

Н. И. БАЗИЛЕВИЧ и Л. Е. РОДИН

ОСОБЕННОСТИ МАЛОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ЗОНАХ

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 17 V 1954)

Никто более ярко, чем В. И. Вернадский⁽³⁾, не показал роль живых организмов на земной поверхности. «Течение определенных процессов жизни» находит свое выражение в биогеоценозе, который представляет собой такой участок земной поверхности, где слагающие его элементы образуют «единый внутренне взаимообусловленный комплекс»⁽⁸⁾. Как правильно отмечает В. Н. Сукачев, при изучении биогеоценозов основное внимание должно быть направлено на процесс превращения вещества и энергии.

В настоящей статье мы пытаемся показать, что взаимоотношения между растительностью и почвой в форме малого круговорота зольных элементов имеют яркие отличия в пределах различных природных зон.

Минеральный обмен между почвой и лесными растительными сообществами был изучен наиболее полно К. М. Смирновой⁽⁷⁾ * и Н. П. Ремезовым⁽⁶⁾.

Наиболее типичными для таежной подзолистой зоны Европейской части СССР являются ельники зеленомошники из *Picea excelsa* с *Pleurozium schreberi* *Hylocomium proliferum*.

Запас сухой массы (в возрасте 40—90 лет) составляет 2522 ц/га (1940 ц/га надземной части и 582 ц/га корней). С годичным отпадом хвой и отмершими деревьями ежегодно поступает 79 ц/га (табл. 1, рис. 1). При весьма невысокой общей зольности ели (от 0,4 до 5,5%) наиболее обогащена зольными элементами хвоя, меньше — ветви и корни и менее всего — ствол. В хвое преобладают SiO_2 , CaO и K_2O ; в стволе содержание SiO_2 резко падает, но возрастают значения CaO и SO_3 ; для корней характерно накопление R_2O_3 и повышение отношения $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$. Азота, так же как и P_2O_5 более всего в хвое. Молекулярные отношения $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ в живом растении колеблются от 0,4 до 4,0 (рис. 2).

Общее поступление зольных элементов и азота с отпадом выражается величиной 123 кг/га в год; основная доля их падает на CaO 33 кг/га, N 26 кг/га, SiO_2 15 кг/га и K_2O 14 кг/га. Остальная часть представлена R_2O_3 11 кг/га, P_2O_5 9 кг/га, SO_3 9 кг/га, MgO 6 кг/га (рис. 1). Отношение $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ колеблется от 2,5 до 3,0.

При анализе зольного состава лесных подстилок обращает на себя внимание: 1) более высокая зольность подстилок, 2) резкое как относительно, так и абсолютное уменьшение P_2O_5 и K_2O , выраженное накопление SiO_2 и стабилизация Fe_2O_3 . Основным фактором, определяющим судьбу зольных элементов подстилок, является характер разложения и превращения органического вещества. Развитие особой микрофлоры

* Приводимые ниже характеристики для формации таежных лесов почерпнуты нами из этой работы. Нами также проведена графическая обработка этих материалов и произведен расчет средних показателей, которыми мы в дальнейшем и оперируем.

приводит к образованию в хвойно-моховых лесах прубого гумуса с малым содержанием гуминовых кислот, появлению свободных органических кислот и господству кислой реакции. Для нейтрализации кислот, освобождающихся при минерализации опада, нехватает оснований (6). Поэтому значительная часть зольных элементов выщелачивается и поступает в большой геологический круговорот. Наблюдается лишь абсолютное и относительное накопление кремнезема: отношение $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ в процессе разложения лесной подстилки возрастает до 27,2.

