УДК 550.4

А.Е. Козаренко,
В.А. Семенов

Некоторые формы алюминия в почвах Хибинско-Ловозерского щелочного плутона

В статье приводятся данные содержания некоторых форм алюминия в почвах разных элементарных ландшафтов Хибинского и Ловозерского массивов. Особое внимание уделено водорастворимым, 0,1 н. NaOH-растворимым, обменным, оксалатрастворимым формам. Характер дифференциации форм алюминия в почвах щелочной провинции во многом определяется особенностями органического вещества, а также химико-минералогическим составом почвообразующих и коренных пород.

Ключевые слова: формы алюминия; органическое вещество; профильная дифференциация; химико-минералогический состав; почвообразующие породы.

Введение

Алюминий (Al) — один из самых распространенных в природе элементов. Он занимает 3-е место после кислорода и кремния, с которыми в виде алюмосиликатов составляет больше 82 % массы земной коры [8: с. 3–4]. С формами Al связана кислотность почв. В определенных концентрациях Al оказывает токсическое действие на растения и на организм человека. Для Хибинско-Ловозерской нефелиново-сиенитовой провинции Al является типоморфным элементом в ландшафте [2: с. 28–29]. В настоящей статье рассматриваются вопросы профильной дифференциации различных форм Al, а также особенности миграции данного химического элемента в почвах Хибин и Ловозерских тундр (Луяврурт).

Методика экспериментальных исследований

Отбор образцов проводился в долине р. Эльморайок (Ловозерские тундры) и долинах рек Часнайок, Кунийок, Рисйок (Хибины) в основных высотных

поясах (северная тайга, горная лесотундра, горная тундра). Основная часть экспериментальных исследований производилась авторами в лаборатории геохимии ландшафта географического факультета МПГУ; определение валового алюминия выполнялось в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ РАН) по методике рентген-флюоресцентного анализа [7: с. 1611−1618]. Были изучены следующие формы Al: водорастворимый, органический (вытяжка 0,1 н. NaOH), обменный (вытяжка 1 н. KCl [9: с. 45−51]) и оксалатрастворимый (раствор щавелевокислого аммония с pH 3,2, по О. Тамму) [1: с. 156−158]. Водная вытяжка характеризует наиболее подвижные и легкорастворимые формы Al в профиле почв. При обработке почвы 0,1 н раствором NaOH в раствор переходят в основном органические соединения Al, в том числе связанные с подвижной частью почвенного гумуса. Раствор 1 н. KCl переводит в вытяжку Al диффузного и отчасти неподвижного слоя компенсирующих ионов коллоидной мицеллы почв. Такой ион Al3+, непосредственно формирующий наряду с H+ обменную кислотность почв, называется обменным [9: с. 45–51]. При обработке почвы реактивом Тамма [1: с. 157] в раствор переходят подвижные неорганические соединения Al (полуторные окислы и гидрооксиды). Реактив Тамма переводит в раствор окристаллизованные соединения Al [9: с. 45–51], а также аморфные гидратированные алюмосиликаты [2: с. 36–38].

Определение водорастворимого, щелочно-растворимого и оксалатрастворимого Al проводилось новым методом на ФЭК-3. Содержание обменного Al в почвах осуществлялось титриметрически по методике А.В. Соколова [1: с. 156−158].

Водорастворимые соединения алюминия

Содержание водорастворимых форм Al в изученных почвах весьма низкое — от $0{,}01 \cdot 10^{-4}$ % до $1{,}17 \cdot 10^{-4}$ % (табл. 1). Наибольшее содержание водорастворимого Al отмечено в бурых торфянистых горно-таежных почвах и таежных подбурах предгорий. При этом названные почвы Луяврурта отличаются более высокими показателями данных форм Al, чем почвы Хибин [8: с. 2−16]. Разница между концентрациями водорастворимого Al в сходных типах почв Хибин и Луяврурта невелика, хотя для органогенных горизонтов может достигать 1,5 раз. Самое большое содержание водорастворимого Al отмечено в верхних горизонтах всех рассмотренных типов почв, но убывает с глубиной. Такой характер распределения связан с поступлением атмосферной влаги и нисходящей миграцией, способствующей выносу элементов за пределы почвенной толщи.

