

Віктар Босак, кандыдат сельскагаспадарчых навук

БелНДІ глебазнаўства і аграхіміі

Карл Штар, прафесар, доктар навук

Мэдзі Царай, доктар

Універсітэт Хохэнхайм, інстытут глебазнаўства (310), Штутгарт, Германія

УДК 624.131.256:546.226-325:547.292

Уздзеянне антрапагеннаўносімых сернай і воцатнай кіслот на працэсы выветрывання граніту

Прыведены вынікі модельнага эксперымента па ўздзеянні антрапагеннаўносімых сернай і воцатнай кіслот на працэсы выветрывання граніта. Паказана, што са зніжэннем велічыні рН павялічваецца вымыванне мінеральных элементаў і замедляюцца працэсы новаафармавання мінералаў. С зніжэннем ступені кіслотнасці зніжаецца вымыванне кіслотных катіёнаў Al, Fe, Mn, а таксама Si. Вымыванне базавых катіёнаў Ca, K, Na, Mg в меншай ступені залежыць ад велічыні рН. Воцатная кіслота аказвае некалькі меншае ўплыванне на вымыванне хімічных элементаў у параўнанні з сернай кіслотай. Разныя мінералы (біотыт, мусковіт, плагіоклаз, ортоклаз, кварц) адрозніваюцца па ўстойлівасці ў адносінах да працэсаў выветрывання.

ПАСТАНОўКА ПРАБЛЕМЫ

У ўмерана-вільготным клімаце, дзе размешчана і Рэспубліка Беларусь, глебаўтваральныя працэсы суправаджаюцца прыродным падкисленнем глебы з прычыны выветрывання сілікатных і карбанатных парод, якое вядзе да страты базавых катыёнаў. Садзейнічаюць прыроднаму падкисленню глебы таксама іншыя фактары: дыханне каранёў і мікраарганізмаў, фіксацыя азоту, вынас катыёнаў раслінамі, утварэнне фульвакіслотаў і другіх кіслых арганічных злучэнняў і г.д. [8]. Значную ролю ў падкисленні глебы маюць антрапагенныя фактары, перш-наперш сельскагаспадарчыя вытворчасць (выкарыстанне фізіялагічна кіслых угнаенняў) і кіслотныя атмасферныя ападкаў, якія павялічваюцца ў выніку індустрыялізацыі. Антрапагенае падкисленне аказвае значны ўплыў на розныя глебаўтваральныя працэсы, у тым ліку на выветрыванне, разбурэнне і новаўтварэнне мінералаў, што вядзе не толькі да розных зменаў уласцівасцяў глебы, але і аказвае ўплыў на агульную эксістэнцыю [1, 2, 4].

Мэтай даследаванняў з'яўлялася вывучэнне ўздзеяння антрапагеннаўносімых мінеральнай (серная кіслата) і арганічнай (воцатная кіслата) кіслотаў на працэсы выветрывання граніту.

МАТЭРЫЯЛ І МЕТАДЫ ДАСЛЕДАВАННЯЎ

БелНДІ глебазнаўства і аграхіміі сумесна з інстытутам агульнага і занальнага глебазнаўства ўніверсітэта Хохэнхайм у 1994–1995 гг. быў праведзены мадэльны

The results of model experiments about influence anthropogenic brought sulphuric and acetic acids on the weathering processes of granite are given. Anthropogenic soil acidification has considerable effects on the weathering of, and neomineral formation from, rock-forming minerals. The increase in acidity enhances leaching of acidic cations (Al, Fe, Mn) as well as basic cations (Ca, K, Na, Mg) from granite. This leads to a decline in neomineral formation. On the other hand, the decrease in acidity results in a considerable decrease in acidic cations (Al, Fe, Mn) and Si. Compared to acetic acid, sulfuric acid had greater effects on the weathering processes of granite. Various minerals have various stability in relation to weathering processes.

эксперымента па ўздзеянні сернай і воцатнай кіслотаў з рознымі паказчыкамі рН (рН 2, рН 3, рН 4) на нявыветраны граніт. Узоры граніту для даследаванняў былі адабраны ў паўднёвым Шварывальдзе (паўднёвы захад Германіі). Мінералагічны і агульны мінеральны склад граніта быў вызначаны па Schlichtung et al. [7].

