



Биол. журн. Армении, 1-2 (60), 2008

УДК 581.132:581.17:581.193

ИНТЕНСИВНОСТЬ МИГРАЦИИ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТРАВЯНЫХ ЦЕНОЗАХ ПО ВЫСОТНЫМ ПОЯСАМ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Р.Г. РЕВАЗЯН, А.Г. САКОЯН, Э.А. САФРАЗБЕКЯН

*Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА Ереван,
E-mail: eco-centr@mail.ru*

Дана комплексная оценка форм миграции и баланса биогенных элементов в горных экосистемах по высотному диапазону абсолютных высот (1900-3285 м). Показано, что наибольшая трансформация потока веществ в горных экосистемах происходит в почвенно-биотическом блоке лугостепного пояса.

Установлен ряд закономерностей, характеризующий специфику биогеохимической цикличности, обладающей различной емкостью и интенсивностью в зависимости от высотных поясов и позволяющей решать не только экологическую, но и задачу повышения первичной биологической продуктивности травяных ценозов.

Տրված է լեռնային էկոհամակարգերում ըստ բացարձակ բարձրության սահմանների (1900-3285 մ) կենսածին տարրերի միգրացիայի և հաշվեկշռի ձևերի կոմպլեքս գնահատում: Պարզված է, որ լեռնային էկոհամակարգերում տարրերի հոսքի ամենամեծ տրանսֆորմացիան կատարվում է մարգագետնա-տափաստանային գոտու հողաբիոտիկ բլոկում:

Բացահայտված են մի շարք օրինաչափություններ, որոնք բնութագրում են տարբեր տարողունակությամբ և ինտենսիվությամբ օժտված կենսաերկրաբանական ցիկլայնության յուրահատկությունը, կապված բարձր գոտիականության հետ: Այդ օրինաչափությունները թույլ են տալիս լուծել ոչ միայն էկոլոգիական, այլ նաև առաջնային կենսաբանական արդյունավետության բարձրացման խնդիրներ խոտային ցենոզներում:

We provided a complex assessment of migration and balance of biogen elements in mountain ecosystems by altitudinal range of absolute height (1900-3285 m). As indicated, maximal transformation of element flow in mountain ecosystems is common to a soil-biotic block of meadow-steppe belt.

We established a series of regularities characterizing the specificity of biogeochemical cyclisity which capacity and intensity depends on altitudinal belts. The established regularities allow solving ecological problems and achieving the improvement of primary biological productivity of grasslands.

*Биогеохимическая цикличность - биогенные элементы -
лизиметрические растворы - баланс элементов*

Вопросы миграции химических элементов в пределах экосистем на современном этапе приобретают особое значение в связи с факторами, определяющими биогеохимические циклы, которые отражают не только их экологическую сущность, но и продукционно-деструкционные процессы. Последние причастны как к решению проблем охраны окружающей среды, так и к повышению первичной биологической продуктивности.

В целях решения комплексной задачи биогеохимическая цикличность и баланс биогенных элементов изучались нами во всей совокупности потоков веществ с учетом их поступления с атмосферными осадками, распределения химических элементов по структурным компонентам фитоценозов и выщелачивания в инфильтрационные воды.

Миграция химических веществ сопровождается их перераспределением по профилю почвы в результате процессов растворения, обменных реакций, выноса их из корнеобитаемого слоя [4]. Особую ценность представляют лизиметрические исследования, которые позволяют оценить потери питательных веществ вследствие выщелачивания в условиях, близких к природным [9].

Программа исследований предусматривала изучение миграционных процессов и определение интенсивности разных форм миграции биогенных элементов в различных географических поясах Арагацкого массива.

Материал и методика. Объектами исследования были выбраны южные склоны Арагацкого массива. Комплексные исследования, характеризующие современное состояние экосистем, проводили по высотной поясности (диапазон абсолютных высот 1900-3285 м) и выполнены на ландшафтно-геохимическом уровне.