В темных таежных подбурах с признаками оподзоленности, как и в бурых торфянистых горно-таежных почвах изучаемых территорий, наибольшее содержание водорастворимого Al отмечено в горизонте Ат, что говорит о связи этих форм с органическим веществом почв. В мощной кислой бурой почве субальпийского ландшафта, обнаруженной лишь в пределах Ловозерских тундр, обращает на себя внимание увеличение содержания водорастворимого Al в горизонте С. Это может быть связано с тем, что почва была вскрыта в речной

Таблица 1

Среднее содержание водорастворимых соединений Al и % от валовых концентраций в почвах Хибин и Луяврурта по высотным поясам (80 проб)

Массив	Высотный пояс	Почва	Горизонт, глубина взятия, см	Содержание водорастворимого Al, $1 \cdot 10^{-4}$ %	Валовое содержание Al, %	Содержание водорастворимого Al от валового, $1 \cdot 10^{-4}$ %
				На воздушно-сухое вещество		
Луяврурт	Горно-таежный	Темный таежный подбур с признаками оподзоленности	A_0 0–7 $A_т$ 8–12 $A_т$/B 14–18 B 28–35 C 47–53	1,00 0,69 0,14 0,02 0,01	–	–
Хибины			A_0 0–4 $A_т$ 4–11 $A_т$/B 11–14 B/C 23–28	– 0,59 0,04 0,03	0,212 3,287 7,372 10,675	– 17,95 0,54 0,28
Луяврурт		Бурая торфянистая горно-таежная	A_0 0–4 $A_т$ 4–12 A 12–16 B/C 33–38	1,17 0,59 0,54 0,02	2,113 1,196 5,875 9,653	55,37 49,33 9,19 0,21
Хибины			A_0 0–4 $A_т$ 4–10 B/C 22–27 C 31–45	0,76 0,50 0,05 0,02	–	–
Луяврурт	Субальпийские березняки	Мощная кислая бурая почва	A_0 0–3 $A_т$ 3–7 A_1 12–18 B 65–70 C 88–98	0,94 0,19 0,03 следы 0,15	0,597 5,838 5,986 8,510 7,870	157,45 3,25 0,50 следы 1,91
Хибины	Ерниковая лесотундра	Темный подбур	A_0 0–3 $A_т$/B 10–15 B/C 32–38	0,47 0,07 0,03	0,385 5,716 11,273	122,07 1,22 0,27
			A_0 0–3 $A_т$ 5–10 B/C 20–28 C 36–42	0,54 0,72 0,05 0,02	–	–
Хибины	Горная тундра	Тундровый подбур	A_0 0–3 $A_т$ 3–9 B/C 17–23	0,57 0,12 0,03	– 7,642 8,018	– 0,16 0,37
			A_0 0–3 $A_т$ 3–6 B/C 8–12 C 18–30	0,92 0,16 0,02 0,04	–	–

Примечание. Знак «–» означает отсутствие данных; «следы» означает, что полученный результат ниже чувствительности определения.

долине, где почвообразующая порода представлена в основном речными наносами, богатыми органикой.