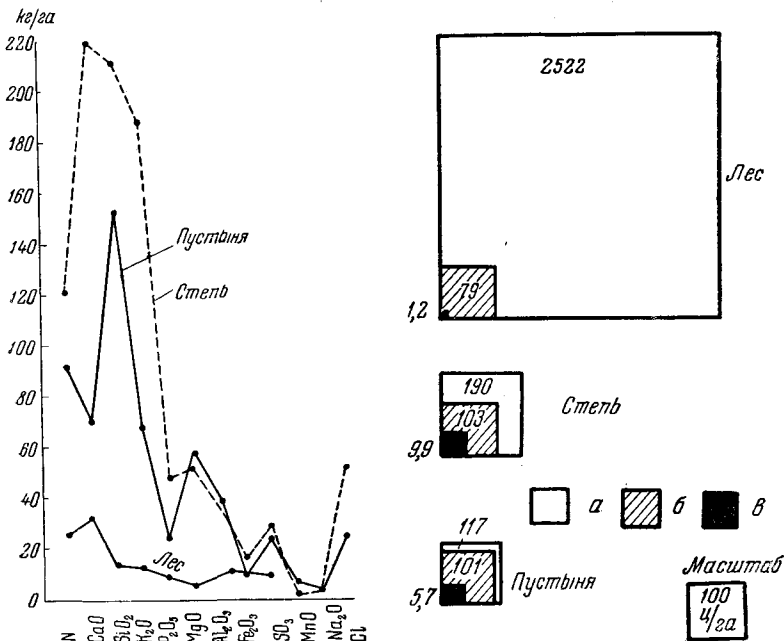


Рис. 1. Соотношение сухой органической массы (а), опада (б) и ежегодно вносимых зольных веществ и азота (в)

Совершенно иная картина наблюдается в степной черноземной зоне. Травянистая растительность, в отличие от древесной, характеризуется большим накоплением зольных элементов (до 8—10%) и преобладанием K_2O над CaO (лишь в корневых системах содержание CaO превышает содержание K_2O) *. По составу зольных элементов довольно резко выделяются две группы растений — бобовые и злаки. В первых преобладает K_2O (15—40% к золе), затем CaO (12—30%); у вторых SiO_2 (50—60%). Содержание CaO у злаков 6—8%. В степных растениях отмечено также возрастание Cl отчасти Na_2O (табл. 2, рис. 2). Содержание азота в степных травах около 1,2—1,5%, в их корневых системах — несколько менее 1%.

Для характеристики картины общего поступления зольных элементов с опадом в степной зоне приведем материалы для черноземных луговых степей Западно-Сибирской низменности. Здесь отмечены следующие виды растений: *Calamagrostis epigeios*, *Poa pratensis*, *Stipa Joannis*, *Filipendula hexapetala*, *Lathyrus pratensis*, *Medicago falcata* и др. Урожай надземной массы составляет около 60 ц/га, запасы корневых масс 150 ц/га (в слое 0—40 см). В опад ежегодно поступает вся надземная масса и около 1/3 корней.

Общее поступление зольных элементов выражается величиной 833 кг/га, поступление азота составляет 121 кг/га. Эти величины близки

* В корнях отмечено также возрастание содержания R_2O_3 .

