

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ОСНОВНЫХ РОДОВ ЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ

Lateral and radial geochemical structure of landscapes of Belarus has been studied. Main factors of forming structure and its spatial allocation under conditions of Belarus have been identified. The classification of geochemical structures has been developed on the base of regularities of the variation of chemical element concentration within geochemical landscape and a nature of their accumulation in different soil layers.

В современных ландшафтно-геохимических исследованиях важное место занимает изучение геохимической структуры ландшафтов. В основе для изучения геохимической дифференциации и структуры ландшафтов лежит системный подход. Сущность его состоит в сопряженном анализе химического состава компонентов ландшафта и связей между ландшафтами и внутри них. Баланс химических элементов и их форм в ландшафте является существенным фактором жизнеобеспечения обитающих в нем организмов, популяций и сообществ, поскольку наличие элементов в оптимальных, избыточных и недостаточных количествах в различных компонентах ландшафта способно влиять на физиологию организмов. Поэтому знание геохимической структуры ландшафта и ее роли в ландшафтном разнообразии может выступать основой для анализа средоформирующей функции ландшафта, различного рода экологических оценок и решения ряда прикладных задач природопользования.

Для изучения геохимической структуры использовался метод ключевых участков в сочетании с методом экспедиционных исследований, который необходим для познания региональных и местных особенностей изучаемых объектов и позволяет определять общее состояние ландшафта. Его использование обусловлено правилом геохимической общности (типологичности) ландшафтов, сформулированным Н.С. Касимовым [1], согласно которым генетически однотипные ландшафты, сформировавшиеся в близких физико-географических условиях, имеют сходную ландшафтно-геохимическую структуру. В соответствии с этим правилом, можно интерполировать результаты исследований геохимической структуры типичных (ключевых) участков на достаточно обширные территории, не прибегая к сплошным исследованиям, что в значительной мере снижает затраты времени и средств на проведение полевых работ. При использовании данного метода нами уделялось особое внимание выбору ключевого участка и обоснованию степени его репрезентативности. В связи с этим правилом при проведении исследований геохимической структуры основных родов ландшафтов были выбраны только наиболее типичные катены, имеющие характерные для исследуемого рода рельеф, структуру почвенного покрова, генезис, минералогический и гранулометрический состав почвообразующей породы, сочетание окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий, растительный покров, тип химизма грунтовых вод.

Изучалась геохимическая структура следующих родов ландшафтов: холмисто-моренно-эрозионный, лессовый, моренно-озерный, вторично-моренный, вторичный водно-ледниковый, озерно-ледниковый, аллювиальный террасированный, нерасчлененных комплексов с преобладанием болот. Названные ландшафты представляют все группы (возвышенные, средневысотные, низменные) и занимают около 60 % площади Беларуси [2]. Такой выбор обусловлен наличием в них индивидуальных особенностей и контраста в литологии, генезисе, рельефе, растительности, геохимической обстановке и степени хозяйственного освоения, что позволило более объективно оценить влияние природных и антропогенных факторов на формирование геохимической дифференциации и структуры. Использование рода ландшафтов в качестве основной таксономической единицы исследования связано с тем, что в этом ранге существуют достоверные отличия в геохимической дифференциации между различными ландшафтами, ведущие к формированию специфической геохимической структуры.

Полевые работы и отбор проб выполнялись по общепринятым методам ландшафтно-геохимических исследований [3]. В почвенных образцах по стандартным методикам определялось валовое содержание следующих элементов: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, P, S, Mn, Zn, Cu, B, Co, Mo, что дало возможность проанализировать содержание макро- и биологически важных микроэлементов.

При изучении геохимической структуры природных ландшафтов Беларуси использовалась собственная типология видов структуры, позволяющая описывать и оценивать их разнообразие и трансформацию. Принцип выделения вида геохимической структуры основан на анализе особенностей концентрации каждого химического элемента в катене (как в латеральном, так и в радиальном на-

правлениях). Сходная концентрация большинства элементов в ней определяет вид структуры элементарного ландшафта или их сопряжений.