Характер дифференциации водорастворимого Al в темных подбурах лесотундрового пояса сходен с таковым для этого элемента в почвах горной тайги. Содержание подвижного Al здесь невелико и достигает в горизонте Ат $0{,}72 \cdot 10^{-4}$ %. Тундровые подбуры характеризуются уменьшением содержания водорастворимого Al вниз по профилю почв (см. табл. 1). В качестве причин, объясняющих низкие концентрации водорастворимых форм Al, назовем следующие: 1) образование алюминием прочных соединений с органическим веществом. Очевидно, что низкое обнаружение Al в водной вытяжке связано с его способностью образовывать устойчивые связи с почвенной органикой. Водная экстракция как достаточно слабый реагент эти связи не разрушает; 2) значение pH. Содержание водорастворимого Al выше в слабокислых почвах, чем в нейтральных и щелочных. Почвы с высокими значениями pH характеризуются минимальным содержанием названных форм Al. Подтверждением незначительной роли данных форм Al служит процентное содержание водорастворимого Al от валового (см. табл. 1). Доля водорастворимых форм Al в общем содержании элемента в почве составляет всего от $0{,}16 \cdot 10^{-4}$ % до $157{,}45 \cdot 10^{-4}$ %. Наибольший процент Al от валового отмечен для органогенных горизонтов всех типов почв, наименьшая доля приходится на нижние минеральные горизонты. Из этого следует, что Al наиболее подвижен в органогенных горизонтах.

Формы алюминия, извлекаемые вытяжкой 0,1 н. NaOH

Почвы нефелиново-сиенитовых массивов Кольского полуострова гораздо богаче щелочно-растворимым Al, чем его водорастворимыми формами. Их среднее содержание для Al составляет от 0,33 до $10{,}09 \cdot 10^{-3}$ % (табл. 2). Отметим, что Al, растворимый в 0,1 н. NaOH, был обнаружен во всех образцах почв. Это, очевидно, объясняется тем, что данная форма Al также прочно связана с органическим веществом почв (как живым, так и отмершим и гумифицированным) [9: с. 64], а также с химико-минералогическим составом коренных и почвообразующих пород. При этом почвы как Луяврурта, так и Хибин в равной степени обогащены щелочно-растворимым Al.

В темных таежных подбурах с признаками оподзоленности, вскрытых у подножий склонов, отмечено наибольшее содержание указанных форм Al в горизонте Ат. Это дает основания подчеркнуть связь данной формы элемента с мертвым органическим веществом. Горизонт Ат/В с признаками оподзоливания обеднен органическим Al, как формирующийся горизонт вымывания. Второй пик щелочно-растворимого Al приходится на почвообразующую породу и прилежащий к ней горизонт В. Здесь четко просматривается влияние коренных пород, содержащих значительное количество валового Al [5: с. 124], а также результаты вмывания гумусовых соединений в горизонт В. В темных таежных подбурах

Таблица 2

Среднее содержание Al, растворимого в 0,1 н. NaOH, и % от валовых концентраций в почвах Хибин и Луяврурта по высотным поясам (112 проб)

Массив	Высотный пояс	Почва	Горизонт, глубина взятия, см	Содержание растворимого в 0,1 н. NaOH алюминия, $1 \cdot 10^{-3}$ %	Содержание растворимого в 0,1 н. NaOH алюминия от валового, $1 \cdot 10^{-3}$ %
				На воздушно-сухое вещество	
Луяврурт	Горно-таежный	Темный таежный подбур с признаками оподзоленности	A_0 0–7 $A_т$ 8–12 $A_т$/B 14–18 B 28–35 C 47–53	0,75 5,35 0,36 1,72 1,74	–
Хибины			A_0 0–4 $A_т$ 4–11 $A_т$/B 11–14 B/C 23–28	1,97 2,78 1,88 0,46	929,25 84,58 25,50 4,31
Луяврурт		Бурая торфянистая горно-таежная	A_0 0–4 $A_т$ 4–12 A 12–16 B/C 33–38	1,52 1,63 2,94 1,38	71,94 163,00 50,04 14,30
Хибины			A_0 0–4 $A_т$ 4–10 B/C 22–27 C 31–45	4,95 2,23 2,62 0,53	–
Луяврурт	Субальпийские березняки	Мощная кислая бурая почва	A_0 0–3 $A_т$ 3–7 A_1 12–18 B 65–70 C 88–98	5,15 8,39 1,27 0,78 1,16	862,65 143,71 21,22 9,17 1,47
Хибины	Ерниковая лесотундра	Темный подбур	A_0 0–3 $A_т$/B 10–15 B/C 32–38	0,40 2,19 1,03	103,90 38,31 9,14
			A_0 0–3 $A_т$ 5–10 B/C 20–28 C 36–42	4,95 2,23 2,62 0,53	–
Луяврурт			A_0 0–4 $A_т$ 11–15 A 23–28 A/B 43–47	9,06 10,09 0,52 0,66	–
Хибины	Горная тундра	Тундровый подбур	A_0 0–3 $A_т$ 3–6 B/C 8–12 C 18–30	1,77 7,93 0,58 1,37	– 103,77 7,23 –
Луяврурт			A_0 0–5 $A_т$ 5–11 A 12–18 B/C 23–28	0,33 5,29 1,26 2,10	– – – 26,07

