

Л. А. Араратян, В. Л. Ананян

СОДЕРЖАНИЕ ШЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (K, Na, Rb, Li) В ПОЧВАХ АРМЯНСКОЙ ССР

Работа посвящена изучению содержания и распределения калия, натрия, рубидия и лития в главнейших типах почв АрмССР, при этом основное внимание уделяется рубидию. Из исследуемых щелочных элементов рубидий является наименее изученным, хотя со времени его обнаружения прошло более ста лет. Одним из первых, указавших на необходимость систематического изучения поведения рубидия в почвах, был В. И. Вернадский (1,2). Известно, что основная β -радиоактивность почв обусловлена калием. Рубидий также обладает β -радиоактивностью. Содержание его в почвах значительно ниже, чем калия, однако, благодаря высокому процентному содержанию радиоактивного изотопа Rb^{87} в природной смеси его изотопов, уровень β -активности рубидия в почвах вполне соизмерим с β -активностью калия. Отношение K : Rb по радиоактивности равно 13, тогда как по количественному содержанию это отношение составляет 293.

Содержание K_2O в почвах АрмССР (3) колеблется в основном в пределах 1,0-2,3%, хотя в отдельных горизонтах некоторых почв оно может опускаться до 0,5% или повышаться до 3,4%. Наиболее полное, последовательное изучение калия в условиях АрмССР проведено Авакяном (5,6,7). По его данным, содержание калия колеблется в пределах 1,3-3,6% и не зависит от типа почвы.

Исследования Аствацатрына (4) показали, что содержание натрия в каштановых и бурых почвах АрмССР колеблется в меньших пределах, чем калия и составляет 0,8-2,5% Na_2O .

Первые данные о содержании рубидия в почвах относятся к 1917г., когда Робинсон (цитировано по (9)) определил содержание его в некоторых почвах Америки: пределы этих содержаний колебались от следов до 0,01%. Среднее содержание рубидия (8,9) для почв СССР составляет $6 \cdot 10^{-3}\%$. С глубиной содержание его уменьшается. По данным Иванова (10), содержание рубидия в почвах СССР колеблется в более высоких пределах, достигая до $40 \cdot 10^{-3}\%$; для красноземов установлены самые низкие показатели.

Содержание лития в почвах СССР в несколько раз ниже по сравнению с рубидием и колеблется в пределах 0,0011-0,0060% (8,11). Среднее содержание лития при этом определяется величиной $3 \cdot 10^{-3}\%$ и совпадает с данными Стейнкенинг (12). По данным Иванова (10),

содержание лития в почвах СССР колеблется в пределах $0,5-8 \cdot 10^{-3}\%$, причем наибольшее количество лития обнаружено в черноземах. Содержание лития в засоленных почвах АрмССР составляет $2-5 \cdot 10^{-3}\%$ (13). Головиной (14) установлено, что содержание лития в почвах Украины колеблется в пределах $0,5-9,0 \cdot 10^{-3}\%$ и определяется типом почвообразования, при этом оно увеличивалось по зонам в направлении от севера к югу.

О том, как влияет почвообразующая порода на содержание лития в почвах, свидетельствуют данные о повышенном содержании его (от 7 до 10 раз по сравнению с кларковым содержанием по Виноградову) в почвах на редкометальном месторождении Дальнего Востока (15); содержание рубидия при этом находилось в пределах кларка.

По данным Гюльяхмедова, Мугалинской (16), желтоземно-подзолистые почвы характеризуются относительно высоким содержанием лития ($6,1-7 \cdot 10^{-3}\%$) при равном его распределении по профилю почвы; литий выщелачивался из горизонтов с признаками оподзоливания.

Первые сведения о содержании Rb и Li в почвах АрмССР (за исключением нескольких определений лития в засоленных почвах (13) приведены в наших работах (17-20).

Исследования Виноградова (21) выявили закономерности миграции щелочных элементов в зависимости от условий почвообразования. Им установлено, что при процессах подзолообразования благодаря интенсивному разложению силикатов и их промыванию происходит обеднение почв рубидием и литием; при степном почвообразовании (каштановые почвы, черноземы) благодаря большому содержанию коллоидов, насыщенности кальцием, практически нейтральной реакции, а также высокому содержанию гумуса щелочные элементы (рубидий, литий) удерживаются посредством образования химических соединений и сорбции их коллоидами. Независимо от других факторов, содержание калия, рубидия и лития повышено в гумусовых горизонтах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наши исследования проводились на следующих типах почв: бурой карбонатной культурно-поливной, каштановой, черноземной, лесной, горно-луговой. Исследованиями охвачены также вертикальные профили (от низины к вершинам) трех горных массивов: Арагаца, Гегамского и Варденисского хребтов. Некоторые агрохимические показатели исследуемых почв приводятся по Давтяну и Бабяну (3).

Бурая почва

Распространены бурые почвы в основном на Араратской равнине. Содержание гумуса невысокое ($1,5-2,5\%$) и с глубиной резко уменьшается. Содержание азота очень низкое, с глубиной также уменьшается. Бурые почвы богаты валовым фосфором. Содержание валового калия колеблется от $1,5$ до $2,2\%$. Исследуемые почвы бедны доступными формами азота и в значительной степени обеспечены по-

движными формами калия, хорошо отзываются на внесение удобрений. Реакция водной и солевой суспензий щелочная и лишь в бескарбонатной разности приближается к нейтральной.

Разрез 1, Бамбакашат, Октемберянского района. Культура помидоры.

0 - 30 см - бурый, плотный, на поверхности распыленный, тяжело суглинистый. Вскипание бурное. Переход постепенный.

30-50 см - такой же, еще более плотный. Переход постепенный.

50 - 90 см - переходный горизонт к подстилающим породам, более светлый, сложение плотное. Переход постепенный.

90 - 110 см - рыжеватый суглинок с примесью мелких камней, имеются карбонатные слоистые стяжи, сложение плотное.

110 - 140 см - то же, более светлый, сложение менее плотное.

Результаты анализов показали (рис. 1, табл. 1), что содержание рубидия в бурой почве с глубиной повышается от 3,7 до $5,9 \cdot 10^{-3}\%$. Среднее содержание рубидия в бурой почве (в слое 0-80 см) оказалось равным $4,1 \cdot 10^{-3}\%$.

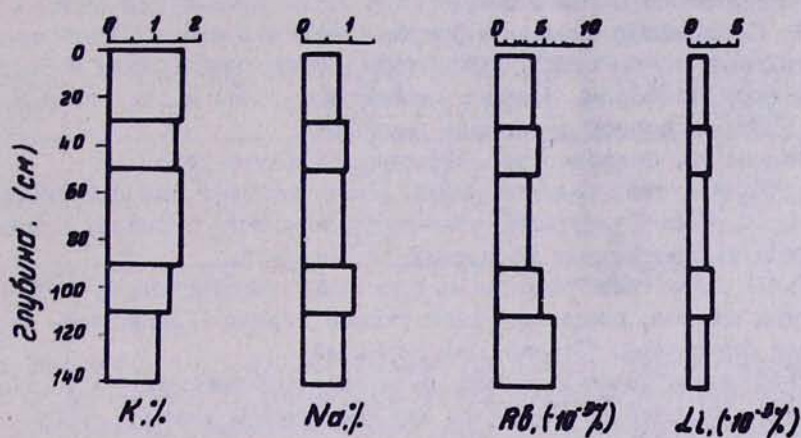


Рис. 1. Распределение щелочных элементов в бурой карбонатной почве (разрез 1, Бамбакашат).

Таблица 1.

Некоторые показатели количественных соотношений щелочных элементов в бурой карбонатной почве

Разрез, пункт	Глубина, см	Rb/K ($\cdot 10^{-3}$)	Rb/Na ($\cdot 10^{-3}$)	Rb/Li	Li/Na ($\cdot 10^{-3}$)
Разрез 1 Бамбакашат	0-30	2,7	5,3	2,2	2,4
	30-50	3,3	5,0	2,1	2,4
	50-90	2,5	4,1	1,8	2,3
	90-110	3,8	4,5	2,0	2,3
	110-140	5,4	6,9	3,0	2,3

$$r(\text{Rb}-\text{K}) = -0,96 \pm 0,16$$

$$r(\text{Li}-\text{Na}) = 0,97 \pm 0,14$$

В противоположность рубидию, содержание калия с глубиной уменьшается (в пределах 1,5–1,1%). В распределении рубидия и калия отмечается четко выраженная отрицательная корреляция.

Содержание лития колеблется в пределах $1,8-2,5 \cdot 10^{-3}\%$, при этом последовательного изменения его с глубиной не отмечается.

Содержание натрия с глубиной колеблется в пределах 0,76–1,1%, распределение его сходно с распределением лития. Среднее содержание натрия (в слое 0–60 см) составляет 0,86%. Коэффициент корреляции для пары Li–Na положительный, тесный.

Отношение Rb / K близко к данным, установленным для почв СССР – $2,8 \cdot 10^{-3}$ (8). Отношение Rb / Na несколько повышено по сравнению с отношением Rb / K и с глубиной уменьшается. Отношение Rb / Li выше единицы (1,8–3,0), отношение Li / Na почти не меняется с глубиной.

Каштановая почва

Содержание гумуса колеблется в пределах 2–4%, а азота – 0,15–0,25%. Содержание валового фосфора меньше, чем в бурых почвах. Каштановые почвы слабо обеспечены доступным азотом и средне-подвижным фосфором. Запасы подвижного калия в этих почвах высокие. Реакция водной суспензии щелочная.

Разрез 2, севернее пос. Абовян. Культура люцерны.

0–25 см – светло-каштановый, очень плотный, на поверхности распыленный, бесструктурный, тяжелосуглинистый, вскипает с поверхности. Переход к следующему горизонту незаметный.

25–50 см – такой же, очень плотный, каменистый, с включением крупных камней, покрытых известковой коркой. Глинистый – срез от лопаты блестящий. Переход постепенный.

50–90 см – более светлый, палевый, сильнокаменистый, очень плотный. На глубине 70–90 см крупные глыбы камней, покрытых известковой коркой.

По данным Виноградова и Боровик–Романовой (11), содержание рубидия в светлокаштановых почвах Европейской части СССР с глубиной равномерно уменьшается от $7,3 \cdot 10^{-3}$ до $4,7 \cdot 10^{-3}\%$. Содержание калия составляет 2–2,3%, натрия – около 1%, а лития – $3,5 \cdot 10^{-3}\%$. Несколько более повышенные данные по содержанию рубидия в каштановых почвах получены Ивановым (10) – $15 \cdot 10^{-3}\%$; содержание лития, так же как и рубидия, с глубиной уменьшалось.