Мадэльны эксперымента праводзіўся на прыборы "Titrator Mettler DL 21". Даследуемы матэрыял (3 кубікі граніту) змяшчаўся ў раствор сернай і воцатнай кіслотаў (20 мл) адпаведнай велічыні рН. На працягу двух сутак кожныя 30 секунд пры бесперапынным перамешванні аўтаматычна дабаўлялася 0,01 мл кіслаты адпаведнай рН і замяраўся паказчык рН раствору. Па заканчэнні ўздзеяння кіслаты на пароду ў раствору вымяралася канцэнтрацыя K, Na, Ca (пламенны фатометр ELEX 6361), Mg, Mn, Fe, Al, Si (атамны адсарбцыйны спектрометр AAS 3100). Новаўтварэнні мінералаў вызначаліся рэнтгенаметрычна (Diffraktiometer 500). Мадэльны эксперымента праводзіўся ў 5-кратнай паўторнасці.

Дыскусія

Вымыванне хімічных элементаў у мадэльным эксперымента ў многім залежала ад ступені кіслотнасці сернай і воцатнай кіслатаў, велічыні ўтрымання дадзеных элементаў у даследуемым матэрыяле, а таксама ад мінералагічнага складу граніту. Граніт у нашых даследаваннях быў прадстаўлены нявыветранымі формамі і ўтрымліваў 40% кварцу, 34% артаклазу, 16% плагіякла-

зу (суадносіны альбiт: анартыт = 2, 5: 1), 5% біятыту і 5% мускавіту. Страта вагі граніту паніжалася з павелічэннем рН як сернай, так і воцатнай кіслатаў (табл.1). Пры рН 4 страта вагі граніту была мінімальнай і складала сотыя долі працэнту.

Што тычыцца вымывання хімічных элементаў праз антрапагеннае ўнясенне сернай кіслаты, то з памяншэннем кіслотнасці раствору ў значнай ступені змяшалася і вымыванне ўсіх элементаў (табл.2). Пры гэтым найбольш значнае памяншэнне назіралася пры вымыванні кіслотных катыёнаў алюмінію, жалеза і марганцу, а таксама катыёнаў крэмнію.

Пры значэнні паказчыка рН>4 вымыванне алюмінію

і крэмнію, якія знаходзяцца ў цяжкаразбуральным крышталічным шкiлце "Al-O-Si-O", практычна не адбывалася. У дадзеных умовах з пратоінамі Н⁺ рэагавалі у першую чаргу больш слабазвязаныя асноўныя (базавыя) катыёны Са, Na, К, Mg.

Акрамя таго, пры невысокай ступені кіслотнасці адбываецца актыўнае новаўтварэнне мінералаў. Al і Si у дадзеных умовах могуць пераходзіць у склад гліністых мінералаў (каалiніт, смекціт, вермікулiт, іліт, хларыт); катыёны Al і Fe могуць таксама ўтвараць гiдракiдныя злучэнні, а катыёны Fe і Mn – аксiды [3, 8].

Некаторымі даследчыкамі адзначаецца ўтварэнне пры ўзаемадзеянні алюмінію з сернай кіслатай алю-

Табліца 1. Страта вагі граніту ў залежнасці ад паказчыка рН і плошчы знешняй паверхні

Кіслата	рН	Плошча, см ²	Вага, г	Страта вагі, мг	Страта вагі, %
H ₂ SO ₄	2,0	23,51	15,6328	20,3	0,13
	3,0	24,98	17,4490	10,8	0,06
	4,0	25,22	16,8804	6,2	0,04
CH ₃ COOH	2,0	27,07	14,6611	17,2	0,12
	3,0	26,92	16,1579	9,8	0,06
	4,0	26,40	17,6246	0,9	0,01