Примечание. Знак «–» означает отсутствие данных.

Хибин в среднем содержится меньше Al по сравнению со сходными почвами Луяврурта [8: с. 2–16].

В бурых торфянистых горно-таежных почвах распределение органических форм Al иное (см. табл. 2). Максимальное содержание отмечено в горизонте A0 (Хибины) и богатом органикой горизонте A (Луяврурт). Содержание Al в нижних горизонтах почв невелико. Почвы субальпийских березняков Луяврурта характеризуются более высоким содержанием данных форм Al, чем почвы горно-лесных ландшафтов. Наибольшее содержание наблюдается в горизонте Ат; наименьшее — в горизонте B. Это подтверждает существенную роль коренных пород в дифференциации по профилю почв данных форм Al [9: с. 70–71]. Темные торфянистые подбуры лесотундрового пояса Луяврурта отличаются максимальной концентрацией щелочно-растворимого Al среди рассмотренных типов почв ($10{,}09 \cdot 10^{-3}$), в горизонте Ат. В Хибинах наибольшее содержание данных форм Al также отмечено в горизонтах Ат или A0, хотя эти данные почти в два раза ниже, чем для Луяврурта. Наименьшие значения щелочно-растворимого Al отмечены в нижних горизонтах почв обоих массивов.

Почвы горно-тундровых ландшафтов также достаточно богаты органическим Al, причем его максимум также наблюдается в горизонте Ат. Минимальные значения выявлены в горизонтах B/C (Хибины) и A0 (Луяврурт). Малое содержание данных форм Al в подстилке объясняется скудностью тундровой растительности и незначительной биомассой. Показатель процентного содержания органического Al от валового указан в таблице 2. Доля щелочно-растворимого Al в общем содержании элемента в почве мала и составляет от $1{,}47 \cdot 10^{-3}$ до $929{,}25 \cdot 10^{-3}$ % от валового, но это на порядок выше рассмотренных ранее водорастворимых форм. Наибольший процент Al от валового содержания отмечен в органогенных горизонтах почв, наименьшая его доля приходится на нижние минеральные горизонты.

Обменные формы алюминия, извлекаемые вытяжкой 1 н. KCl

В таблице 3 представлены средние концентрации обменного Al. В почвах Хибин и Луяврурта содержится больше обменного Al, чем водо- и щелочно-растворимого. Концентрации обменного Al достигают $67{,}77 \cdot 10^{-3}$ %. Наибольшие значения характерны для горизонтов Ат или A0, наименьшие — для минеральных горизонтов. Содержание обменного Al в изученных почвах местами достигает почти 20 % от валового Al. При этом почвы Луяврурта характеризуются меньшим содержанием указанных форм Al по сравнению с почвами Хибин. Основными факторами, влияющими на содержание обменных форм Al в ландшафте, являются характер произрастающей растительности и опада, химический состав коренных и почвообразующих пород, величина pH. Важную роль в почвенной дифференциации обменного Al также играет степень выветренности почвенной массы (чем она больше, тем больше в почве указанной формы Al). Можно отметить низкую степень выветренности вскрытых почв, обусловленную медленной скоростью почвообразовательных процессов в Заполярье.