Методическую основу исследований составляет изучение биогеохимии основных компонентов экосистемы и миграционных потоков веществ.

Для выражения интенсивности миграции мы воспользовались подходами Титляновой [8].

Интенсивность абиотической миграции I_a (кг/га·год) определяется общим объемом входа - поступления атмосферных осадков в экосистему и выхода-стока, проходящего через полуметровую почвенную толщу (в лизиметрические растворы):

$$I_a = I_t + I_w,$$

где I_t – поступление, I_w – выщелачивание, кг/га·год.

Интенсивность биотической миграции I_b (кг/га·год) определяется чистой первичной продукцией и элементным составом фитомассы, а также поступлением элемента с возвращаемой массой (стерня, опад и корни) и выносом элемента с отчуждаемой фитомассой (сено):

$$I_b = P \cdot K,$$

где P – продуктивность, K – концентрация элемента.

Для характеристики общей миграции нами предложена интенсивность биогеохимической цикличности, которая определяется суммой интенсивности абиотической и биотической миграций:

$$I_{\text{БГХЦ}} = I_a + I_b$$

Полевые работы в пределах лугостепного и альпийского поясов проводили на серии ключевых участков (в типичных условиях экосистем высотного ряда) и включали отбор проб: почв, растений и вод (атмосферные осадки, лизиметрические растворы). Число проб по обоим поясам за 2005-2007гг. составляет 300, число анализов 660.

Изучение вертикального почвенного стока проводили лизиметрическим методом. Плосковрезанные лизиметры были установлены под горизонтами почв, при этом не нарушая растительного покрова и подстилки и в наименьшей степени деформируя строение и сложение почвы. Отбор лизиметрических вод выполнялся посезонно. Отбор и анализ проб почв и растительности выполняли по общепринятым методам ландшафтно-геохимических и агрохимических исследований [2, 3, 10].

Первым этапом аналитической обработки проб вод было разделение твердой и жидкой составляющих фаз раствора. Определение макрокомпонентов всех проб воды выполняли по стандартным гидрохимическим методикам [1, 7].

Результаты и обсуждение. Миграция химических веществ сопровождается их перераспределением и дифференциацией по профилю почвы в результате процессов растворения, осаждения, выноса и закрепления взвешенных частиц.

Для общей характеристики миграционных процессов почвенно-биотического блока значимым считаем не только изучение форм миграции, но и баланса элементов в экосистеме, позволяющего выявить его регуляторную роль в миграции элементов.

В табл. 1 представлены данные баланса макрокомпонентов в экосистемах лугостепного и альпийского поясов Арагацского массива.

Сопоставление модулей поступления и выноса элементов показывает, что наиболее высокое содержание характерно для гидрокарбонат- и сульфат-ионов. Гидрокарбонат-ион является звеном миграционного потока углерода, включающего как абиотическую, так и биотическую составляющие и отражающего специфику трансформации органического вещества в экосистеме. Достаточно стабилен баланс сульфат- и натрий-ионов.

Поведение кальция с геохимических позиций несколько противоречиво: с одной стороны он выносится со стоком и в то же время в значительном количестве аккумулируется в экосистеме (почве, биомассе, подстилке).

Калий и магний, несмотря на высокую миграционную подвижность и значительные запасы в почве, в основном закрепляются в почве и не выносятся из нее. Баланс калия для обоих поясов положительный, а магния для альпийского пояса положительный, для лугостепного – отрицательный. Хлор, являясь активным водным мигрантом [5], тем не менее в обоих поясах проявляет положительный баланс, т.е. хлор задерживается в экосистеме.