Полученные нами данные показали (рис. 2, табл. 2), что содержание рубидия в светлокаштановой почве колеблется в пределах $5,0-5,6 \cdot 10^{-3}\%$, резких изменений с глубиной почвенного разреза не наблюдается. Содержание калия низкое и с глубиной понижается от 0,74 до 0,48%. Распределение рубидия и калия сходное – коэффициент корреляции для пары Rb–K положительный, тесный.

Количество лития в верхних горизонтах повышено по сравнению с нижними и колеблется в пределах $5-2,10^{-3}\%$, что хорошо согласуется с литературными данными. Содержание натрия с глубиной несколько изменяется, а распределение его сходно с литием: коэффициент кор-

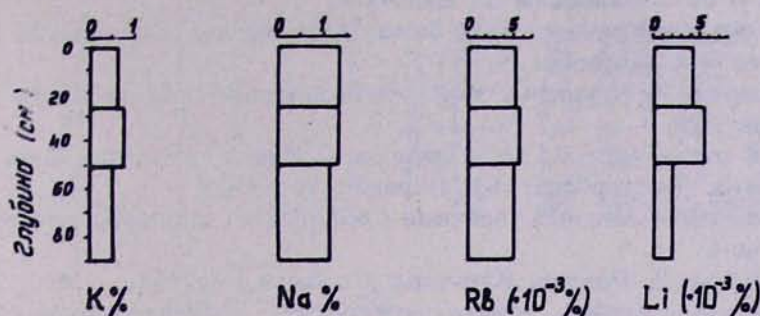


Рис. 2. Распределение щелочных элементов в светло-каштановой почве (разрез 2, Абовян)

Таблица 2
Некоторые показатели количественных соотношений щелочных элементов в светло-каштановой почве

Разрез, пункт	Глубина см.	Rb/K ($\cdot 10^{-3}$)	Rb/Na ($\cdot 10^{-3}$)	Rb/Li	Li/Na ($\cdot 10^{-3}$)
Разрез 2, Абовян	0-25	8,2	3,9	1,2	3,3
	25-50	7,6	4,3	1,1	4,0
	50-90	10,4	4,5	2,5	1,8

$$r(\text{Rb}-\text{K}) = 0,95 \pm 0,31$$

$$r(\text{Li}-\text{Na}) = 0,96 \pm 0,28$$

реляции для пары Li - Na положительный и также хорошо выражен.

Как видно из рис. 2, содержание калия, рубидия и лития повышено в иллювиальном горизонте (25-50 см), где отмечалось также повышенное содержание глины. Связь между содержанием щелочных элементов и глиной, адсорбирующей эти элементы, отмечена многими исследователями (22-25 и др.).

Отношение Rb/K повышено по сравнению с отношением Rb/Na . Поскольку содержание лития лишь немногим уступает содержанию рубидия в верхних горизонтах, то и отношение этих элементов (Rb/Li) немногим больше единицы. По этой же причине отношение этих элементов к натрию (Rb/Na и Li/Na) примерно одинаково.

Чернозем

Содержание гумуса в черноземах высокое (4-13%) и с глубиной постепенно уменьшается. Количество общего азота лежит в пределах 0,2-0,8%. Горные черноземы богаты валовым фосфором. Содержание калия сравнительно высокое. Исследуемые почвы бедны подвижными формами азота и фосфора. Несмотря на обеспеченность калием, эти почвы хорошо отзываются на внесение калия при одновременном вне-

сении азотных и фосфорных удобрений. Реакция водной и солевой суспензий — от слабокислой до щелочной.

В зоне черноземных почв было заложено четыре разреза. Приводим описание 2-х разрезов.

Разрез 5, Калинино, территория опытной станции Ин-та животноводства. Луг.

0–18 см. — черный, весь пронизан корнями, влажный. Структура зернистая. Бескарбонатный. Переход заметный.

18–34 см — валунно-галечный слой. Поры заполнены почвой. Вскипания нет.

Разрез 6, Раздан. Культура — озимая пшеница.

0–30 см — черный, тяжело-суглинистый, структурный, на поверхности распыленный. Вскипания нет. Переход постепенный.

30–85 см — такой же с более плотным сложением, глинистый — срез от лопаты блестящий. Вскипания нет. Переход заметный.

85–140 см — бурый, глинистый, глыбы дробятся на крупные угловатые структурные отдельности. Корни достигают до этой глубины. Вскипает. Переход заметный.

140–200 см — светло-палевый, карбонатный суглинок. Сложение легкое. Бурно вскипает. Заметны карбонатные лжемицелии.

Данные Боровик-Романовой и Виноградова (8, 11) показывают, что в черноземных почвах Европейской части СССР содержание рубидия повышено по сравнению с другими типами почв и составляет $7,5\text{--}8,9 \cdot 10^{-3}\%$. Исследования Иванова (10) также показали высокое содержание рубидия в черноземах, достигающее до $40 \cdot 10^{-3}\%$. Содержание лития колеблется в основном в пределах $2\text{--}6 \cdot 10^{-3}\%$, а натрия $0,5\text{--}0,9\%$.

Результаты наших анализов показывают (рис. 3), что содержание рубидия в черноземах несколько повышено по сравнению с бурыми и каштановыми почвами и колеблется в пределах $4,6\text{--}7,2 \cdot 10^{-3}\%$. В разрезах 4, 5, 6 отмечается понижение содержания рубидия с глубиной.

Содержание калия в разрезах 3 и 6 с глубиной также уменьшается; в разрезе 5 отмечается несколько более повышенное количество калия в нижнем горизонте (18–34 см).

Распределение рубидия и калия с глубиной одинаково — коэффициент корреляции между ними (табл. 3) для разрезов 4 и 6 равен соответственно + 0,71 и + 0,91; в разрезе 3 корреляция также положительная, однако выражена слабо ($r = + 0,38$).

Содержание лития в верхних горизонтах составляет $4,0\text{--}4,5 \cdot 10^{-3}\%$ (разрезы 3, 4, 5), при этом в разрезах 3 и 4 заметно понижается с глубиной. В разрезе 6 (Раздан) отмечается накопление лития в подпахотном горизонте.

Изменение содержания натрия с глубиной в черноземных почвах не подчиняется определенной закономерности: в некоторых случаях вниз по профилю почвы оно понижается (разрезы 3 и 6), а в других — повышается (разрезы 4 и 5). Содержание натрия в черноземных почвах ниже, чем в бурых и каштановых и колеблется в широких пределах — $0,35\text{--}1,1\%$.

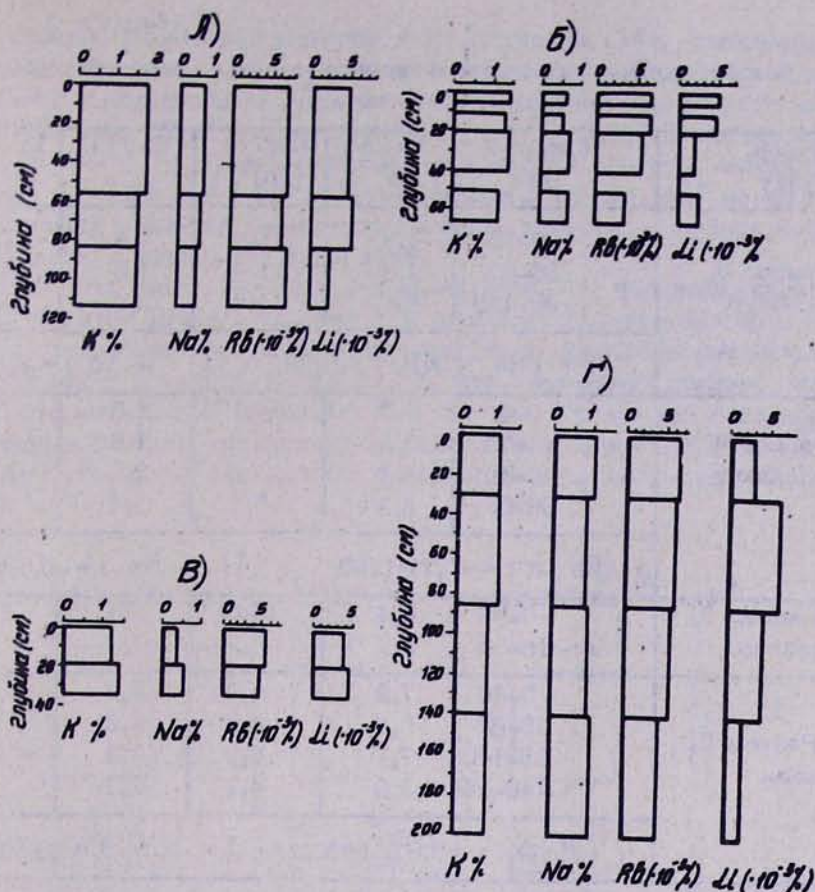


Рис. 3. Распределение щелочных элементов в черноземах:
 А) - Разрез 3 (Вардаблур); Б) - Разрез 4 (Вардахпюр); В) - Разрез 5 (Калинино), Г) - Разрез 6 (Раздан).

В зависимости от распределения натрия и лития по горизонтам исследуемых разрезов, корреляция $r(\text{Li} - \text{Na})$ или положительная (разрез 3), или отрицательная (разрезы 4 и 6).

Отношение Rb / K в черноземных почвах АрмССР колеблется в пределах $3,2-5,3 \cdot 10^{-3}$, а в среднем составляет около $4 \cdot 10^{-3}$, что несколько выше среднего показателя для почв СССР - $2,8 \cdot 10^{-3}$ (8) и меньше среднего для почв земного шара - $10 \cdot 10^{-3}$ (9). Отношение Rb / Na колеблется в широких пределах - $4,2-14,4 \cdot 10^{-3}$. Отношение Li / Na в пределах почвенного профиля также значительно колеблется и с глубиной почти во всех разрезах уменьшается. Отношение Rb / Li больше единицы, а изменение его с глубиной не подчиняется определенной закономерности.