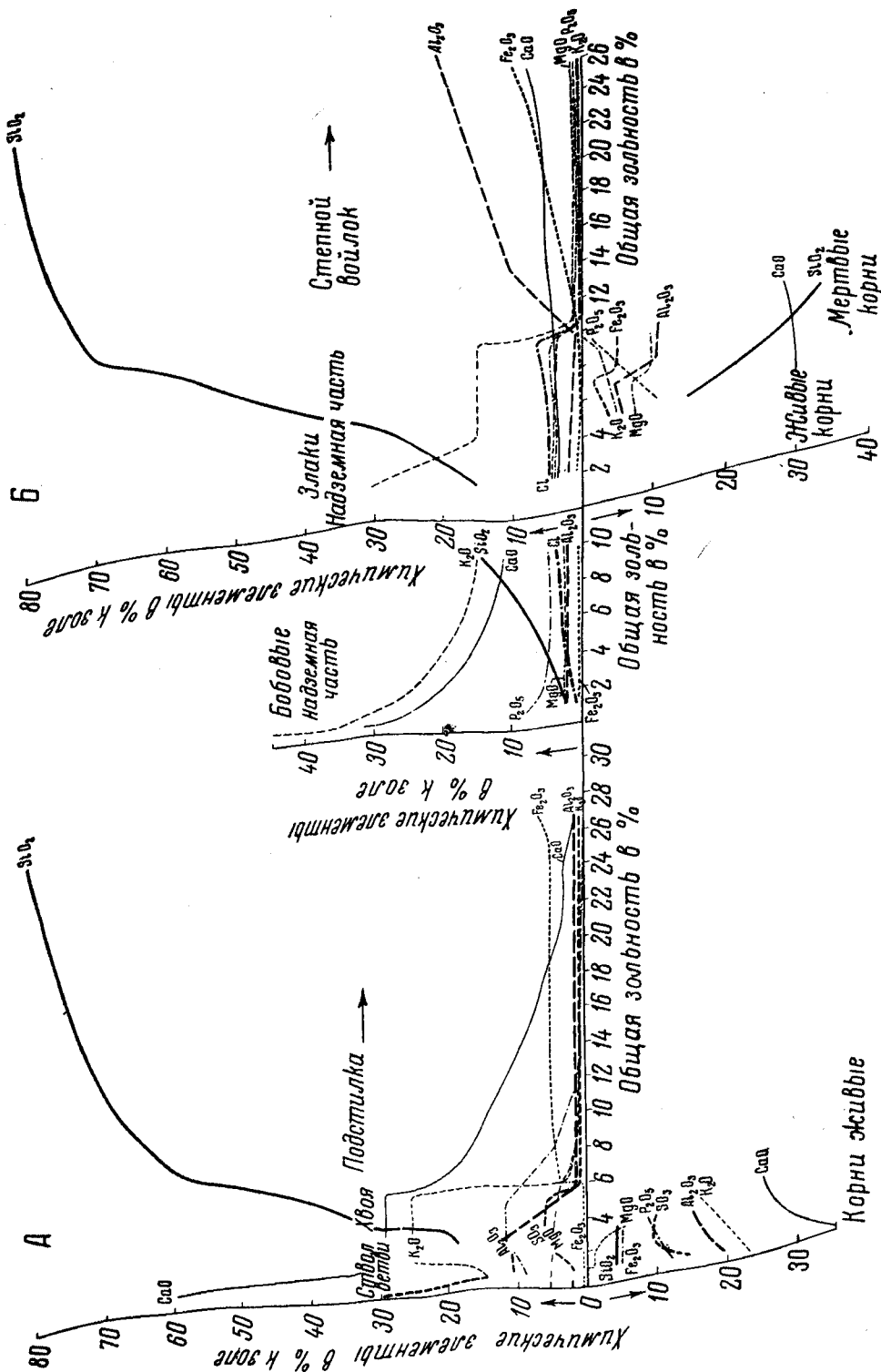


Рис. 2. Общая зольность и состав золь живых и отмерших растений. А — лесная, таежная зона, ельники. Составлено по материалам Быковой, Новороссовой, Ремезова, Смирновой, Эбермайера. Б — степная зона, луговые разнотравные степи. Составлено по материалам Айдиняна, Ларина, Томмэ и авторов

Таблица 1

Количество сухой органической массы, массы, поступающей ежегодно в отпад, зольных элементов и азота, вовлекаемых в малый биологический круговорот в некоторых почвенно-растительных зонах

Растительное сообщество. Почва	Сухая органич. масса в ц/га			Ежегодно поступает в отпад сухой органич. массы в ц/га			Зольных элементов в кг/га			Азота в кг/га			Источник
	надземной	корни	всего	надземной	корни	всего	от надземн. части	от корней	итого	от надземн. части	от корней	итого	
Лесная зона													
Ельник зеленомошник*. Под- золистые почвы	1940	582	2522	—	—	79	—	—	97	—	—	26	(¹)
Степная зона													
Луговая разнотравная степь. Черноземные почвы	60	130	190	60	43	103	536	297	833	81	40	121	Н. И. Базиле- вич
Пустыня													
Эффемеровый полынник. Се- роземы	26	92	110	23	78	101	164	341	475	33	59	92	Н. И. Базиле- вич и Л. Е. Родин

* По средним данным для возраста от 40 до 90 лет.

к величинам, установленным Н. П. Ремезовым для заповедных луговых степей Европейской части СССР (⁶).

Основными компонентами зольных веществ и для степной зоны являются CaO , SiO_2 и K_2O (220, 212 и 190 кг/га, соответственно), но роль K_2O здесь более значима. Довольно много поступает MgO и P_2O_5 (52 и 48 кг/га), а также хлора (51 кг/га). Поступление SO_3 составляет 29 кг/га, Al_2O_3 36 кг/га и Fe_2O_3 16 кг/га. Отношение $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ выражается величиной 7,8, т. е. гораздо больше, чем для лесной таежной зоны. Однако процессы минерализации отпада, в противоположность последней, протекают в направлении снижения этого отношения до величин, близких к 4,0 *. При этом отмечаются увеличение общей зольности степного войлока, утрата (потребление?) K_2O , P_2O_5 , Cl , Na_2O , выраженное накопление R_2O_3 , особенно Al_2O_3 , стабилизация SiO_2 и закрепление CaO и MgO (¹, ²). Те же явления прослеживаются и при минерализации корней (¹).

Таким образом, в степной зоне происходит накопление как раз тех химических элементов и в таких соотношениях, которые являются характерными при образовании вторичных глинных почвенных минералов. Это обстоятельство было замечено еще Б. Б. Полыновым (⁵) и обосновано Р. Х. Айдиняном (¹) при изучении первых стадий почвообразования на массивно-кристаллических породах и получило развитие в ряде других работ Полынова, Ремезова и Айдиняна.