Таблица 1. Баланс макрокомпонентов в экосистемах Арагацкого массива по высотным поясам, кг/га·год (среднее за 2005-2007гг)

Пояса над ур.м., м	Глубина лизиметра, см	NH_4^+	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	HPO_4^{2-}	Сумма
Поступление химических веществ в экосистему с атмосферными осадками												
Лугостепной 2085		4,3	10,3	8,3	35,4	14,5	68,0	44,0	22,0	8,9	0,2	215,9
Альпийский 3270		3,2	7,5	5,6	28,0	8,4	55,2	29,7	13,3	3,7	0,3	154,9
Потери химических веществ из почвы												
Лугостепной 2085	0-50	2,0	3,0	5,0	38,0	15,0	75,9	52,0	10,0	15,0	0,25	215,25
Альпийский 3270	0-50	0,2	4,5	3,9	20,0	5,5	41,5	29,15	6,5	2,2	0,75	114,2
Баланс элементов												
Лугостепной 2085		2,3	7,3	3,3	-2,6	-0,5	-7,0	-8,0	12,0	-6,1	-0,05	
Альпийский 3270		3,0	3,0	1,7	8,0	2,9	13,7	0,55	6,8	1,5	-0,45	

Наиболее значимые различия установлены для ионов NO_3^- и HPO_4^{2-} . Баланс для обоих ионов и поясов отрицательный. При этом высокие потери для иона NO_3^- отмечаются в лугостепном поясе, а иона HPO_4^{2-} - в альпийском. В первом случае это связано с высокой нитрификационной способностью почв, а во втором – с их кислой реакцией.

Сравнение состава основных миграционных потоков веществ от входа в экосистему (атмосферные осадки) до выхода из нее (вертикальный сток) показало, что наибольшая трансформация миграционного потока веществ в горных экосистемах Арагацкого массива происходит в почвенно-биотическом блоке лугостепного пояса.

Анализ данных баланса элементов показал, что экосистемы альпийского пояса в основном являются аккумулятивными, а экосистемы лугостепного пояса – элювиальными.

Интенсивность потоков химических веществ представлена в табл. 2, где показаны позиции абиотической, биотической и общей миграции.

В качестве обобщенных экологических воздействий на экосистему рассмотрим интенсивность абиотических и обменных биотических процессов, долю абиотических в общей системе обменных процессов, запасы азота, фосфора и калия в живой фитомассе, в почве, чистую первичную продукцию и общую миграцию (табл. 2).

Таблица 2. Интенсивность миграционных потоков по высотным поясам, кг/га · год (среднее за 2005-2007гг)

Интенсивность миграции			N	P	K
Абиотической	Лугостепной пояс				
	Вход		12,3	0,16	10,4
	Выход		17,0	0,25	3,0
	I _a		29,3	0,41	13,4
	Альпийский пояс				
	Вход		10,4	0,30	12,8
	Выход		2,4	0,20	1,2
	I _a		12,8	0,50	14,0
Лугостепной пояс					
Биотической	Вход	Возвращаемая фитомасса	420,0	94,5	455,0
		Коэффициент вариации	23	24	27
	Выход	Отчуждаемая фитомасса	2562,0	768,6	2196,0
		Коэффициент вариации	28	29	31
	I _b		2982,0	863,1	2651,0
	Альпийский пояс				
	Вход	Возвращаемая фитомасса	83,6	30,4	106,4
		Коэффициент вариации	11	13	15
	Выход	Отчуждаемая фитомасса	1120,0	380,0	1368,0
		Коэффициент вариации	22	22	25
	I _b		1203,6	410,4	1474,4
	Биогеохимической (общая)		Лугостепной пояс	3011,3	863,5
Альпийский пояс			1216,4	410,9	1488,4
Доля абиотической миграции в общей		Лугостепной пояс	0,96	0,05	0,50
		Альпийский пояс	1,04	0,12	0,93

Интенсивность абиотической миграции азота в лугостепном поясе в 2,3 раза выше интенсивности в альпийском поясе; что касается фосфора и калия, то здесь показатели миграции примерно равные.

Величины интенсивности абиотической миграции для лугостепного пояса показывают, что разница по сумме элементов между входом и выходом составляет 2,6 кг/га·год, при этом входные абиотические потоки имеют невысокую интенсивность, в альпийском же поясе она равна 19,7 кг/га·год, и напротив, выходные абиотические потоки имеют низкую интенсивность.