Таблица 3

Некоторые показатели количественных соотношений
щелочных элементов в черноземных почвах

Разрез, пункт	Глубина, см.	Rb/K (.10 ⁻³)	Rb/Na (.10 ⁻³)	Rb/Li	Li/Na (.10 ⁻³)
Разрез 3, Вардаблур	0-55	4,2	11,3	1,6	7,1
	55-82	4,3	11,4	1,3	8,8
	82-112	4,8	14,4	3,0	4,8
	$r(Rb - K) = + 0,38 \quad r(Li - Na) = 0,80 \pm 0,60$				
Разрез 4, Вардапюр	0-5	4,9	11,1	1,5	7,5
	10-20	5,3	13,0	1,6	8,3
	20-40	4,1	9,0	2,9	3,1
	50-65	3,3	5,7	1,4	3,9
	$r(Rb - K) = +0,71 \pm 0,50 \quad r(Li - Na) = -0,70 \pm 0,51$				
Разрез 5, Калинино	0-18	4,4	15,6	1,4	11,5
	18-34	3,2	8,2	1,0	9,4
Разрез 6, Раздан	0-30	7,2	4,9	2,0	2,9
	30-85	6,2	6,8	1,0	7,0
	85-140	7,7	6,2	1,3	4,7
	140-200	5,8	4,2	2,1	2,1
	$r(Rb - K) = +0,91 \pm 0,89 \quad r(Li - Na) = -0,86 \pm 0,36$				

Лесная коричневая почва

Лесные почвы характеризуются высоким содержанием гумуса и азота в верхнем слое и резким уменьшением с глубиной. Содержание валового фосфора в гумусовом горизонте сравнительно низкое. С глубиной содержание калия уменьшается. Реакция водной и солевой суспензий — от кислой до слабощелочной.

В зоне лесных коричневых почв были заложены два разреза (7 и 8) и две прикопки (1 и 2). Ниже приводим описание одного из разрезов.

Разрез 7, территория Дилижанской лесной агрохимической станции (ДИЛАС). Поляна.

0-20 см — коричневый, суглинистый, задерненный; много хрящеватых камней и дресвы. Вскипания нет.

20-60 см — крупные, иногда сплошные глыбы камней, почва между ними песчанистая, рыхлая. Встречаются корни.

60-110 см — разрушенная материнская порода разных цветов — желтого, коричневого, перемежающихся друг с другом.

По данным Боровик-Романовой и Виноградова (11), содержание рубидия в верхнем 0-5 см слое бурых лесных почв Европейской части СССР составляет $3,1 \cdot 10^{-3}\%$, что почти вдвое ниже среднего показателя для почв СССР; содержание лития с глубиной увеличивается от 2,6 до $5,6 \cdot 10^{-3}\%$. Содержание калия и натрия соответственно составляет 1,7-2,5% и 0,6-0,7%. Исследования Иванова (10) не выявили существенных различий между содержанием рубидия в лесных почвах по сравнению с другими типами почв.

Результаты наших анализов показали (рис. 4), что содержание рубидия в почве ДИЛАС (разрез 7 и прикопка 1) значительно повышено по сравнению с бурыми, каштановыми и черноземными почвами и колеблется в пределах $12-8,3 \cdot 10^{-3}\%$, что превышает средний показатель для почв СССР примерно вдвое и почти в четыре раза выше, чем средние данные, установленные для лесных почв СССР (11). Содержание рубидия по почвенному профилю мало изменяется.

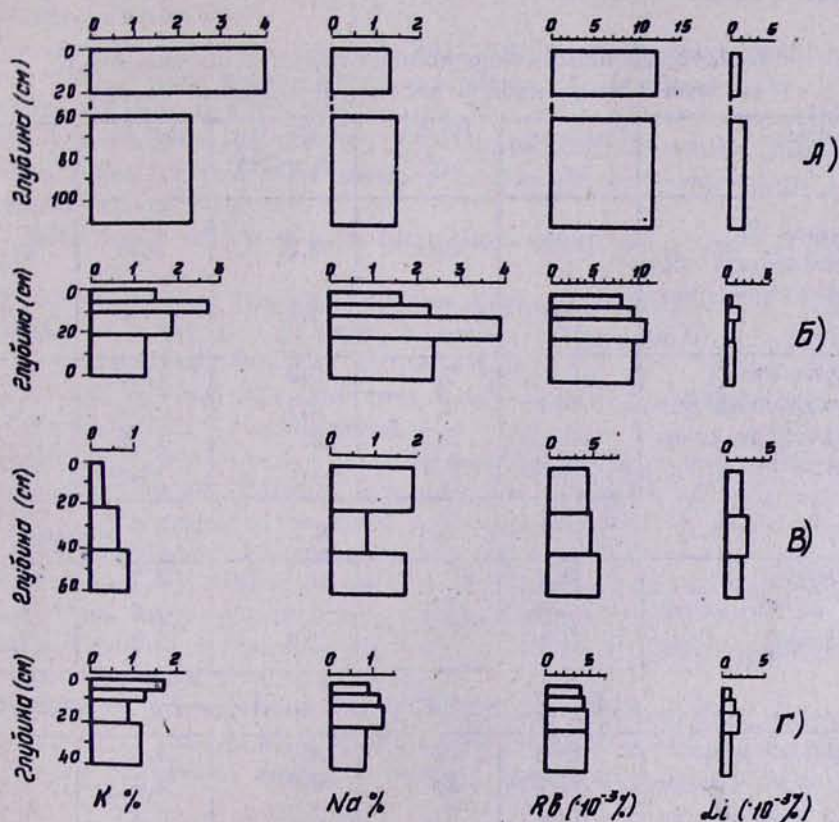


Рис. 4. Распределение щелочных элементов в лесных коричневых почвах. А) Разрез 7 (Дилижанская лесная агрохимическая станция); Б) Прикопка 1 (Дилижанская лесная агрохимическая станция); В) Разрез 8 (лес на поворотах к Дилижану); Г) Прикопка 2 (по дороге в Агарцин).

Чтобы убедиться, насколько полученные нами данные для пункта ДИЛАС характерны для лесных коричневых почв Дилижанского района, были заложены разрез 8 - в южной части Дилижана, на поворотах Севанского перевала и прикопка 2 - в районе Агарцина. Содержание рубидия здесь оказалось ниже - $4,0-5,8 \cdot 10^{-3}\%$ и с глубиной несколько увеличивалось. Очевидно, накопление рубидия в почвах Дилижанской лесной агрохимической станции имеет местный, локальный характер. Этот факт примечателен. Изучение причин повышенного содержания рубидия, а также границы распространения этой территории подлежат специальным исследованиям.

Содержание калия в почве ДИЛАС также повышено по сравнению с остальными пунктами и с глубиной резко уменьшается. В разрезе 8 содержание калия наименьшее и с глубиной повышается от 0,30 до 0,92%.

Коэффициент корреляции для пары Rb - K (табл. 4) также не определен и составляет: + 0,93 (разрез 8) и - 0,88 (прик.2). В прикопке 1 корреляции между рубидием и калием нет.

Таблица 4

Некоторые показатели количественных соотношений щелочных элементов в лесных коричневых почвах

Разрез, пункт	Глубина, см	Rb/K ($\cdot 10^{-3}$)	Rb/Na ($\cdot 10^{-3}$)	Rb/Li	Li/Na ($\cdot 10^{-3}$)
Разрез 7, Дилижанская агрохимическая станция	0-20	3,0	8,3	13,3	0,7
	60-110	5,1	7,9	7,0	1,1
Прикопка 1, Дилижанская агрохимическая станция	0-5	5,7	5,2	13,8	0,4
	5-10	3,3	4,1	6,1	0,7
	10-20	5,7	2,8	13,6	0,2
	20-40	7,7	4,0	10,4	0,4

$$r(Rb - K) = -0,16 \quad r(Li - Na) = -0,005$$

Разрез 8, лес на поворотах к Дилижану	0-20	15,0	2,4	2,7	0,9
	20-40	7,5	5,8	1,9	3,1
	40-60	5,2	3,3	2,6	1,3

$$r(Rb - K) = +0,93 \pm 0,37 \quad r(Li - Na) = -0,95 \pm 0,31$$

Прикопка 2, по дороге от Дилижана к Агарцину	0-5	2,4	4,5	3,6	1,2
	5-10	3,5	3,7	2,9	1,3
	10-20	5,2	3,7	3,3	1,7
	20-40	4,0	5,4	3,5	1,5

$$r(Rb - K) = -0,88 \pm 0,34 \quad r(Li - Na) = +0,94 \pm 0,24$$

Для исследуемых почв характерно пониженное содержание лития, не превышающее $3,0 \cdot 10^{-3}\%$. Последовательных изменений в содержании лития по профилю почвы не отмечается. Содержание натрия колеблется в широких пределах: от 0,83% (разрез 8) до 3,8% (разрез 7). Коэффициент корреляции для пары Li - Na также неоднозначен.

Отношение Rb/K в лесных коричневых почвах (табл. 4) колеблется в пределах $2-7 \cdot 10^{-3}$. Примерно в тех же пределах изменяется отношение Rb/Na. Характерно пониженное отношение Li/Na и резко повышенное - Rb/Li (для почвы ДИЛАС).

Горно-луговая почва

В субальпийском поясе (2400-2700 м над ур. м.) распространены слабо-дерновые темно-коричневые почвы (26). В альпийском поясе (2700-3600 м) развились коричневые и светло-коричневые почвы, а в низинных участках почв, в условиях повышенной влажности - дерново-торфяные.

По данным Каракешишян (27, 28), для горно-луговых почв характерны кислая (альпийский пояс) и слабокислая (субальпийский пояс) реакции, высокое содержание гумуса (11-20%), общего азота (до 1% и выше) и фосфора (до 0,45% P_2O_5), невысокая обменная способность, сильная ненасыщенность почвенного комплекса и сравнительно легкий механический состав.

В зоне горно-луговых почв были заложены один разрез и две прикопки.

Разрез 9, Семеновский перевал. Субальпийский пояс. Сенокосы.

0-28 см - черный, рыхлый, влажный, задерненный, с мелкокомковатой структурой. Переход постепенный.

28-43 см - такой же, сложение более плотное, с хорошо выраженной структурой. Переход постепенный.

43-56 см - буроватый, сложение рыхлое. Встречаются кусочки выветрившейся породы. Переход в следующий горизонт постепенный.

56-110 см - желтовато-бурый с потеками грязно-желтого цвета, изредка встречаются крупные обломки камней.

Прикопка 3, Элиджа, южный склон Гегамского хребта. Субальпийский пояс (переходный к луго-степному поясу).