Таблица 3

Среднее содержание обменных форм Al и % от валовых концентраций в почвах Хибин и Луяврурта по высотным поясам (112 проб)

Массив	Высотный пояс	Почва	Горизонт, глубина взятия, см	Содержание обменного Al, $1 \cdot 10^{-3}$ %	Содержание обменного Al от валового, $1 \cdot 10^{-3}$ %
				На воздушно-сухое вещество	
Луяврурт	Горно-таежный	Темный таежный подбур с признаками оподзоленности	A_0 0–7	3,42	–
			$A_т$ 8–12	37,27	
			$A_т$/B 14–18	13,02	
			B 28–35	10,16	
			C 47–53	0,00	
Хибины			A_0 0–4	44,12	20 811,32
			$A_т$ 4–11	25,88	787,34
			$A_т$/B 11–14	12,38	167,93
			B/C 23–28	0,00	0,00
Луяврурт		Бурая торфянистая горно-таежная	A_0 0–4	11,18	529,11
			$A_т$ 4–12	20,03	1674,75
			A 12–16	47,18	803,06
			B/C 33–38	4,44	46,00
Хибины			A_0 0–4	Следы	–
			$A_т$ 4–10	63,51	
			B/C 22–27	6,32	
			C 31–45	11,01	
Луяврурт	Субальпийские березняки	Мощная кислая бурая почва	A_0 0–3	30,54	5115,57
			$A_т$ 3–7	13,12	224,73
			A_1 12–18	6,94	115,94
			B 65–70	2,83	33,25
			C 88–98	0,00	0,00
Хибины	Ерниковая лесотундра	Темный подбур	A_0 0–3	Следы	0,00
			$A_т$/B 10–15	50,63	85,76
			B/C 32–38	7,88	69,90
			A_0 0–3	11,06	–
			$A_т$ 5–10	67,77	
			B/C 20–28	0,80	
			C 36–42	0,00	
Луяврурт			A_0 0–4	Следы	–
			$A_т$ 11–15	39,06	
			A 23–28	1,03	
			A/B 43–47	1,70	
Хибины	Горная тундра	Тундровый подбур	A_0 0–3	46,88	–
			$A_т$ 3–6	22,85	299,01
			B/C 8–12	1,18	14,72
			C 18–30	1,68	–
Луяврурт			A_0 0–5	33,75	–
			$A_т$ 5–11	66,99	–
			A 12–18	5,63	–
			B/C 23–28	0,52	6,46

Примечание. Знак «–» означает отсутствие данных; «следы» означает, что полученный результат ниже чувствительности определения.

Темные таежные подбуры с признаками оподзоленности, вскрытые в нижних частях склонов, занимают среднее положение по содержанию обменного Al в ряду почв других элементарных ландшафтов (см. табл. 3). Количество обменного Al в почвах убывает с глубиной. Во многом это связано с повышением значений pH вниз по профилю [3: с. 62–72] и закономерным снижением количества органического вещества. В подзолах Хибин больше обменного Al, чем в названных почвах Луяврурта. Распределение обменных форм Al по профилю бурых торфянистых горно-таежных почв сложнее (см. табл. 3): максимум здесь отмечен в горизонте Ат (Хибины) или многогумусном горизонте А (Луяврурт). Причем в почвах Хибин минимум обменного Al отмечен в горизонте А0. Малые концентрации отмечены и в горизонте В/С. Горизонт С характеризуется увеличением содержания обменного Al, что может быть связано с обогащающим влиянием коренных пород. Однако в нижнем горизонте В/С почв Луяврурта отмечено наименьшее содержание обменного Al. Очевидно, это связано с меньшим содержанием Al в материнских породах Ловозерских тундр. Перепады содержания этой формы Al в подстилочных горизонтах связаны с характером произрастающей растительности и величиной опада.