Величины интенсивности биотических обменных процессов показывают, что разница по сумме элементов между входом и выходом очень большая по азоту и калию, здесь баланс элементов отрицательный как для лугостепного, так и альпийского поясов. Интенсивность биотической миграции заметно уменьшается в альпийском поясе. Это, очевидно, объясняется тем, что контролирующим фактором являются не запасы их в почве, а интенсивность абиотической миграции элементов, имеющая большое значение в общей системе обменных процессов.

Интенсивность общей миграции мы характеризуем как биогеохимическую, включающую сумму интенсивности абиотических и биотических процессов. Интенсивность биогеохимической миграции является циклической, поскольку происходит мобилизация всех химических элементов в циклическое движение в различных природных средах, а также обмен между растительным ценозом и другими компонентами биосферы.

Полученные результаты показали, что интенсивность биогеохимической миграции в лугостепном поясе по азоту в 2,5, по фосфору в 2,0, по калию в 1,8 раза выше, чем в альпийском поясе. При этом доля абиотической миграции в общей составляет для лугостепного пояса: по азоту 0,96%, по фосфору 0,05%, а по калию 0,5%; для альпийского пояса она несколько выше.

Следовательно, во всех изученных травяных экосистемах наибольшей интенсивностью характеризуются обменные процессы, связанные с растительными организмами, формирующими биогеохимическую цикличность. При этом интенсивность биогеохимической миграции дает прямую информацию о специфике не только почвенного блока, растительности, но и экосистемы в целом и является одним из её важнейших индикационных показателей [6].

В целом для луговых ценозов характерна значительно большая интенсивность обменных процессов, обусловленных жизнедеятельностью растений при подчиненном значении абиотической миграции, где наиболее существенна роль поступления элементов с атмосферными осадками и выноса с лизиметрическими водами. При этом убыль элементов отражает протекающие в экосистемах современные почвенные процессы, связанные с денудацией поверхности почв. Разница в азоте, полученная в балансе, отражает, вероятно, неучтенные потоки, связанные со смыванием органических остатков поверхностным стоком, и потоки, обусловленные азотфиксирующей и денитрифицирующей деятельностью микроорганизмов.

Таким образом, биогеохимическая цикличность в обоих географических поясах разворачивается на фоне абиотических и биотических обменных процессов и обладает различной емкостью и интенсивностью; связь между ними как геохимически, так и экологически осуществляется потоками веществ на входах и выходах экосистем. Механизм повышения активности, очевидно, очень сложен, и причины этого кроются не только во влиянии внешних факторов природной среды, но и во внутренней организации биоты.

Выявление закономерностей интенсивности потоков биогенных элементов выдвигает проблему биогеохимической цикличности в число ведущих экологических проблем в связи с необходимостью оптимизации экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алекин О.А.* Химический анализ вод суши – Гидромет., 223с. 1954.
2. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 487с., 1970.
3. *Глазовская М.А.* Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – М.: Наука, 230с., 1964.
4. *Ковда В.А.* Биогеохимия почвенного покрова. – М.: Наука, 263с., 1985.
5. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. – М.: Высш. шк., 342с., 1975.
6. *Ревазян Р.Г.* Материалы докл. V международной биогеохимической школы “Актуальные проблемы геохимической экологии” Семипалатинск, Казахстан: Семипалатинский гос. пед.ин-т, с.492-494, 2005.
7. *Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю.* Методы анализа природных вод. – М.: Госгеолит, 334с., 1963.
8. *Титлянова А.А.* - Биологический круговорот углерода в травяных биогеоценозах. Новосибирск, 219с., 1977.
9. *Шилова Е.И.* Применение лизиметрических методов в почвоведении, агрохимии и ландшафтоведении. Л.: Наука, с.1 –21, 1972.
10. *Юдин Ф.А.* Методика агрохимических исследований. – М.: Колос, 272с., 1971.

Поступила 07.05.2008