Прикопка 4, Кучак (Салов Ахпюр), юго-восточный склон г. Арагац. Субальпийский пояс. Сенокосы.

В обеих прикопках почва темно-коричневая, задерненная, плотная, суглинистая, с хорошо выраженной комковатой структурой. Встречаются крупные окатанные камни. Образцы брались по слоям 0-5, 5-10, 10-20 и 20-40 см.

Результаты исследований показали (рис. 5), что содержание рубидия (прикопки 3 и 4) колеблется в близких пределах (соответственно $7,3 \cdot 10^{-3}\%$ и $7,8-8 \cdot 10^{-3}\%$), при этом заметных изменений с глубиной не отмечается. В разрезе 9 содержание рубидия колеблется в более широких пределах ($5,8-9,1 \cdot 10^{-3}\%$) и с глубиной повышается.

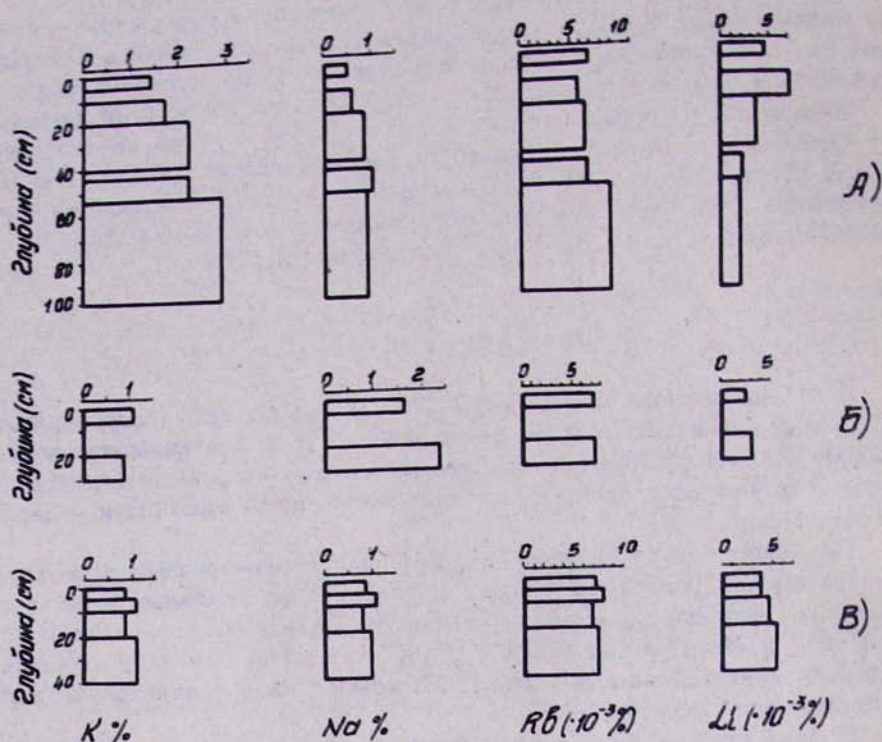


Рис. 5. Распределение щелочных элементов в горно-луговых почвах. А) Разрез 9 (Семеновка); Б) Прикопка 3 (Элиджа); В) Прикопка 4 (Кучак).

Содержание калия в прикопках 3 и 4 также примерно одинаково и с глубиной мало изменяется; в разрезе 9 оно составляет 1,4–2,9% и с глубиной повышается. Коэффициент корреляции (табл. 5) для пары $Rb-K$ в разрезе 9 и прикопке 4 положительный и хорошо выражен.

Содержание и распределение лития в исследуемых почвах неодинаково: в разрезе 9 оно сравнительно высокое (до $6,7 \cdot 10^{-3}\%$) и с глубиной уменьшается; наименьшее содержание лития отмечено в прикопке 3. В прикопке 4 наблюдается некоторое увеличение содержания лития с глубиной.

Содержание натрия в горно-луговых почвах также неодинаково: наибольшее количество его (2,3%) отмечается в прикопке 3, а наименьшее (0,5%) – в разрезе 9. В обоих пунктах содержание натрия с глубиной повышается. В прикопке 4 с глубиной содержание натрия изменяется в узких пределах (0,8–1%). Коррелятивная связь между содержанием лития и натрия отрицательная и хорошо выражена в разрезе 9; в прикопке 4 корреляция отсутствует.

Отношение Rb/K в прикопках 3 и 4 примерно одинаково; в разрезе 9 оно вдвое меньше. С глубиной отношение Rb/K мало изменя-

Таблица 5

Некоторые показатели количественных соотношений
щелочных элементов в горно-луговых почвах

Разрез, пункт	Глубина, см.	Rb /K (.10 ⁻³)	Rb /Na (.10 ⁻³)	Rb/Li	Li / Na (.10 ⁻³)
Разрез 8, Семеновка	0-5	4,8	13,4	1,5	9,0
	10-20	3,4	10,4	0,9	12,0
	20-40	2,9	7,7	2,3	3,4
	43-56	3,0	6,8	3,1	2,2
	56-100	3,1	10,3	4,6	2,3
	r (Rb -K) = +0,77±0,37 r (Li - Na) = -0,74±0,39				
Прикопка 3, Элиджа	0-5	7,1	4,5	2,8	1,6
	20-30	8,6	5,5	2,4	1,3
Элиджа	0-5	8,7	8,7	1,8	4,8
	5-10	7,3	7,8	2,0	3,9
	10-20	8,1	9,0	1,5	6,2
	20-40	6,9	8,1	1,5	5,4
	r (Rb -K) = +0,63±0,55 r (Li - Na) = - 0,14				

ется. В более широких пределах колеблется отношение Rb /Na - от 4,5 до 13,4.10⁻³. В связи с неодинаковым распределением лития и натрия в почвах их отношение (Li /Na) также колеблется в широких пределах (1,3-12,0.10⁻³). Отношение Rb /Li в основном больше единицы.

ПРОФИЛЬ 1. Южный склон г. Арагац.

По южному склону г. Арагац чередуются следующие почвы:

1. Каштановая, суглинистая, Бюракан, 1430 м над ур. м., разрез 10.

2. Лесная остепненная, черноземовидная, глинистая. Лесные посадки; Амберд. 2100 м над ур. м., прикопка 5.

3. Горно-луговая светло-коричневая, альпийский пояс, пастбище. 3250 м над ур. м. В этом поясе было заложено два разреза: 11 и 12.

Разрез 12.

0-5 см - темно-коричневый, влажный, сильно задерненный. Переход заметный.

5-31 см - шоколадного цвета, лёссовидный, содержит много корней.

31-43 см - такой же, более рыхлый. Переход заметный.

43-62 см - более светлый, лёссовидный.

Результаты анализов показали (табл. 6), что содержание рубидия в поверхностном слое исследуемых почв колеблется в небольших пределах - 5,3-8,4.10⁻³%. В горно-луговой светло-коричневой почве (раз-

резы 11 и 12) отмечается снижение содержания рубидия в нижнем горизонте.

Вверх по профилю г. Арагац содержание калия в почвах уменьшается, при этом изменяется также характер распределения: в каштановой и лесной остепненной почвах содержание калия с глубиной заметно уменьшается, а в светло-коричневой — увеличивается; исключение составляет горизонт 43–62 см в разрезе 12, где количество калия несколько снижается. Распределение рубидия и калия с глубиной сходно во всех исследуемых почвах профиля: коэффициент корреляции для пары $Rb-K$ положительный и выражен средне или хорошо.

Наименьшее содержание лития отмечается в каштановой почве (разрез 10). Представляет интерес распределение лития в светло-коричневой почве альпийского пояса. Разрезы 11 и 12 расположены близко друг от друга, на расстоянии 200–300 м, между тем содержание лития у них резко различается. Это, очевидно, связано с микрорельефом, экспозицией.

В поверхностном слое (0–15 и 0–5) исследуемых почв вверх по профилю содержание калия и натрия уменьшается, а рубидия — несколько увеличивается. Содержание натрия в каштановой почве сильно повышено и с глубиной значительно увеличивается. Коррелятивная зависимость пары $Li-Na$ отрицательная.

Отношение Rb/K в каштановой и лесной остепненной почвах сравнительно низкое; в горно-луговых почвах оно повышается до $9,9 \cdot 10^{-3}$ и совпадает со средним значением для почв земного шара ($10 \cdot 10^{-3}$). Отношение Rb/Na в большинстве почв с глубиной уменьшается; наиболее четко выражена эта закономерность в почвах альпийского пояса (разрезы 11 и 12). Отношение Li/Na в лесной остепненной и светло-коричневой почвах с глубиной понижается. В разрезе 11 отношение Rb/Li опускается ниже единицы.

П Р О Ф И Л Ь II. Гегамский хребет.

Вверх по вертикальному профилю Гегамского хребта сформировались следующие типы почв:

1. Лугово-степные черноземовидные почвы (2100–2400 м над ур.м.).
2. Горно-луговые почвы: а) в субальпийском поясе (2450–2700 м), развились темно-коричневые почвы; б) в альпийском поясе (2700–3600 м) — коричневые и светло-коричневые, а в низинных частях рельефа в условиях высокой влажности — дерново-торфяные.

Приведенные в табл. 7 данные анализов показали, что во всех исследуемых почвах содержание рубидия с глубиной уменьшается: в некоторых почвах (разрезы Г-10, Г-15) это понижение резкое, в остальных — постепенное. Содержание рубидия в обоих разрезах лугово-степной почвы (Г-9, Г-8) с глубиной колеблется в одних и тех же пределах ($7,4-4,5 \cdot 10^{-3}\%$). Повышенное (по сравнению с остальными почвами профиля) содержание рубидия в верхних горизонтах отмечается в темно- и светло-коричневой почвах — $8,0$ и $8,4 \cdot 10^{-3}\%$. Закономерных изменений в содержании рубидия в исследуемых почвах, связанных с вертикальной зональностью, не отмечается.

^x Образцы почв для анализов любезно предоставлены нам Г. М. Каракешишян. Описание разрезов, данные гумуса, физической глины и калия взяты из работ 18, 27, 28.