Очевидно, для степных формаций, благодаря особенностям минерализации — гумификации органических остатков **, типичны ярко выраженные процессы синтеза вторичных глинных минералов из продуктов

* Эта величина отвечает отношению $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ в глинных минералах группы монтмориллонита.

** При полной нейтрализации образующихся гуминовых кислот освобождающимися в избытке зольными элементами.

минерализации растений и формирование мощного коллоидного органо-минерального комплекса почвы, способного удержать в адсорбированном состоянии большие количества Са и MgO. В миграции последних могут приобретать лишь некоторое значение процессы свободно идущей в степях нитрификации белковых соединений и образования хорошо растворимых $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.

Остановимся еще на характеристике круговорота зольных элементов в пустынной зоне. Объектом исследований последней послужили сообщества эфемеровых полынных, развитых на сероземах низких предгорий Копет-дага. Эдификаторами здесь являются полынь — *Artemisia badhysi*, мятлик *Poa bulbosa* с участием различных эфемеров (например, *Paraver pavonicum*, *Leptaleum filifolium*, *Koelpinia linearis* и мн. др.) и эфемероидов (*Allium albanum*, *Bunium longipes*, *Scorzonera pilosella* и др.). Урожай сухой надземной массы растений составляет около 26 ц/га, запас корней в слое 0—40 см 92 ц/га. Согласно расчетам, в отпад ежегодно поступает 23 ц/га надземной массы и 78 ц/га корней. Содержание золы в надземной части растений 5—8%, в корнях 3—4%. В надземных однолетних побегах преобладают K_2O , СаО, в злаках SiO_2 , в полыни, кроме того, Na_2O ; для корней отмечено более активное накопление СаО, R_2O_3 . Содержание азота в надземной части 1,4%, в корнях 0,8%.

Общее поступление зольных элементов и азота составляет 567 кг/га ежегодно*, в том числе азота 92 кг/га. Основная масса представлена вновь тремя ведущими элементами: SiO_2 153 кг/га, СаО 70 кг/га, K_2O 68 кг/га. Однако здесь заметно возрастает доля MgO — до 58 кг/га. Содержание галофильных элементов (Na_2O , Cl) не более 5% (4 и 22 кг/га, соответственно).

Процессы минерализации растительных остатков в пустынях совершаются чрезвычайно быстро и характеризуются весьма слабой гумификацией, образованием подвижных органических соединений, свободных минеральных соединений и полной нитрификацией. Синтез вторичных глинных минералов имеет здесь подчиненное значение. В этих условиях может иметь место образование вторичного биогенного кальцита, отчасти гипса.

В заключение следует подчеркнуть, что при колебании содержания зольных элементов в растениях таежной, степной и пустынной зон от 0,5 до 10%, основными химическими элементами во всех случаях являются СаО, K_2O и SiO_2 . Ежегодное поступление зольных веществ максимально в степной зоне и минимально в таежной — лесной. Процессы разложения отпада в таежной зоне приводят к выщелачиванию почти всех зольных элементов, исключая кремнезем. Для степной зоны характерны процессы синтеза вторичных глинных минералов из высвобождающихся в процессе минерализации растительных остатков химических веществ, формирование органо-минерального коллоидного комплекса и закрепление Са и Mg. В пустынях ведущее значение приобретают процессы полной минерализации органической части и накопления простых минеральных соединений.

Поступило
15 V 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Р. Х. Айдинян, ДАН, 67, № 4 (1949); Почвоведение, № 9 (1953); № 1 (1954).
² Н. Н. Большев, там же, № 11 (1947). ³ В. И. Вернадский, Биосфера, 1926, стр. 25. ⁴ В. А. Ковда, Почвоведение, № 4—5 (1944). ⁵ Б. Б. Полюнов, там же, № 7 (1945); № 10 (1948); Сборник Вopr. геогр., № 33, 1953. ⁶ Н. П. Ремезов, Почвоведение, № 4 (1948); № 5 (1951); № 12 (1953). ⁷ К. М. Смирнова, Вестн. МГУ, № 3 (1951). ⁸ В. Н. Сукачев, Юбил. сборн., посвящ. 30-летию Вел. Окт. Соц. рев., 2, Изд. АН СССР, 1947. ⁹ А. Е. Ферсман, Геохимия, 2, 1934.
¹⁰ А. К. Ярцева, Докл. ТСХА, в. 4 (1946).

* В. А. Ковда (1944) только для надземной массы пустынных формаций указывает величину 100—200 (350) кг/га.