Для проведения классификации и выделения видов геохимической структуры было введено понятие «элементная структура», отражающее изменение содержания в катене каждого химического элемента в отдельности, которое может быть выражено графически. Латеральная элементная структура характеризует вариацию содержания химического элемента в гумусовом горизонте по всей протяженности катены. Аналогично латеральной радиальная элементная структура выражает распределение химического элемента в почвенном профиле в пределах элементарного ландшафта. Удобнее оценивать вариации содержания элемента не по его абсолютному содержанию, выражаемому в процентах или в других единицах, а по коэффициентам латеральной (для латеральной структуры) и радиальной (для радиальной структуры) дифференциации, так как это отражает интенсивность концентрации или рассеяния элемента.

В пределах ландшафтно-геохимического профиля было выделено пять видов латеральной элементной геохимической структуры: восходящий, или асцендиальный (содержание химического элемента в пределах геохимической катены возрастает от вершины к подножью); нисходящий, или дисцендиальный (содержание элемента убывает в том же направлении); депрессионный (профиль содержания элемента имеет форму впадины); пикообразный (профиль имеет ярко выраженный пик в середине); равномерный (содержание элемента по профилю практически не меняется).

Радиальных элементных геохимических структур выделено восемь видов: равномерный (химические элементы по профилю почв распределяются равномерно); гумусовый (накопление происходит в гумусовом горизонте почвы), для торфяных почв более корректным определением данного вида радиальной структуры представляется «органогенный»; гумусово-иллювиальный (накопление в гумусовом и иллювиальном горизонтах); гумусово-элювиальный (элементы концентрируются в гумусовом и элювиальном горизонтах); элювиально-иллювиальный (элементы накапливаются в элювиальном и иллювиальном горизонтах); лессивированный (наблюдается увеличение содержания элемента вниз по почвенному профилю, для торфяных почв – псевдолессивированный).

Более подробное описание классификации приведено в наших работах [4, 5]. Название вида структуры ландшафта дается по преобладающим структурам химических элементов. Результаты изучения геохимической структуры ландшафтов Беларуси представлены в табл. 1.

Виды геохимических структур основных родов ландшафтов Беларуси

| Род ландшафта                                  | Вид латеральной структуры   | Вид радиальной структуры                    | Характер литологического строения катены |
|------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| Холмисто-моренно-эрозионный                    | Асцендиальный               | Равномерный гумусово-иллювиальный           | Монолитный                               |
| Лессовый                                       | Равномерно-асцендиальный    | Лессивированно-гумусовый                    | Монолитный                               |
| Моренно-озерный                                | Асцендиально-пикообразный   | Псевдолессивированный гумусово-иллювиальный | Гетеролитный                             |
| Вторично-моренный                              | Дисцендиально-асцендиальный | Лессивированно-гумусовый                    | Гетеролитный                             |
| Вторичный водно-ледниковый                     | Равномерно-асцендиальный    | Гумусовый                                   | Монолитный                               |
| Озерно-ледниковый                              | Равномерно-асцендиальный    | Лессивированный гумусово-иллювиальный       | Монолитный                               |
| Аллювиальный террасированный                   | Дисцендиально-асцендиальный | Лессивированно-гумусовый                    | Гетеролитный                             |
| Нерасчлененные ландшафты с преобладанием болот | Пикообразно-асцендиальный   | Равномерный псевдолессивированно-гумусовый  | Гетеролитный                             |

В ходе исследований установлено, что латеральная геохимическая структура зависит, в первую очередь, от генезиса литологической основы ландшафта, пестроты ее минералогического и химического состава. В ходе гипергенеза идет перераспределение химических элементов в катене, поэтому первоначальный вид структуры трансформируется под воздействием миграции мелкодисперсных частиц и легкорастворимых соединений с элювиальных ландшафтов и их частичной аккумуляцией в геохимически подчиненных ландшафтах.