Содержание и количественные соотношения щелочных элементов в почвах, распространенных по профилю г. Арагац

№ и место раз- реза, прикопки	Глубина взятия образца, см	% на воздушно-сухую почву				Отношения			
		K	Na	Rb	Li	Rb / K (.10 ⁻³)	Rb / Na (.10 ⁻³)	Rb / Li	Li / Na (.10 ⁻³)
К а ш т а н о в а я п о ч в а									
Разрез 10, Бюракан	0-15	2,4	4,9	0,0058	0,0015	2,4	1,2	3,9	0,3
	15-55	1,5	3,1	0,0063	0,0022	4,1	2,1	2,9	0,7
Л е с н а я о с т е п н е н н а я п о ч в а									
Прикопка 5, Амберд	0-5	1,8	0,81	0,0053	0,0049	2,9	6,5	1,1	6,1
	5-10	1,3	0,87	0,0058	0,0062	4,4	6,7	0,9	7,1
	10-20	0,68	0,76	0,0049	0,0038	7,2	6,6	1,3	5,1
	20-40	0,96	0,96	0,0047	0,0025	4,9	4,9	1,9	2,6
	r (Rb - K) = + 0,56±0,59					r (Li - Na) = - 0,34			
Г о р н о - л у г о в а я с в е т л о - к о р и ч н е в а я п о ч в а									
Разрез 11, Арагац	0-5	1,0	0,71	0,0060	0,0093	6,0	8,5	0,7	13,1
	5-10	1,2	0,71	0,0040	0,0190	4,0	5,6	0,2	26,8
	10-20	1,3	0,77	0,0044	0,0053	4,4	5,7	0,8	6,9
	20-40	1,4	0,75	0,0043	0,0048	4,3	5,7	0,9	6,4
	40-70	1,6	0,77	0,0051	0,0048	5,1	6,6	1,1	6,2
	70-110	1,5	1,6	0,0033	0,0021	3,3	2,1	1,6	1,3
r (Rb - K) = + 0,82 ± 0,28					r (Li - Na) = - 0,45				
Разрез 12, Арагац	0-5	0,76	0,68	0,0064	0,0030	8,4	9,4	2,1	4,4
	5-30	0,82	0,99	0,0081	0,0041	9,9	8,2	2,0	4,1
	30-43	0,86	1,2	0,0070	0,0040	8,1	5,8	1,8	3,3
	43-62	0,52	3,6	0,0045	0,0030	8,7	1,3	1,5	0,8
r (Rb - K) = + 0,62±0,55					r (Li - Na) = - 0,41				

Содержание гумуса, глины и щелочных элементов в почвах, распространенных по профилю Гегамского хребта и некоторые показатели их количественных соотношений

№ разреза, высота над ур.м.	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Физичес- кая глина, %	% на воздушно-сухую почву				Отношения			
				K	Na	Rb	Li	Rb / K (.10 ⁻³)	Rb / Na (.10 ⁻³)	Rb / Li	Li / Na (.10 ⁻³)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Г - 9 (2350 м)	Лугово-степная черноземовидная почва										
	0-15	6,84	42,1	1,4	1,2	0,0073	0,0057	5,1	6,3	1,3	4,9
	15-42	5,30	50,8	1,4	1,0	0,0087	0,0052	6,1	8,7	1,7	5,2
	42-68	4,20	34,7	1,3	1,0	0,0071	0,0059	5,7	6,9	1,2	5,7
	68-83	3,10	15,5	1,1	0,9	0,0059	0,0055	5,5	6,8	1,1	6,3
	83-94	1,05	25,8	1,1	1,0	0,0046	0,0031	4,3	4,6	1,5	3,1
	r (Rb - K) = + 0,88 ± 0,27				r (Li - Na) = + 0,30						
Г - 8 ₁ (2400 м)	0-15	5,54	-	1,2	1,2	0,0074	0,0037	6,4	6,4	2,0	3,2
	15-42	3,20	-	1,1	1,2	0,0074	0,0035	6,5	6,2	2,1	2,9
	42-59	1,53	-	1,1	1,3	0,0066	0,0037	5,8	5,1	1,8	2,9
	59-76	1,46	-	0,98	1,6	0,0049	0,0028	5,0	3,0	1,8	1,7
	76-92	1,05	-	0,95	1,6	0,0054	0,0027	5,7	3,3	2,0	1,7
	92-130	0,26	-	0,90	2,3	0,0049	0,0013	5,4	2,2	3,8	0,6
	130-ГЛ	сл.	-	1,3	2,4	0,0045	0,0010	3,4	1,9	4,5	0,4
r (Rb - K) = + 0,17				r (Li - Na) = - 0,99 ± 0,02							
Г-18 (2450 м)	Горно-луговая темно-коричневая почва										
	0-14	16,15	27,6	0,83	0,58	0,0055	0,0058	6,6	9,5	1,0	10,0
	14-30	10,94	27,0	0,84	0,57	0,0052	0,0088	6,2	9,1	0,6	15,4
	30-41	9,73	24,9	1,00	0,53	0,0040	0,0080	3,9	7,6	0,5	15,1
	41-56	7,73	19,7	0,99	0,67	0,0056	0,0075	5,7	8,4	0,8	11,2
	56-84	6,71	18,4	0,99	0,84	0,0043	0,0077	4,3	5,1	0,7	9,2
	84-ГЛ	4,41	26,9	1,6	0,81	0,0029	0,0058	1,9	3,6	0,5	7,2
r (Rb - K) = - 0,87± 0,25				r (Li - Na) = - 0,57 ± 0,41							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Г - 10 (2800 м)	0-14	8,77	-	1,30	0,84	0,0084	0,0040	6,7	10,0	2,1	4,8
	14-38	5,42	-	0,87	1,10	0,0072	0,0028	8,3	6,8	2,6	2,6
	38-92	2,18	-	0,76	1,20	0,0047	0,0034	6,2	4,0	1,4	2,9
	92-117	1,10	-	0,86	1,40	0,0022	0,0022	2,6	1,6	1,0	1,6
	$r(Rb - K) = + 0,87 \pm 0,53$ $r(Li - Na) = - 0,86 \pm 0,36$										
Г - 11 (2825 м)	Горно-луговая коричневая почва										
	0-10	11,90	-	1,00	0,80	0,0064	0,0038	3,8	8,0	1,7	4,8
	10-37	7,79	-	1,10	0,84	0,0051	0,0046	4,2	6,1	1,1	5,5
	37-58	5,42	-	1,10	1,10	0,0054	0,0020	1,8	5,1	2,7	1,9
	58-80	4,55	-	0,86	1,40	0,0052	0,0023	2,7	3,6	2,3	1,6
	80-90	2,29	-	1,00	1,00	0,0046	0,0018	1,8	4,6	2,6	1,8
	$r(Rb - K) = + 0,10$ $r(Li - Na) = - 0,81 \pm 0,41$										
Г - 12 (3000 м)	0-13	14,35	24,5	0,93	0,87	0,0075	0,0054	8,1	8,6	1,4	6,2
	13-42	11,13	28,7	1,45	1,10	0,0078	0,0046	5,3	7,0	1,7	4,1
	42-65	4,00	16,6	0,90	1,60	0,0051	0,0034	5,7	3,2	1,5	2,2
	$r(Rb - K) = + 0,62 \pm 0,78$ $r(Li - Na) = - 1,00$										
Г - 15 (3100 м)	Горно-луговая светло-коричневая почва										
	0-9	18,26	24,6	0,98	0,57	0,0080	0,0042	8,2	14,0	1,9	7,4
	9-21	10,70	19,8	0,97	0,55	0,0066	0,0041	6,8	12,0	1,6	7,5
	21-62	3,86	16,9	0,95	1,70	0,0040	0,0026	4,2	2,4	1,5	1,6
	62-80	0,34	15,4	1,20	2,20	0,0033	0,0013	2,7	1,5	2,5	0,6
	$r(Rb - K) = - 0,53 \pm 0,60$ $r(Li - Na) = - 0,99 \pm 0,10$										
Г - 13 (3000 м)	Дерново-торфяная почва										
	0-3	17,40	5,2	0,75	1,60	0,0052	0,0019	6,9	3,2	2,7	1,2
	3-15	5,63	3,5	0,70	0,72	0,0035	0,0026	5,0	4,9	1,4	3,6
	15-37	3,74	3,9	0,75	0,77	0,0039	0,0027	5,2	5,1	1,4	3,5
	37-60	1,06	3,0	0,80	1,30	0,0030	0,0036	3,8	2,3	0,8	2,8
	60-90	сл.	3,7	0,87	2,00	0,0037	0,0016	4,3	1,8	3,3	0,8
	$r(Rb - K) = - 0,21$ $r(Li - Na) = - 0,58 \pm 0,47$										

Содержание калия в верхних горизонтах, за некоторым исключением, повышено по сравнению с нижним и изменяется в различных почвах в близких пределах. Отмечается уменьшение содержания калия и натрия в поверхностном слое вверх по вертикальному профилю. Четкой закономерности во взаимосвязи между Rb и K в почвах нет: в некоторых разрезах коэффициент корреляции положительный (разрезы Г-9, Г-10, Г-12), а в других — отрицательный (Г-18, Г-15); в ряде случаев корреляция отсутствует.

Содержание лития в большинстве почв, за исключением дерново-торфяной, с глубиной уменьшается, содержание же натрия, наоборот, увеличивается. В связи с этим корреляция для пары Li—Na почти во всех разрезах отрицательная и хорошо выражена, и лишь в разрезе Г-9 корреляция отсутствует.

Отношение Rb/K с глубиной уменьшается во всех исследуемых почвах из-за более резкого уменьшения содержания рубидия (до 4 раз) по сравнению с калием, пределы колебаний которого не превышают 1,5 раза. Это, вероятно, следует объяснить более сильным связыванием рубидия органическими тонкодисперсными коллоидными соединениями почвы (23). Отношение Rb/Na и Li/Na с глубиной также уменьшается. Отношение Rb/Li за редким исключением (разрез Г-18) больше единицы.

ПРОФИЛЬ III. Варденисский хребет.

По профилю Варденисского хребта развились те же типы почв, что и по профилю Гегамского хребта (27,28).

Данные анализов показали (табл. 8), что вверх по профилю Варденисского хребта закономерных изменений в содержании щелочных элементов не наблюдается. Содержание рубидия с глубиной распределяется более равномерно, чем в почвах Гегамского профиля. В разрезах В-27, В-21 и В-24 во втором или третьем горизонтах отмечается более повышенное содержание рубидия по сравнению с поверхностным горизонтом. Для почв исследуемого профиля отмечается более высокий уровень содержания рубидия; среднее содержание его (в слое 0–60 см) для почв Гегамского профиля составляет $6,2 \cdot 10^{-3}\%$, а для почв Варденисского профиля — $6,7, 10^{-3}\%$.

