23,98	3,12	10,76	4,19	4,26	–
4,0	15,56	12,02	23,50	0,90	–	–	–	–
Азотная кислота								
2,0	31,41	136,40	31,74	12,25	58,32	61,00	11,28	50,52
3,0	17,84	89,35	20,35	5,48	18,07	10,19	6,32	2,34
4,0	5,21	22,59	16,01	1,59	–	–	0,62	–
Уксусная кислота								
2,0	29,61	113,54	33,39	12,37	76,14	76,44	21,84	23,46
3,0	16,50	52,97	16,72	3,74	15,65	8,53	5,00	1,06
4,0	7,94	8,07	11,48	0,55	–	0,04	0,70	–

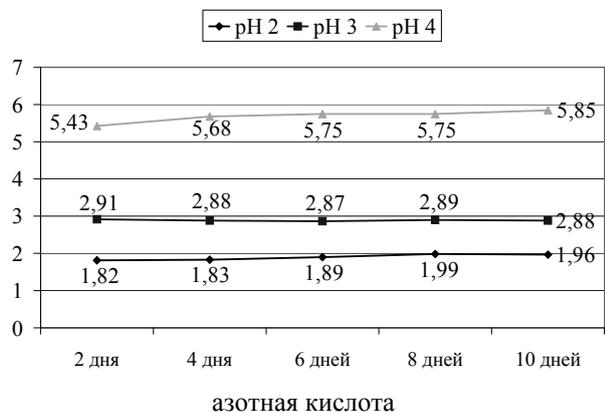
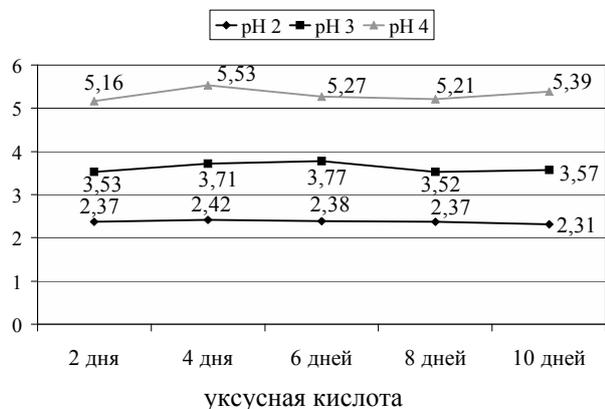
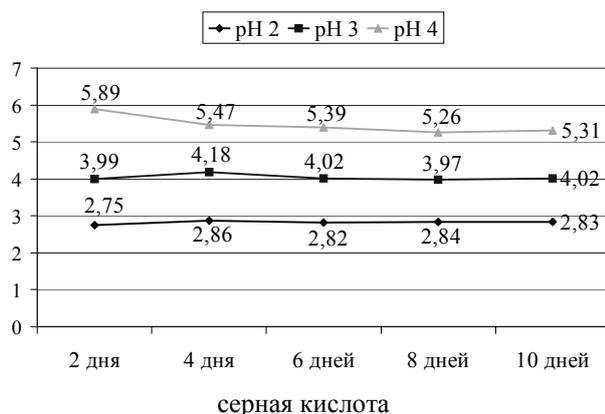


Рис. 3. Динамика кислотности раствора в зависимости от кислоты и величины pH

Гранит в наших исследованиях был представлен невыветрелыми формами и содержал 40% кварца (SiO_2), 34 – ортоклаза (KAlSi_3O_8), 16 – плагиоклаза (соотношение альбит ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$): анортит ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) = 2,5 : 1), 5 – биотита ($\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})_2[(\text{OH}, \text{F})_2 | \text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$) и 5% – мусковита ($\text{KAl}_2[(\text{OH}, \text{F})_2 | \text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$).

Учитывая химический состав минералов и их процентное соотношение, наибольшее содержание в граните было отмечено для кремния (332 г/кг). Содержание алюминия в исследуемом граните составило 72,8 г/кг, калия – 46,9, натрия – 21,6, железа – 14,8, кальция – 3,9, магния – 1,8, марганца – 0,2 г/кг гранита.

Снижение кислотности раствора при внесении изучаемых антропогеннообразующих кислот в значительной степени уменьшало вымывание всех химических элементов. Наибольшее снижение вымывания среди катионов было отмечено для кислотных катионов алюминия, железа, марганца, а также кремния.

Так, в исследованиях с серной кислотой увеличение показателя pH раствора с 2 до 3 привело к снижению вымывания катионов алюминия с 89,72 до 10,76 мг/кг, катионов железа – с 142,27 до 4,19, катионов марганца – с 15,06 до 4,26 мг/кг.

При внесении азотной и уксусной кислот снижение кислотности раствора с pH 2 до pH 3 уменьшило вымывание катионов алюминия соответственно с 58,32 до 18,07 и с 76,14 до 15,65 мг/кг, катионов железа – с 61,0 до 10,19 и с 76,44 до 8,53 мг/кг, катионов марганца – с 11,28 до 6,32 (азотная кислота) и 21,84 до 5,0 (уксусная кислота) мг/кг.