Профильная дифференциация обменного Al в мощных кислых бурых почвах субальпийских ландшафтов характеризуется плавным понижением концентраций с глубиной (до $30{,}54 \cdot 10^{-3}$ %), что связано с pH и органическим веществом. Почвы лесотундры, занимающих транзитное положение на склоне, выделяются максимальным содержанием обменного Al (см. табл. 3). Горизонт Ат обогащен в обоих изучаемых массивах обменным Al, содержащимся в большом количестве в лишайниках, отмершие части которых слагают основную часть этого горизонта. В целом концентрация обменного Al снижается с глубиной. Небольшое содержание обменного Al в подстилке можно объяснить его связью не столько с живой, сколько с оторфованной органикой. Также велика роль материнской и почвообразующей пород.

Тундровые подбуры, вскрытые на верхних высотных уровнях массивов, отличаются средним содержанием обменного Al в сравнении с почвами других высотных поясов. Убывающий с глубиной характер распределения рассматриваемых форм Al остается прежним и здесь. В горизонте С указанных почв Хибин отмечено небольшое увеличение содержания обменного Al, что дает основание говорить о влиянии коренных пород. Процентное содержание обменных форм Al от валового позволяет отметить, что их доля в общем содержании элемента в почве значительна, достигая единиц и даже десятков процентов от валового. Это на два порядка выше рассмотренных ранее водорастворимых и на порядок выше щелочно-растворимых форм. Наибольший процент Al от валового выявлен в органических горизонтах вскрытых почв, минимальная же его доля характерна для нижних минеральных горизонтов.

Формы алюминия, извлекаемые реактивом Тамма

Реактив Тамма извлекает в основном Al из минеральной части почв, что объясняет профильное распределение названных форм, которое в большинстве случаев носит возрастающий с глубиной характер. Это сходно с характером дифференциации валовых форм. Отмечаем, что оксалатрастворимого Al в изученных почвах довольно много и сопоставимо с 1 н. KCl-вытяжкой. Во всех почвенных пробах было зафиксировано содержание оксалатрастворимого Al. Почвы Хибин богаче Al, извлекаемым вытяжкой Тамма, по сравнению с почвами Луяврурта (см. табл. 4). Содержание экстрагируемых вытяжкой Тамма соединений Al местами достигает единиц процента от валового Al. Главным фактором, определяющим концентрацию данных форм Al в рассмотренных почвах, является химический состав коренных и почвообразующих пород.

В темных таежных подбурах с признаками оподзоленности Луяврурта отмечен минимум содержания данных форм Al из всех образцов. В соответствующих почвах Хибин оно выше; больше всего — в нижних горизонтах изученных почв — B и B/C. Минимум выявлен в горизонте Ат, что может быть связано с определенной ролью нижележащего горизонта Ат/B с признаками оподзоленности, выступающего в роли своеобразного геохимического барьера [6: с. 534] и ограничивающего поступление в почвы Al ходе гипергенного преобразования коренных пород.

В бурых торфянистых горно-таежных почвах Луяврурта оксалатрастворимого Al меньше, чем в схожих почвах Хибин. Однако общее содержание рассматриваемых соединений Al — до $54{,}09 \cdot 10^{-3}$, что выше, чем в ранее описанных темных таежных подбурах с признаками оподзоленности. Минимум отмечен в лесной подстилке, а наибольшее содержание — в нижних горизонтах B/C и C. В почвах субальпийских и лесотундровых ландшафтов Луяврурта характер профильной дифференциации данных форм Al такой же, как в горно-таежных ландшафтах. Почвы лесотундры характеризуются наибольшим содержанием оксалатрастворимого Al среди изученных почвенных образцов. Горизонт C указанных почв более беден извлекаемым реактивом Тамма Al, чем вышележащий горизонт B/C. Это связано с некоторым накоплением указанных форм Al органоминеральными комплексами горизонта B/C. В почвах горной тундры отмечено среднее содержание оксалатрастворимого Al.