Табліца 2. Уплыў сернай кіслаты на вымыванне хімічных элементаў з граніту

Элемент	рН H ₂ SO ₄	Утрыманне, г кг ⁻¹	Вымыванне, мг кг ⁻¹ / дзень					Σ
			2	4	6	8	10	
К	2,0	46,9	2,01	0,92	0,88	0,79	0,86	5,46
	3,0	46,9	1,21	0,90	0,64	0,70	0,55	4,00
	4,0	46,9	1,16	0,85	0,65	0,62	0,59	3,87
Са	2,0	3,9	9,20	4,80	3,39	2,85	2,42	22,66
	3,0	3,9	4,09	2,86	2,38	1,95	1,75	13,03
	4,0	3,9	0,71	0,66	0,54	0,54	0,47	2,92
Na	2,0	21,6	2,07	1,26	1,18	1,17	1,17	6,85
	3,0	21,6	1,51	1,21	0,95	1,29	1,08	6,04
	4,0	21,6	1,65	1,22	1,05	0,99	1,09	6,00
Mg	2,0	1,8	0,88	0,75	0,75	0,75	0,78	3,91
	3,0	1,8	0,23	0,17	0,15	0,12	0,13	0,80
	4,0	1,8	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,22
Al	2,0	72,8	4,40	4,60	4,80	4,50	1,70	20,00
	3,0	72,8	3,90	-	-	-	-	3,90
	4,0	72,8	-	-	-	-	-	-
Fe	2,0	14,8	4,36	6,01	6,40	6,63	7,35	30,75
	3,0	14,8	0,09	0,11	0,15	0,26	0,38	0,99
	4,0	14,8	-	-	-	-	-	-
Mn	2,0	0,2	1,07	0,64	0,59	0,59	0,59	3,48
	3,0	0,2	0,31	0,25	0,19	0,17	0,17	1,09
	4,0	0,2	-	-	-	-	-	-
Si	2,0	332,0	0,60	1,80	2,40	0,20	0,20	5,20
	3,0	332,0	-	-	-	-	-	-
	4,0	332,0	-	-	-	-	-	-

магідрасульфатаў юрбаніту і алюмініту [5, 6]. Крыніцай вымывання алюмінію ў нашым эксперыменце служылі слюды (біятыт, мускавіт) і палявыя шпаты (артаклаз, плагіяклас); жалеза і марганцу – біятыт, крэмнію – палявыя шпаты і слюды. Кварц практычна не паддаецца выветрыванню.

Вымыванне асноўных катыёнаў Ca, Na, K, Mg некалькі менш залежала ад ступені кіслотнасці, аднак з павелічэннем паказчыка pH іх вымыванне таксама змяншалася. Сярод асноўных катыёнаў найбольш актыўна ў склад новаўтварэнняў можа ўключыцца калій. Ca, Na і Mg у меншай ступені ўключаюцца ў склад новаўтварэнняў і могуць, таксама як і калій, губляцца глебай. Крыніцамі вымывання кальцыю і натрыю ў нашых даследаваннях былі плагіякласы, калію – артаклазы і слюды, магнезію – біятыты.

Дадзеныя заканамернасці характэрны і пры разгляданні ўплыву антрапагеннаўносімай воцатнай кіслаты на вымыванне хімічных элементаў з граніту (табл.3). Пры гэтым адзначалася некалькі меншае вымыванне катыёнаў Al і Fe пры pH 2, а таксама памяншэнне вымывання базавых катыёнаў K, Ca, Na, Mg з павелічэннем велічыні pH у параўнанні з уздзеяннем сернай кіслаты.

Пры вымыванні элементаў як пад уплывам сернай, так і пад уздзеяннем воцатнай кіслатаў характэрным з'яўляецца параўнанне вымывання базавых катыёнаў K, Ca і Na. Так, нягледзячы на тое, што ўтрыманне натрыю ў граніце было значна большым, чым утрыманне кальцыю (плагіяклас утрымліваў менш 30% анартыту), вымыванне кальцыю, асабліва пры павелічэнні кіслотнасці раствору, было значна большым, чым натрыю. Дадзенае адзначае, што з пратоінамі H⁺ у першую чаргу рэагуюць катыёны кальцыю, затым натрыю. Калій, у сваю чаргу, у параўнанні з Ca і Na вымываецца павольней.

Што тычыцца ўстойлівасці мінералаў, то пры ўзаемадзеянні граніту з сернай і воцатнай кіслотамі плагіяклас валодаў меншай устойлівасцю ў параўнанні з артаклазам (калійным палявым шпатам) і слюдамі – вымыванне калію ў нашых даследаваннях было значна меншым, чым кальцыю і натрыю (крыніцамі вымывання Ca і Na служыў плагіяклас – сумесь альбіту (натрыевага палявога шпату) і анартыту (кальцыевага палявога шпату), крыніцамі вымывання калію служылі артаклаз і слюды). У складзе плагіякласу анартыт валодаў меншай устойлівасцю ў параўнанні з альбітам. Кварц практычна не паддаецца выветрыванню.