Выявлено, что для большинства химических элементов в условиях Беларуси при монолитном (однородном) литологическом строении катены характерен асцендиальный (восходящий) вид латераль-

ной структуры, поскольку наибольшая скорость их аккумуляции наблюдается в супераквальных условиях. Степень выраженности асцендиальной структуры ряда элементов, интенсивно накапливающихся в органическом веществе, будет возрастать при формировании торфяно-болотных почв в супераквальных ландшафтах.

При слабой механической миграции и вогнутых формах склонов наблюдается преимущественное накопление элементов, мигрирующих вместе с глинистыми частицами, на склонах катены, что приводит к образованию пикообразной структуры. Она может формироваться в тех же условиях, но при гетеролитном строении катены, например, для элементов, тесно связанных с минеральной частью почвы. В этом случае при наличии органогенных почв в супераквальном ландшафте максимум их содержания будет на склоне катены, что наблюдается для К, В, Со в моренно-озерном и вторично-моренном родах ландшафтов.

При монолитном строении катены и слабом уклоне в рельефе устойчивые соединения практически не выносятся из элювиальных ландшафтов, в результате чего формируется дисцендиальный вид латеральной геохимической структуры. Для большинства химических элементов в условиях слабой расчлененности рельефа в катене на монолитной породе характерен равномерный вид латеральной геохимической структуры. При интенсивном развитии водной эрозии преимущественно в трансэлювиальном ландшафте формируется депрессионный вид структуры для элементов, тесно связанных с гумусом и коллоидной фракцией почв.

Формирование радиальной почвенно-геохимической структуры в элементарном ландшафте зависит от следующих факторов: направления почвообразовательных процессов, формирующих почвенный профиль; гранулометрического и минералогического состава почв; распределения органического вещества, карбонатов, глинистых минералов, полуторных оксидов по профилю почвы; окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий.

Равномерный вид радиальной структуры, как правило, характерен для слабоподвижных элементов на почвах с одночленным строением при отсутствии смены окислительно-восстановительных условий с глубиной. Отмечен для кремния и алюминия в холмисто-моренно-эрозионных ландшафтах.

Одним из наиболее часто встречающихся видов радиальной структуры является гумусовый, формирование которого чаще всего связано с органическим веществом почвы, активно накапливающим ряд химических элементов, в первую очередь – элементов активного биологического накопления. Степень выраженности данного вида структуры зависит от концентрации органического вещества, поэтому максимальные значения наблюдались для супераквальных элементарных ландшафтов с дерновыми заболоченными и торфяно-болотными почвами. Аналогичный вид структуры формируется при двучленном строении почвенного профиля, например, когда маломощные суглинки (до 30÷50 см) подстилаются песками, или в аккумулятивных ландшафтах за счет намыва верхних горизонтов.

Иллювиальный вид структуры обычно характерен для почв с ярко выраженной аккумуляцией оксидов алюминия и железа в иллювиальном горизонте. Он проявляется также на почвах с двучленным строением, когда плотные породы подстилают рыхлые на сравнительно небольшой глубине. В таком случае на контакте пород формируется сочетание механического и дисперсионно-сорбционного педогеохимических барьеров, способное к аккумуляции широкого спектра химических элементов. На формировании данного вида структуры положительно сказывается подзолистый процесс почвообразования, обуславливающий вынос большинства химических элементов с верхних почвенных горизонтов и их частичное накопление в иллювиальных горизонтах почвы [6]. Одновременно в верхних горизонтах происходит аккумуляция устойчивых в данной геохимической обстановке соединений (как правило, окиси кремния). Для них будет характерен элювиальный вид радиальной геохимической структуры. Поскольку подзолистый процесс в условиях Беларуси сочетается с дерновым, то это приводит к накоплению ряда элементов в гумусовом и иллювиальном горизонтах дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почв. В результате гумусово-иллювиальный вид радиальной геохимической структуры получил широкое распространение в элювиальных и элювиально-аккумулятивных ландшафтах.