При pH > 4 вымывание катионов алюминия и кремния, которые находились в плотной решетке Al–O–Si–O, практически не происходило. В данных условиях с протонами H^+ в первую очередь реагировали менее связанные щелочные и щелочноземельные катионы K, Ca, Na, Mg.

При невысокой кислотности почвенного раствора в почве алюминий и кремний могут также

активно включаться в состав таких новообразований, как глинистые минералы (каолинит, смектит, вермикулит, иллит, почвенный хлорит), алюминий и железо – образовывать гидроксильные соединения, железо и марганец – оксиды.

Вымывание основных (базовых) катионов К, Са, Na, Mg в меньшей мере зависело от степени кислотности раствора, однако с ростом показателя pH их вымывание также снижалось.

Так, снижение кислотности раствора с pH 2 до pH 4 в зависимости от вносимой кислоты (серная, азотная или уксусная) уменьшило вымывание катионов калия с 31,14–23,04 до 5,21–15,56 мг/кг, катионов кальция – с 136,40–94,05 до 8,07–22,59 мг/кг, катионов натрия – с 29,71–33,39 до 11,48–23,50 мг/кг, катионов магния – с 12,25–17,50 до 0,55–1,09 мг/кг.

Среди базовых катионов в состав почвенных новообразований наиболее активно может включаться калий (главным образом глинистые минералы). Кальций, натрий и магний в меньшей степени включаются в состав новообразований и могут, также как и калий, вымываться из почвы.

Источником вымывания Fe, Mn и Mg в наших исследованиях был биотит, Si – полевые шпаты и слюда (биотит и мусковит), Са и Na – плагиоклаз, К – ортоклаз и слюда; кварц практически не поддается выветриванию.

Азотная и уксусная кислоты в несколько большей степени увеличивали вымывание калия и кальция при меньших значениях вымывания алюминия из гранита в сравнении с серной кислотой.

Особый интерес вызывает сравнение динамики вымывания базовых катионов калия, кальция и натрия.

Несмотря на то, что исследуемый гранит содержал гораздо больше натрия, чем кальция (содержание анортита в плагиоклазе было меньше 30%), вымывание кальция характеризовалось гораздо более высокими показателями, чем натрия. В большей степени эта закономерность прослеживается при возрастании кислотности раствора.

Калий, в сравнении с кальцием и натрием, в наших исследованиях вымывался в меньшей степени.

Заключение. На процессы выветривания гранита значительное влияние оказала степень кислотности раствора, при возрастании которой

увеличивалось вымывание всех химических элементов.

Вымывание базовых катионов К, Са, Na и Mg при воздействии на гранит антропогенно-вносимых серной, азотной и уксусной кислот характеризовалось более высокими показателями, чем вымывание в аналогичных условиях кислотных катионов Al, Mn и Fe, а также Si.

Плагиоклаз в наших исследованиях обладал меньшей устойчивостью в сравнении с ортоклазом и слюдами, а анортит, в свою очередь, был менее устойчив, чем альбит.

Литература

1. Лисица, В. Д. Влияние минералогического состава на устойчивость почв / В. Д. Лисица, В. Т. Сергеенко, С. В. Шульгина // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1. – С. 78–84.
2. Смеян, Н. И. Изменение минералогического состава дерново-палево-подзолистых почв в процессе окультуривания / Н. И. Смеян, С. В. Шульгина // Почвоведение и агрохимия. – 2004. – Вып. 33. – С. 38–45.
3. Соколова, Т. А. Изменение почв под влиянием кислотных выпадений / Т. А. Соколова, Т. Я. Дронова. – М.: МГУ, 1993. – 64 с.
4. Schlichtung, E. Bodenkundliches Praktikum / E. Schlichtung, H. P. Blume, K. Stahr. – Berlin: Blackwell Wissenschafts-Verlag, 1995. – 295 p.
5. Smith, J. V. Atmospheric weathering and silica-coated feldspar: analogy with zeolite molecular sieves, granite weathering, soil formation, ornamental slabs and ceramics / J. V. Smith // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1998. – Vol. 95. – P. 3366–3369.
6. Wierzchos, J. Mineralogical transformation of bioweathered granitic biotite, studied by hartem: evidence for a new pathway in lichen activity / J. Wierzchos, C. Ascaso // Clays and Clay Minerals. – 1998. – Vol. 46, No. 4. – P. 446–452.
7. Zarei, M. Die Verwitterung von Granit im sauren Milieu: ein Modellexperiment mit Modifikationen / M. Zarei, K. Stahr, K.-H. Papenfuss // Mitteilungen der DBG. – 1992. – No. 68. – S. 309–312.
8. Zarei, M. Mineralumwandlung und Mineralzerstörung infolge Versauerung in Waldstandorten des Schwarzwaldes / M. Zarei, K. Stahr, K.-H. Papenfuss. – Stuttgart: Hohenheim, 1993. – 139 s.

Поступила 01.03.2012