Процентное содержание данных форм Al позволяет считать его долю в почве довольно низкой, достигающей десятых долей единиц процентов от общего содержания. Она значительно выше рассмотренных ранее водорастворимых и щелочно-растворимых форм, хотя уступает обменным. Наибольший процент от валового выявлен как в органогенных горизонтах некоторых почв, так и в нижних минеральных. Минимальный — в почвах с признаками оподзоленности — в горизонте Ат/B.

Таблица 4

Среднее содержание оксалатрастворимого Al и % от валовых концентраций в почвах Хибин и Луяврурта по высотным поясам (80 проб)

Массив	Высотный пояс	Почва	Горизонт, глубина взятия, см	Содержание оксалатрастворимого Al, $1 \cdot 10^{-3}$ %	Содержание оксалатрастворимого Al от валового, $1 \cdot 10^{-3}$ %
				На воздушно-сухое вещество	
Луяврурт	Горно-таежный	Темный таежный подбур с признаками оподзоленности	A_0 0–7 $A_т$ 8–12 $A_т$/B 14–18 B 28–35 C 47–53	1,27 Следы 1,19 12,85 1,38	–
Хибины			A_0 0–4 $A_т$ 4–11 $A_т$/B 11–14 B/C 23–28	6,50 6,25 6,81 42,81	3066,04 190,14 92,38 401,03
Луяврурт		Бурая торфянистая горно-таежная	A_0 0–4 $A_т$ 4–12 A 12–16 B/C 33–38	0,13 2,10 13,74 17,25	6,15 175,59 233,87 178,70
Хибины			A_0 0–4 $A_т$ 4–10 B/C 22–27 C 31–45	2,21 9,29 54,09 41,67	–
Луяврурт	Субальпийские березняки	Мощная кислая бурая почва	A_0 0–3 $A_т$ 3–7 A_1 12–18 B 65–70 C 88–98	3,55 15,00 14,13 21,33 15,00	594,64 256,94 236,05 250,65 190,60
Хибины	Ерниковая лесотундра	Темный подбур	A_0 0–3 $A_т$/B 10–15 B/C 32–38	3,25 21,88 45,63	844,16 382,79 404,77
			A_0 0–3 $A_т$ 5–10 B/C 20–28 C 36–42	2,42 9,50 62,50 44,87	–
Хибины	Горная тундра	Тундровый подбур	A_0 0–3 $A_т$ 3–6 B/C 8–12 C 18–30	3,95 27,77 44,95 44,98	– 363,39 560,61 –

Примечание. Знак «–» означает отсутствие данных; «следы» означает, что полученный результат ниже чувствительности определения.

Выводы

1. Для водорастворимого, органического и обменного Al в большинстве почв характерно убывание содержания вниз по профилю почв; в содержании оксалатрастворимого, как и валового Al, наблюдается обратная картина.

2. Почвы Хибин отличаются более высоким содержанием обменного и оксалатрастворимого Al в сравнении с однотипными почвами Луяврурта. Почвы Луяврурта выделяются на фоне Хибин более высокими концентрациями водорастворимого Al. По содержанию щелочно-растворимого Al почвы обоих массивов сходны.

3. Соотношение рассмотренных форм Al мало изменяется по почвам разных высотных поясов. Наблюдается ряд убывания концентраций: «обменный Al – оксалатрастворимый Al – органический Al – водорастворимый Al».

4. Содержание одноименных форм Al в почвах разных высотных поясов неодинаково. Концентрация водорастворимого и обменного Al растет от почв горно-тундровых ландшафтов к горно-таежным; содержание органического и оксалатрастворимого Al в среднем уменьшается в указанном направлении.

Литература

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1962. 491 с.

2. *Зонн С.В., Травлеев А.П.* Алюминий. Роль в почвообразовании и влияние на растения. Днепропетровск: ДГУ, 1992. 224 с.