Табліца 3. Уплыў воцатнай кіслаты на вымыванне хімічных элементаў з граніту

Элемент	pH CH ₃ COOH	Утрыманне, г кг ⁻¹	Вымыванне, мг кг ⁻¹ / дзень					
			2	4	6	8	10	Σ
K	2,0	46,9	2,04	1,11	1,10	1,22	0,97	6,44
	3,0	46,9	1,54	0,90	0,63	0,51	0,48	4,06
	4,0	46,9	0,67	0,33	0,41	0,37	0,30	2,08
Ca	2,0	3,9	8,05	5,33	4,56	4,42	2,42	24,78
	3,0	3,9	4,55	2,80	2,15	1,79	1,60	12,89
	4,0	3,9	0,75	0,33	0,45	0,36	0,25	2,14
Na	2,0	21,6	1,92	1,37	1,29	1,38	1,15	7,11
	3,0	21,6	1,58	0,81	0,59	0,55	0,59	4,12
	4,0	21,6	0,89	0,47	0,46	0,47	0,36	2,65
Mg	2,0	1,8	0,58	0,48	0,54	0,50	0,49	2,59
	3,0	1,8	0,32	0,19	0,15	0,12	0,13	0,91
	4,0	1,8	0,09	0,01	0,04	0,02	-	0,16
Al	2,0	72,8	4,00	3,60	2,80	2,90	2,80	16,10
	3,0	72,8	0,50	1,00	0,50	0,60	0,90	3,50
	4,0	72,8	-	-	-	-	-	-
Fe	2,0	14,8	4,22	3,52	2,80	2,90	2,80	19,28
	3,0	14,8	0,36	0,26	0,39	0,43	0,50	1,94
	4,0	14,8	-	0,01	-	-	-	0,01
Mn	2,0	0,2	1,18	1,09	0,97	0,72	0,67	4,63
	3,0	0,2	0,42	0,21	0,15	0,14	0,14	1,06
	4,0	0,2	0,14	0,02	-	-	-	0,16
Si	2,0	332,0	0,80	1,20	2,80	-	-	4,80
	3,0	332,0	0,10	0,09	-	0,07	-	0,26
	4,0	332,0	-	-	-	-	-	-

Вывады

1. На працэсы выветрывання граніту значны ўплыў аказвае ступень кіслотнасці, якая ў акрэсленай ступені можа павялічвацца праз уздзеянне антрапагеннаўносімых кіслот. З павелічэннем ступені кіслотнасці ўзрастае вымыванне ўсіх хімічных элементаў і замаруджаюцца працэсы новаўтварэння мінералаў.

2. Вымыванне базавых катыёнаў K, Ca, Na, Mg пры ўздзеянні на граніт антрапагеннаўносімых сернай і воцатнай кіслотаў большае, чым вымыванне пры адпаведных умовах кіслотных катыёнаў Al, Fe, а таксама Si.

3. Пры павелічэнні велічыні $pH > 4$ на вымыванне базавых катыёнаў K, Ca, Na, Mg некалькі большы ўплыў аказвае серная кіслата. Такая ж тэндэнцыя назіраецца і пры вымыванні катыёнаў Fe і Al пры велічыні $pH > 2$. Вымыванне хімічных элементаў пры другіх умовах практычна аднолькавае як пад уплывам сернай, так і воцатнай кіслотаў.

4. Плагіяклас валодае меншай устойлівасцю ў параўнанні з артаклазам і слюдамі, а анартыт, у сваю чаргу, меншай устойлівасцю ў параўнанні з альбітам. Кварц практычна не паддаецца выветрыванню.

ЛІТАРАТУРА

1. Гинзбург И.И., Яшина Р.С. Экспериментальные исследования в области выветривания. – Москва: АН СССР, 1962. – 88 с.

2. Лисица В.Д., Тихонов С.А. О трансформации биотита в дерново-подзолистых почвах // Почвоведение. – 1969. – № 11. – С. 98–106.

3. Педро Ж. Экспериментальные исследования геохимического выветривания кристаллических пород: Пер. с франц. – Москва: Мир, 1971. – 252 с.

4. Соколова Т.А., Дронова Т.Я. Изменение почв под влиянием кислотных выпадений. – Москва: МГУ, 1993. – 64 с.

5. Johnson D.W. & Todd D.E. Relationship among iron, aluminium, carbon and sulfate in variety of forest soils // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1983. – Nr. 47. – P. 792–800.

6. Prenzel J. Verlauf und Ursachen der Bodenversauerung // Zeitschrift dt. geol. Ges. – 1985. – Nr. 136. – P. 293–302.

7. Schlichtung E., Blume H.P., Stahr K. Bodenkundliches Praktikum. – Berlin, 1995. – 295 p.

8. Zarei M., Stahr K., Papenfuz K.-H. Mineralumwandlung und -zerstörung infolge Versauerung in Waldstandorten des Schwarzwaldes. – Stuttgart-Hohenheim, 1993. – 139 p.