Содержание калия во всех почвах (за исключением разреза В-21) с глубиной уменьшается. Такое же явление отмечалось в почвах Гегамского хребта.

Содержание лития в верхних горизонтах также повышено по сравнению с нижними, хотя здесь, также как и для рубидия, эта картина выражена менее четко по сравнению с почвами Гегамского профиля. (табл. 7).

Содержание натрия почти во всех разрезах с глубиной увеличивается, при этом в верхнем горизонте пределы колебаний для разных типов почв небольшие (0,7–1,1%); в нижних горизонтах содержание натрия изменяется в более широких пределах — 0,88–2,0%. Такое же распределение натрия отмечалось и в почвах Гегамского профиля.

Коррелятивная связь между рубидием и калием в почвах исследуемого профиля в подавляющем большинстве разрезов положительная и хорошо выражена; в разрезах В-21 и В-24 корреляция отрицательная, в лугово-степной почве (разрез В-27) корреляция отсутствует.

Таблица 8

Содержание гумуса, глины и щелочных элементов в почвах, распространенных по профилю
Варденисского хребта и некоторые показатели их количественных соотношений

№ разреза, высота над ур. м.	Глубина взятия об- разца, см	Гумус, %	Физич. глина, %	% на воздушно-сухую почву				Отношения			
				K	Na	Rb	Li	Rb / K (.10 ⁻³)	Rb / Na (.10 ⁻³)	Rb / Li	Li / Na (.10 ⁻³)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В-19 (2300 м)	0-25	7,21	42,25	Лугово-степная черноземовидная							
	25-62	5,25	61,85	1,30	0,79	0,0065	0,0046	5,1	8,2	1,4	5,8
	62-105	1,22	76,34	0,83	0,82	0,0049	0,0051	5,9	6,0	1,0	6,2
	105-гд.	1,03	77,94	0,80	0,88	0,0051	0,0051	6,3	5,8	1,0	5,8
				0,73	0,76	0,0041	0,0055	5,6	5,4	0,8	7,2
$r (Rb / K) = + 0,95 \pm 0,22$				$r (Li - Na) = - 0,16$							
В-27 (2400 м)	0-12	7,83	30,59	1,3	1,10	0,0086	0,0056	6,5	8,0	1,5	5,2
	12-25	6,40	39,66	1,2	1,20	0,0089	0,0053	7,5	7,7	1,7	4,7
	25-53	5,33	36,48	1,2	1,30	0,0074	0,0042	6,2	5,8	1,8	3,3
	53-гд.	1,05	32,87	1,1	1,70	0,0087	0,0022	8,2	5,2	4,0	1,3
				$r (Rb - K) = - 0,03$				$r (Li - Na) = - 1,00$			
В-28 (2450 м)	0-12	8,52	30,63	0,95	0,74	0,0076	0,0055	8,0	10,3	1,4	7,4
	12-47	3,80	42,26	0,93	0,74	0,0039	0,0067	4,2	5,3	0,6	9,1
	47-60	0,86	77,97	0,75	0,88	0,0025	0,0061	3,3	2,8	0,4	6,9
				$r (Rb - K) = + 0,76 \pm 0,65$				$r (Li - Na) = 0$			
В-21 (2750 м)	0-12	15,05	30,55	Горно-луговая темно-коричневая							
	12-31	11,13	33,51	1,40	0,79	0,0061	0,0042	4,3	7,7	1,5	5,3
	31-50	8,48	30,67	1,20	0,83	0,0062	0,0047	5,4	7,5	1,3	5,7
	50-гд.	4,00	40,20	1,20	1,40	0,0080	0,0042	6,9	5,8	1,9	3,0
				1,60	2,00	0,0049	0,0010	3,0	2,5	4,9	0,5
$r (Rb - K) = - 0,80 \pm 0,42$				$r (Li - Na) = - 0,90 \pm 0,31$							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В-26 (3175 м)	Горно-луговая коричневая										
	0-10	11,34	29,15	1,20	0,90	0,0090	0,0036	7,8	10,0	2,5	4,0
	10-22	6,26	42,38	1,10	0,79	0,0087	0,0041	7,8	11,0	2,1	5,2
	22-60	3,25	не опр.	1,30	0,99	0,0086	0,0044	6,5	8,7	2,0	4,4
	60-гл	1,71	51,86	0,88	1,10	0,0077	0,0036	8,8	6,9	2,1	3,2
r (Rb - K) = +0,78±0,44						r (Li - Na) = - 0,07					
В-24 (3300 м)	Горно-луговая светло-коричневая										
	0-11	16,95	26,52	1,40	0,98	0,0059	0,0031	5,1	6,0	1,9	3,2
	11-43	10,92	41,74	1,20	1,20	0,0081	0,0020	6,8	6,6	4,1	1,6
	43-65	6,78	26,08	1,10	1,20	0,0066	0,0015	5,8	5,3	4,4	1,2
r (Rb - K) = - 0,56±0,83						r (Li - Na) = - 0,97± 0,24					
В-23 (3400 м)	0-12	18,19	22,20	0,90	0,69	0,0070	0,0059	7,8	10,1	1,2	8,6
	12-60	10,90	24,22	0,92	0,95	0,0058	0,0044	6,4	6,1	1,3	4,6
	60-70	2,90	27,60	0,87	1,10	0,0036	0,0050	4,1	3,2	0,7	4,4
r (Rb - K) = - 0,72±0,69						r (Li - Na) = -0,98±0,20					

Между содержанием лития и натрия в почвах Варденисского профиля наблюдается отрицательная коррелятивная связь (разрезы В-27, В-21, В-24, В-23); в разрезах В-28, В-26 и В-19 корреляция отсутствует.

Для отношений Rb/K в почвах по профилю Варденисского хребта четких, закономерных изменений с глубиной в большинстве случаев не наблюдается, и лишь в разрезах В-23 и В-28 оно с глубиной понижается. Для почв исследуемого профиля характерна более постоянная величина отношения Rb/K по сравнению с почвами Гегамского профиля, что объясняется более равномерным распределением рубидия с глубиной почвы.

Отношение Rb/Na с глубиной, как правило, уменьшается во всех разрезах, что связано с увеличением натрия с глубиной. Отношение

Li/Na в большинстве почв с глубиной также уменьшается. Отношение Rb/Li колеблется в пределах 1,0-4,5 и свидетельствует о преобладании рубидия над литием.

Обсуждение

Общеизвестно, что калий интенсивно поглощается глинистой частью почвы. Предположение относительно аналогичного явления для редких щелочных элементов, в частности, рубидия, было высказано еще Вернадским (1) и далее подтверждено работами Иванова (10), Айдиняна (23), Мокади и др. (29), не только для Rb , но и для Li . Было установлено, что в ранних стадиях почвообразования содержание рубидия и лития в примитивных почвах и мелкоземе повышено по сравнению с подстилающими породами. Отмечено также увеличение содержания этих элементов в тонкодисперсной части почвы. В то же время исследователи указывают на накопление щелочных элементов (Rb, Li) в гумусовых горизонтах почв, независимо от содержания глинистой фракции.

На основании результатов исследований по профилям Гегамского и Варденисского хребтов был проведен корреляционный анализ связи между содержанием щелочных элементов, гумуса и физической глины.

Приведенные в табл. 9 данные показывают, что из исследованных 15 разрезов лугово-степных и горно-луговых почв в 8 корреляция между содержанием гумуса и калия положительная. В остальных разрезах коэффициент корреляции или слабо выраженный, или отрицательный. Еще менее четко выражена связь калия с глиной: только в трех разрезах отмечается положительная корреляция, в пяти разрезах корреляция отрицательная, а в четырех — отсутствует.

Для натрия коррелятивная связь с гумусом, как правило, отрицательная (за исключением одного разреза). Связь с глиной выражена нечетко: в 4 разрезах отмечается положительная корреляция, в 2 (Г-12, Г-15) — хорошо выраженная отрицательная, и в 6 корреляция слабая или отсутствует.

Связь лития с гумусом выражена хорошо: в 10 разрезах коэффициент корреляции положительный, тесный (в 9) или выражен средне

Таблица 9

Коррелятивная связь щелочных элементов с гумусом и физической глиной
в лугово-степных и горно-луговых почвах

Профиль	№ раз- реза	Коэффициент корреляции (r) гумус – щелоч- ные элементы				Коэффициент корреляции (r) физическая глина – щелочные элементы			
		K	Na	Rb	Li	K	Na	Rb	Li
Гегамский хребет	Г-9	+0,90±0,25	+0,67±0,43	+0,64±0,44	+0,76±0,38	+0,93±0,21	+0,61±0,46	+0,82±0,33	+0,26
	Г-8	+0,90±0,20	-0,48	+0,92±0,19	+0,70±0,32	-	-	-	-
	Г-18	-0,75±0,33	-0,73±0,34	+0,85±0,26	-0,06	+0,11	-0,49	-0,15	-0,31
	Г-10	+0,86±0,36	-0,97±0,17	+0,95±0,22	+0,73±0,48	-	-	-	-
	Г-11	+0,20	-0,46	+0,90±0,25	+0,77±0,37	-	-	-	-
	Г-12	+0,26	-1,0	+0,91±0,41	+0,99±0,14	+0,80±0,60	-0,79±0,61	+0,98±0,20	+0,73±0,68
	Г-15	-0,60±0,57	-0,91±0,29	+0,99±0,10	+0,91±0,29	-0,55±0,59	-0,87±0,35	+0,97±0,17	+0,87±0,35
	Г-13	-0,53±0,49	-0,49	+0,98±0,12	-0,31	-0,21	+0,32	-0,88±0,27	-0,64±0,44
Варденисский хребет	В-19	+0,84±0,38	-0,26	+0,90±0,31	-0,83±0,39	-0,94±0,24	+0,22	-0,96±0,20	+0,90±0,31
	В-27	+0,95±0,22	-1,0	-0,04	+0,99±0,10	-0,34	-0,13	+0,14	+0,18
	В-28	+0,84±0,54	-0,79±0,61	+0,90±0,44	-0,61±0,79	-0,99±0,14	+0,97±0,24	-0,86±0,51	+0,39
	В-21	-0,23	-0,95±0,22	+0,65±0,54	+0,79±0,43	+0,64±0,54	+0,82±0,40	-0,78±0,44	-0,99±0,10
	В-26	+0,41	-0,64±0,54	+0,86±0,36	-0,32	-0,82±0,40	-0,33	-0,53±0,60	+0,08
	В-24	+1,0	-0,91±0,41	-0,42	+0,99±0,14	-0,16	+0,48	+0,93±0,37	-0,19
	В-23	+0,60±0,80	-0,99±0,14	+0,95±0,31	+0,57±0,82	-0,91±0,41	+0,95±0,31	-1,0	-0,48