В ряде ландшафтов с промывным водным режимом нами выделен лессивированный вид радиальной структуры. Лессивирование часто проявляется на дерново-подзолистых почвах при условии достаточно глубокого залегания уровня грунтовых вод и отсутствия в почвенном профиле гидрологических барьеров, затрудняющих нисходящее движение почвенной влаги и массоперенос глинистых

частиц [7]. Данный вид структуры возможен для торфяно-болотных почв за счет контраста торфяных горизонтов и подстилающих минеральных пород, что установлено для кремния и алюминия. Поскольку здесь лессивирование не выражено, то такую структуру обозначали как псевдолессивированную.

Гораздо менее распространенными являются гумусово-элювиальный и элювиально-иллювиальный виды радиальной геохимической структуры. Их генезис часто связан с неоднородностью пород по гранулометрическому и минералогическому составу, а также с оглеением, эрозионными процессами, агротехногенным воздействием, техногенным перемещением или перемешиванием горизонтов и т. д.

Установлено, что геохимическая структура исследуемых родов ландшафтов Беларуси сформировалась в результате кислого и кислого-глеевого (для полу- и гидроморфных условий) выщелачивания катионогенных элементов из почв автономных ландшафтов, их радиальной и латеральной миграции и накопления на сорбционных, окислительных, щелочных и биогеохимических барьерах в иллювиальных горизонтах почв, в супераквальных геохимически подчиненных ландшафтах и донных осадках водоемов. Латеральная и радиальная геохимическая структура ландшафтов Беларуси, определенная для широкого ряда элементов (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, P, S, Mn, Zn, Cu, B, Co, Mo), имеет выраженные различия на уровне родов.

Для ландшафтов с монолитным литологическим строением характерен равномерно-асцендиальный (лессовый, вторичный водно-ледниковый, озерно-ледниковый роды ландшафтов) или асцендиальный вид латеральной геохимической структуры (холмисто-моренно-эрозионный). При гетеролитном строении катены преобладают комбинации асцендиального вида латеральной структуры с с пикообразным (моренно-озерный, нерасчлененный с преобладанием болот) и дисцендиальным (вторично-моренный ландшафты, аллювиальный террасированный).

Радиальная структура исследуемых родов ландшафтов более разнообразна, чем латеральная. Для нее характерны сочетания гумусового вида структуры с равномерным, лессивированным и иллювиальными видами, что подтверждает гипотезу о доминирующей в условиях Беларуси роли выщелачивания химических элементов сильной и средней интенсивности миграции (S, B, Ca, Mg, K, Na, Mo, Mn, Cu, Co, Zn) из почв с их частичным накоплением на геохимических барьерах в гумусовом и иллювиальном горизонтах. Существенных различий в радиальной структуре для родов ландшафтов между моно- и гетеролитными катенами не выявлено.

1. Касимов Н. С. // Геохимия ландшафтов и география почв. Смоленск, 2002. С. 23.

2. Ландшафты Белоруссии / Под ред. Г.И. Марцинкевич и др. Мн., 1989.

3. Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. Смоленск, 2002.

4. Чертко Н. К., Карпиченко А. А. // Природ. ресурсы. 2003. № 2. С. 84.

5. Чертко Н. К., Карпиченко А. А., Жумарь П. В. // Структура географической среды и ландшафтное разнообразие Беларуси. Мн., 2006. С. 132.

6. Микроэлементы в почвах БССР и эффективность микроудобрений / Под. ред. И. С. Лупиневича. Мн., 1970.

7. Зайдельман Ф. Р. // Почвоведение. 2007. № 2. С. 133.

Поступила в редакцию 24.12.09.

Александр Александрович Карпиченко – ассистент кафедры почвоведения и геологии.