3. *Козаренко А.Е., Семенов В.А.* Особенности химического состава почв Хибинского и Ловозерского массивов // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2016. № 2 (22). С. 62–72.

4. *Орлов Д.С.* Соединения алюминия и проблема почвенной кислотности // Химия почв. М.: МГУ, 1985. С. 110–123.

5. *Пеков И.В.* Ловозерский массив: история исследования, пегматиты, минералы. М.: Творческое объединение «Земля» Ассоциации Экост, 2001. С. 67–280.

6. *Переверзев В.Н.* Генетические особенности почв тундрового пояса Ловозерских гор (Кольский полуостров) // Почвоведение. 2000. № 5. С. 533–539.

7. *Рощина И.А., Шевалеевский И.Д., Коровкина Н.А., Майоров А.П.* Рентгенофлуоресцентный анализ образцов горных пород переменного состава // Журнал аналитической химии. 1982. Т. 37. Вып. 9. С. 1611–1618.

8. *Семенов В.А.* Геохимия алюминия и железа в ландшафтах Хибинского и Ловозерского массивов: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МПГУ, 2002. 16 с.

9. *Соколов А.А.* О наличии в почвах обменного алюминия // Почвоведение. 1960. № 1. С. 45–51.

Literatura

1. *Arinushkina E.V.* Rukovodstvo po ximicheskomu analizu pochv. M.: MGU, 1962. 491 s.

2. *Zonn S.V., Travleev A.P.* Alyuminij. Rol’ v pochvoobrazovanii i vliyanie na rasteniya. Dnepropetrovsk: DGU, 1992. 224 s.

3. *Kozarenko A.E., Semenov V.A.* Osobennosti ximicheskogo sostava pochv Xibinskogo i Lovozerskogo massivov // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2016. № 2 (22). S. 62–72.

4. *Orlov D.S.* Soedineniya alyuminiya i problema pochvennoj kislotnosti // Ximiya pochv. M.: Izd-vo MGU, 1985. S. 110–123.

5. *Pekov I.V.* Lovozerskij massiv: istoriya issledovaniya, pegmatity', mineraly'. M.: Tvorcheskoe ob''edinenie «Zemlya» Associacii E'kost, 2001. S. 67–280.

6. *Pereverzev V.N.* Geneticheskie osobennosti pochv tundrovogo poyasa Lovozerskix gor (Kol'skij poluostrov) // Pochvovedenie. 2000. № 5. S. 533–539.

7. *Roshhina I.A., Shevaleevskij I.D., Korovkina N.A., Majorov A.P.* Rentgenofluorescentny'j analiz obrazczov gorny'x porod peremennogo sostava // Zhurnal analiticheskoj ximii. 1982. T. 37. Vy'p. 9. S. 1611–1618.

8. *Semenov V.A.* Geoximiya alyuminiya i zheleza v landshaftax Xibinskogo i Lovozerskogo massivov: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. M.: MPGU, 2002. 16 s.

9. *Sokolov A.A.* O nalichii v pochvax obmennogo alyuminiya // Pochvovedenie. 1960. № 1. S. 45–51.

A.E. Kozarenko,
V. A. Semenov

Some Forms of Aluminium
in the Soils of the Khibiny-Lovozersky Alkaline Pluton

The data of the contents of some forms of aluminum in soils of different elementary landscapes of the Khibiny and Lovozero massifs are given in the article. Special attention has been devoted to the water soluble forms, 0,1 n. NaOH-soluble forms, exchange forms, oxalate-soluble forms of aluminium. The nature of the differentiation of aluminum forms in the soils of the alkaline province is largely determined by the features of organic matter, and also by the chemical-mineralogical composition of the soil-forming and bedrock rocks.

Keywords: forms of aluminium; organic matter; profile differentiation; chemical and mineralogical composition; soil-forming rocks.