Таблица 10

Расчет коэффициента корреляции для пары: щелочной элемент-гумус по средним содержаниям их в слое 0-20 см отдельных типов почв

Тип почвы	№ раз-реза, при-копки	Содержание в % на воздушно-сухую почву									
		K		Na		Rb ($\cdot 10^{-3}$)		Li ($\cdot 10^{-3}$)		Гумус ^x	
		%	средн.	%	средн.	%	средн.	%	средн.	%	средн.
Бурая	Разр.1	1,5	1,5	0,76	0,76	4,0	4,0	1,8	1,8	1,7	1,7
Кашта-новая	Разр.10	2,2		4,5		5,9		1,7			
	Разр.2	0,61	1,4	1,3	2,9	5,0	5,5	2,0	1,9	2,1	2,1
Чернозем	Разр.3	1,7		0,63		7,1		4,5		4,2	
	Разр.4	1,2	1,2	0,57	0,64	5,8	6,1	4,5	4,0	7,7	7,3
	Разр.5	1,2		0,35		5,2		4,0		13,5	
	Разр.6	0,88		1,1		6,3		3,1		3,8	
Лесная	Прик.1	2,0		2,9		9,9		0,9		6,9 ^{xx}	
	Разр.7	4,0	1,9	1,4	1,8	12,0	7,7	0,9	1,3	-	8,6
	Прик.2	1,2		1,1		4,3		1,7		-	
	Разр.8	0,30		1,9		4,5		1,7		10,4	
Лугово-степная	Г - 9	1,4		1,1		7,7		5,6		6,4	
	Г - 8	1,2	1,2	1,2	0,99	7,4	7,3	3,7	5,1	4,9	6,4
	В - 19	1,3		0,79		8,5		4,8		7,2	
	В - 27	1,3		1,1		8,7		5,5		7,0	
	В - 28	0,94		0,74		6,1		6,0		6,6	
Горно-луговая	Г-18	0,83		0,58		5,4		6,7		14,6	
	Г - 10	1,1		0,82		8,0		3,6		7,8	
	Г - 11	1,1		0,82		5,8		4,2		9,9	
	Г - 12	1,1		0,94		7,7		5,1		13,2	
	Г - 15	0,97		0,56		7,2		4,1		14,1	
	Г - 13	0,72	1,1	0,86	0,81	3,9	6,6	2,5	4,7	6,9	13,7
	В - 21	1,3		0,81		6,1		4,4		13,5	
	В - 26	1,2		0,85		8,9		3,9		8,8	
	В - 24	1,3		1,1		6,9		8,6		14,3	
	В - 23	0,91		0,79		6,5		5,3		15,3	
	Разр.8	1,5		0,54		6,1		6,0		16,4	
	Разр.11	1,2		0,74		4,7		6,7		21,9	
	Разр.12	0,81		0,91		7,7		3,8		21,9	
Коэффициент корреляции для (r)		K - гумус		Na - гумус		Rb - гумус		Li - гумус			
		- 0,30		- 0,45		+0,65-0,38		+0,60-0,39			

^x Данные гумуса взяты из работы Г. С. Давыдова и Г. Б. Бабаяна (3)

^{xx} Взято из работ Лаборатории радиационной агрохимии ИАПХ.

(в 1). В остальных 5 разрезах корреляция отрицательная или выражена слабо. Положительная связь лития с глиной обнаружена лишь в трех разрезах, в двух она отрицательная, в остальных отсутствует.

Наиболее четко выражена связь между содержанием рубидия и гумуса. Коэффициент корреляции для этой пары в большинстве разрезов положительный и колеблется в пределах 0,85–0,99; в двух он несколько ниже и только в разрезах В-27 и В-24 отсутствует. Коррелятивная зависимость между рубидием и глиной в некоторых случаях положительная (4 разреза), а в других – отрицательная (главным образом, для почв Варденисского профиля).

Таким образом, в лугово-степных и горно-луговых почвах щелочные элементы по тесноте связи с гумусом располагаются в убывающий ряд: $Rb > Li > K > Na$. Связь с глиной для всех элементов выражена нечетко и неоднозначно. Надо отметить, что неоднозначность коэффициентов корреляции между рассматриваемыми параметрами для одного и того же типа почв указывает на многообразие факторов, значительно усложняющих механизмы явлений – степень выщелоченности, содержание карбонатов, кальция и другие (16,30–32).

Коэффициенты корреляции между содержанием щелочных элементов и гумуса были рассчитаны также для всех исследуемых типов почв по их усредненным данным (табл. 10). Полученные данные не выявили определенной зависимости между содержанием калия и гумуса, что хорошо согласуется с данными Авакяна (7). Для натрия подтверждается отрицательная корреляция ($r = -0,45$). Хорошо выражена эта связь для рубидия ($r = +0,65$) и лития ($r = +0,62$). Эти данные также подтверждают вышеуказанную зависимость щелочных элементов от содержания гумуса.

Чем же объяснить, что только Rb и Li показывают положительную зависимость от содержания гумуса в почве?

Органогенность элемента является основным фактором, обуславливающим его накопление в гумусовом горизонте почв. Из исследуемых элементов наиболее важным для организмов является калий, однако мы не обнаруживаем тесной корреляционной связи его с гумусом. Остальные щелочные элементы (рубидий, затем литий) также принимают участие в метаболизме живой материи, однако не в такой мере, как калий.

Другой важный фактор – ионные взаимосвязи. По величине ионных радиусов, обуславливающих энергию поглощения, Rb и Li стоят в противоположных концах ряда, в связи с чем литий должен вести себя сходно с натрием, т.е. легко десорбироваться и вымываться из почвы. Поэтому следовало ожидать, что связь лития с гумусом должна быть слабой, чего, однако, не наблюдается.

Здесь, очевидно, большое значение приобретают количественные соотношения элементов. Исследованиями Титляновой (33) установлено, что микроколичества щелочных элементов (Rb , Cs) не подчиняются закономерностям ионного обмена, а именно; при уменьшении концентрации, например, рубидия, с 1% даже меньше, чем на порядок процент десорбции резко падает и остается постоянным во всем исследуемом интервале концентраций (0,25–0,00004%). Исходя

из этого, можно предположить, что количественный фактор является решающим в распределении микроколичеств (Rb , Li) в почвах, наряду с органогенностью и величиной ионного радиуса.

Представляют интерес и взаимосвязи элементов-аналогов $Rb - K$ и $Li - Na$. Установлено, что коэффициент корреляции для пары $Rb - K$ в 14 разрезах и прикопках (из 26) положительный, в 6 отрицательный, в остальных корреляция отсутствует. Для пары $Li - Na$ корреляция в 14 пунктах отрицательная, в 4 положительная, в 8 корреляция отсутствует. Эти данные указывают на большее сходство поведения рубидия и калия в почвах по сравнению с литием и натрием.

Известно, что отношение Rb / K может служить одним из критериев для оценки миграционных связей. Полученные нами отношения Rb / K для различных почв АрмССР близки с данными для почв Европейской части СССР (8,11). С глубиной отношение Rb / K или распределяется равномерно, или уменьшается. Отношение Li / Na в почвах с глубиной, за редким исключением, уменьшается. Уменьшение величины отношений Rb / K и Li / Na с глубиной почвы указывает на расхождение путей миграции элементов-аналогов из-за более сильного поглощения в гумусовых горизонтах рубидия по сравнению с калием и лития - с натрием. Эти показатели подтвердили результаты корреляционного анализа (табл. 10).

В табл. 11 приведены усредненные данные содержания щелочных элементов в различных типах почв АрмССР (в слое 0-60 см), которые показывают, что содержание рубидия и лития (исключение для последнего составляют лесные почвы) повышается от малогумусных почв к почвам с большим содержанием органики.

Таблица 11

Среднее содержание щелочных элементов в различных типах почв АрмССР (в слое 0-60 см)

П о ч в ы	Число раз- резов, прикопок	% на воздушно-сухое вещество			
		K	Na	Rb ($\cdot 10^{-3}$)	Li ($\cdot 10^{-3}$)
Бурая	1	1,5	0,9	4,1	2,0
Каштановая	2	1,3	2,7	5,7	3,4
Чернозем	4	1,3	0,7	6,0	4,2
Лесная коричневая	4	1,2	1,7	6,5	1,5
Лугово-степная	5	1,1	1,0	6,7	4,9
Горно-луговая	14	1,1	1,0	6,3	4,3

Средние показатели их равны соответственно $6,2 \cdot 10^{-3}\%$ и $4,0 \cdot 10^{-3}\%$ и близки к данным, установленным для почв Европейской части СССР ($Rb - 6,0 \cdot 10^{-3}\%$, $Li - 3,0 \cdot 10^{-3}\%$). Среднее содержание калия и натрия в почвах АрмССР по нашим данным составляет соответственно 1,2% и 1,1% и колеблется в пределах, близких к литературным данным.

Вышеприведенные факты указывают на большую роль биологических факторов в накоплении и распределении рубидия, лития и калия в почвах. Немаловажную роль играют также и другие факторы, такие,

как климат, материнская порода, рельеф, экспозиция и т.д.

Данные показали, что при одинаковом среднем содержании Na (1,0%) и Li (0,0043%) в почвах Варденисского и Гегамского профилей среднее содержание калия и рубидия в почвах Варденисского профиля несколько выше (соответственно 1,1% и 0,0067%), чем в почвах Гегамского профиля (1,0% и 0,0062%). Это в определенной мере подтверждает предположение Завалишина (34) и Гинзбурга (35) об образовании почв Варденисского профиля от более кислых пород-андезитов, распространенных в вершинных частях Варденисского хребта, основанное на том, что минералогический состав этих почв не соответствует базальтам, на которых они образовались.

Исследования выявили также аномалию на территории Дилижанской лесной агрохимической станции (ДИЛАС), почвы которой отличаются почти вдвое большим содержанием калия и рубидия и пониженным — лития (разрез 7, прикопка 1). Изучение причин аномалии, а также установление границы распространения ее подлежат специальным исследованиям.

В ы в о д ы

1. Содержание щелочных элементов в исследованных почвах Арм. ССР (в слое 0-60 см) колеблется в пределах: K — 0,6-2%, Na — 0,4-4%, Rb — $4,1-9,2 \cdot 10^{-3}\%$, Li — $1,9-8,6 \cdot 10^{-3}\%$. Расчеты показали, что среднее содержание Rb и Li, составляющее, соответственно $6,2 \cdot 10^{-3}\%$ и $4,0 \cdot 10^{-3}\%$, близко к данным для почв Европейской части СССР. Для K оно оказалось равным 1,2%, а для Na — 1,1%.

2. Отмечается прямая коррелятивная зависимость между содержанием редких щелочных элементов и гумуса в различных типах почв: $r(Rb - \text{гумус}) = +0,65$, $r(Li - \text{гумус}) = +0,60$. Для K и Na четкой зависимости не установлено.

3. Связь между редкими щелочными элементами и гумусом отмечается также при их распределении по профилю почвы: в подавляющем большинстве разрезов и прикопок зависимость между Rb и гумусом положительная; такая же картина, хотя и менее выраженная, отмечалась для Li. Связь Na с гумусом, как правило, обратная, а для K четкой картины не наблюдается.

4. Корреляционный анализ показал заметное сходство путей миграции элементов-аналогов Rb и K и существенное расхождение аналогов Li и Na: из 26 разрезов и прикопок для пары Rb — K в 14 наблюдалась положительная связь; для пары Li — Na положительная зависимость отмечалась лишь в 4 разрезах.

5. Исследование почв по вертикальным профилям трех горных массивов показало, что вверх по профилю г. Арагац содержание калия в почвах закономерно уменьшается. Такая же картина относительно калия и натрия отмечается и в почвах Гегамского профиля. Изменение содержания рубидия и лития в почвах Гегамского профиля и г. Арагац не подчиняется определенной закономерности.

Для Варденисского хребта четко выраженных закономерностей в изменении содержаний щелочных элементов в почвах вверх по его вертикальному профилю не наблюдается.

ԱԼԿԱԼԻԱԿԱՆ ՏԱՐՐԵՐԻ (K, Na, Rb, Li) ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ
ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ՀՈՂԵՐԻ ՄԵՋ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հետազոտվել են Հայկական ՍՍՀ կարեւորագույն հողատիպերը՝ գորշ, շագանակագույն, սեւահողերը, անտառային և լեռնամարգագետնային, ինչպես նաև այն հողերը, որոնք տարածված են ըստ Արագածի, Վարդենիսի և Գեղամա լեռնաշղթաների պրոֆիլների: Ալկալիական տարրերի միջին պարունակությունը հետազոտվող հողերում կազմում է Rb-0,0062%, Li-0,0040%, K-ի և Na-ի համար այն համապատասխանաբար հավասար է 1,2% և 1,1%: Հումուսի և հազվագյուտ ալկալիական տարրերի (Rb, Li) միջև գտնվել է ուղիղ կոռելյատիվ կախվածություն: K-ի համար պարզ արտահայտված կոռելյացիա չի նկատվել, իսկ Na-ի համար այդ կապը բացասական է: Հողերում նկատվել է K-ի պարունակության օրինաչափ նվազում դեպի վեր ուղղածից պրոֆիլներով: Հազվագյուտ ալկալիական տարրերի համար պարզ արտահայտված օրինաչափություն չի նկատվել:

L. A. Arartyan, V. L. Ananyan

CONTENTS OF ALKALIC ELEMENTS IN THE SOILS OF THE ARMENIAN SSR

Summary

The main soil types of the Armenian SSR have been discussed, including the brown, chestnut and mountainous-meadow soils, as well as those which are spread over the 3 profiles of the Aragats, Vardenis and Gegham mountain ridges. The average contents of alkalic elements in the investigated soils is respectively 0,0062% for Rb., 0,0040% for Li, 1,2% for K, and 1, 1% for Na. A direct correlative dependence between the humus and the rare alkalic elements (Rb, Li) has been found. K showed no clearly defined correlation, while for Na that link showed to be negative. A regular decrease in the contents of K in the upward profiles has been observed. No clearly defined regularity was observed for the rare alkalic elements.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Вернадский. К вопросу о химическом составе почв. "Почвоведение", № 1, 1913, с. 1-21.
2. В. И. Вернадский. Биосфера. Изд-во "Мысль", М., 1967.
3. Г. С. Давтян, Г. Б. Бабаян. Комплексные агрохимические исследования почв Армении. "Агрохимическая характеристика почв СССР", Изд-во "Наука", М., 1965, с. 145-291.
4. Б. Н. Аствацатрян. Агрохимическая характеристика полупустынных каменистых почв предгорной зоны Армении. (автореф. канд. дисс.) 1960.

5. Н. О. Авакян. Формы калия в некоторых типах почв Армении. "Тр. НИИ почвоведения и агрохимии МСХ Арм ССР", вып. 1У, 1968, с. 468-482.
6. Н. О. Авакян. Почвенный поглощающий комплекс и калийное питание растений. "Агрохимия", № 8, 1969, с. 35-43.
7. Н. О. Авакян. Агрохимия калия почв Армении (дисс. на соиск. уч. степ. доктора с.-х. наук) 1971.
8. Т. Ф. Боровик-Романова. Рубидий в биосфере. "Тр. биохимической лаборатории АН СССР", т. 8, 1946, с. 145-180.
9. А. П. Виноградов. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. Изд-во АН СССР, М., 1957.
10. Д. Н. Иванов. Содержание редких щелочных элементов в почвах. "Почвоведение", № 2, 1954, с. 32-45.
11. А. П. Виноградов, Т. Ф. Боровик-Романова. Щелочи Li, Na, K, Rb (и Cs) в почвах СССР. Сб. "Проблемы сов. почвоведения", № 15, 1949, с. 23-30.
12. L. Steinkoenig. Lithium in soils. „J. Ind. Eng. Chem., 7. 5. 1915.
13. Д. Н. Иванов, В. С. Муратова. Распространение лития в засоленных почвах. "Тр. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева", т. XL 1У, 1954, с. 294-301.
14. Л. А. Головина. Содержание лития в почвах Украины и влияние его как микроэлемента на урожай и сахаристость свеклы (автореф. канд. дисс.) Харьков, 1964.
15. П. В. Ивашов, В. В. Бардюк. Литий, рубидий и цезий в почвах на редкометальном месторождении Дальнего Востока. "Биологическая роль микроэлементов и их применение в с.х. и медицине. т. 1, Ленинград, 1970, с. 145-146.
16. А. Н. Гюльяхмедов, Э. А. Мугалинская. Содержание лития в основных типах почв Азербайджана. "Почвоведение", № 7, 1970, с. 65-71.
17. Л. А. Араратян. О содержании рубидия и калия в некоторых почвах Армении. "Биол. журн. Армении", АН Арм ССР, т. XXIУ, №3, 1971.
18. Л. А. Араратян, Г. М. Каракешисян. Содержание Rb и K в почвах по профилю Гегамского и Варденисского хребтов. "Сообщения Ин-та агрохимич. проблем и гидропоники АН Арм ССР", т. XIУ, 1974, с. 137-144.
19. Л. А. Араратян. Миграция щелочных элементов (K, Na, Rb, Li) в системе почва-растение в условиях Армянской ССР (автореф. канд. дисс.) Ереван, 1974.
20. В. Л. Ананян, Л. А. Араратян. О поведении щелочных элементов K, Na, Rb, Li в системе почва-растение в условиях горных лугов. "Агрохимия", № 12, 1973., с. 86-92.
21. А. П. Виноградов. Микроэлементы в жизни растений и животных. Изд-во АН СССР. М., 1952.
22. В. И. Вернадский. Об анализе почв с геохимической точки зрения. "Почвоведение", № 1, 1936, с. 8-16.

23. Р. Х. Айдинян. Распределение редких щелочей в коллоидах почв и участие растительности в этом процессе. "Теохимия", № 4, 1959, с. 346-357.
24. Б. Н. Аствацатрян. О фиксации калия в полупустынных каменистых почвах предгорной зоны Армении. Докл. АН АрмССР т.30, № 4, 1960, с. 235-238.
25. А. Л. Ковальский. Зависимость содержания некоторых микроэлементов от глинистости почв. Сб. "Микроэлементы в биосфере и их примен. в с.х. и медицине Сибири и Дальнего Востока", 1967, с. 141-149.
26. И. М. Овсепян, З. С. Авунджян, К. Г. Мелконян. Высокогорные почвы Гегамского хребта. "Тр. Ин-та почвоведения и Агрохимии МСХ АрмССР", вып. У, 1970, с. 59-86.
27. Г. М. Каракешишян. Агрохимические свойства почв Варденисского хребта. "Материалы научной конференции молодых ученых". Изд-во Ер.Гос.университета (на арм. яз.). 1971, с. 55-58.
28. Г. М. Каракешишян. Агрохимические свойства почв Гегамского хребта. "Биол. журнал Армении", т. XXIII, № 6 (на арм. яз.) 1970, с. 68-72.
29. R. Mocady, S. Shainberg, E. Bresler. Cation exchange phenomena as affected by the soil moisture content. 1. Cation exchange capacity. „Radioisotopes Soil-Plant Nutrition Studies," Vienna, 1962.
30. А. И. Баева, Э. А. Мугалинская. Содержание лития и тория в желтоземно-подзолистых почвах. "Изв. АН Аз. ССР", сер. биол. наук, 1970, с. 69-72.
31. A. I. Maclean. Fixation of potassium in some Canadian soils. „Canadian j. Soil Science," 42. 1. 1962
32. Wallace Arthur. Low root temperature, calcium and nitrate ion interaction on nonexchangeable rubidium, cesium and sodium absorption by bush beans. „Plant and soils," 34, 1, 1971
33. А. А. Титлянова. О поведении цезия и рубидия в почвах. "Почвоведение", № 3, 1962, с. 53-61.
34. А. А. Завалишин. Почвы южного берега озера Севан. Сб. "Бассейн оз. Севан (Гокча)", т. II, вып. 2, Л., 1931, с. 7-73.
35. А. С. Гинзбург. Геолого-петрографическое описание южного побережья оз. Севан. "Бассейн оз. Гокча (Севан)", т. II, вып. 1, Л., 1930.