

ЛАТЕРАЛЬНЫЕ И РАДИАЛЬНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ БРЕСТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

А. В. Таранчук
Белгосуниверситет

Основной областью применения методов геохимии ландшафтов стало решение проблем окружающей среды, в частности, выявление кризисных экологических ситуаций путем оценки загрязнения ландшафтов.

Для создания оптимальных условий в ландшафтах необходимо разрабатывать мероприятия по их оптимизации. Одним из условий

является использование геохимических барьеров. Накопление элементов в результате осаждения в природных компонентах и при локализации техногенных потоков происходит, в первую очередь, на природных геохимических барьерах. Геохимические барьеры в пространстве чаще всего представляют собой линии, по которым сопррикасаются поля развития различных эпигенетических процессов, т.е. зоны разных условий, миграции химических элементов. На территории Брестского Полесья выделяются: механический, сорбционный, нейтральный, биогеохимический барьеры. Густота их определялась по величине коэффициента, который вычислялся по данным табл. 1 в два этапа. Сначала вычислялся коэффициент густоты геохимических барьеров в ландшафте по формуле:

$$K_r = L/S \quad (1),$$

где K_r – коэффициент густоты геохимических барьеров; L – суммарная протяженность сети барьеров на данной площади, км; S – величина данной площади, км².

Коэффициент густоты каждого барьера в отдельности определялся по формуле:

$$K_r = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 / S \quad (2),$$

где L_1 – длина биогеохимического барьера, км; L_2 – длина нейтрального барьера, км; L_3 – длина сорбционного барьера, км; L_4 – длина механического барьера, км; S – площадь ландшафта, км².

Установлено, что чем больше площадь ландшафта, тем длиннее протяженность барьеров (табл. 2).

Частота встречаемости барьеров в каждом роде ландшафта зависит от геохимической структуры ландшафта. Величина коэффициентов колеблется в широком диапазоне: биогеохимического – от 0,03 до 0,12, нейтрального – от 0,006 до 0,13, сорбционного – от 0,07 до 0,23, механического – от 0,005 до 0,05. Сумма коэффициентов наибольшая в аллювиально-террасированном ландшафте (0,48), затем озерно-болотном (0,42), вторично-моренном (0,36), вторичном водноледниковом (0,32) и пойменном (0,23) (табл. 2).

Геохимические барьеры определяют в значительной мере геохимическую структуру ландшафтов, которая формировалась в результате кислого и кислого глеевого выщелачивания химических элементов сильной и средней интенсивности миграции (N, S, Cl, B, Ca, Mg, Na, Mo, Mn, Cu, Co, Zn) и их аккумуляции на барьерах. Латеральные геохимические барьеры образуют пеструю мозаику в аллювиальном террасированном ландшафте Брестского Полесья.

Структурно-функциональная организация природных геохимических барьеров имеет несколько уровней. Нами рассматриваются два основных: мега-ландшафтный, представленный системой границ между разными типами почв, и макро-почвенный, представленный системой почвенных горизонтов, специфичных для каждого типа почв. На представленных двух уровнях (вне зависимости от физико-химической природы геохимического барьера) по местоположению на пути миграционных потоков они делятся на две основные функциональные группы – радиальные (горизонтный уровень) и латеральные (ландшафтный). Эти группы барьеров выполняют в ландшафтах разные функции. Возникновение в природе латеральных геохимиче-

ских барьеров обусловлено геохимической контрастностью смежных (сопряженных) природных объектов /5/.

Механический барьер возникает в местах снижения скорости перемещения элементов, как правило, в составе твердых частиц. Аккумулятивный горизонт почв целиком можно рассматривать как механический барьер. Накопление техногенных элементов происходит по следующей схеме: энергичный перенос поверхностными потоками в пониженные участки, сложенные плотными породами, где происходит вторичное накопление элементов. Исследованиями /2/ установлено, что наиболее интенсивно на механическом барьере осаждаются элементы, образующие слаборастворимые соединения и группы благородных металлов, встречающихся в самородном состоянии (Ti, Zr, Nb, Au, Os, Pt) /1/. На территории озерно-болотного ландшафта на механическом барьере задерживаются Si, Ca, Mg, S, Co, Mo, Cu; в пойменном роде ландшафта – В, Sr; в аллювиально-террасированном – Si, Co, В; во вторично-моренном – Sr, В; во вторичном водно-ледниковом – Mg, Pb, Cd.

Сорбционный барьер в почвах представлен различными образованиями: органическое вещество, глинистые минералы, гидроксиды железа и марганца. Сорбционный барьер проявляется на контакте торфяных почв с почвами, менее богатыми органическим веществом и гумусом (дерново-слабоподзолистыми, дерново-подзолистыми, глееватыми, песчаными и супесчаными). Почвы, богатые гумусом и органическим веществом (так же как и богатые коллоидами глины), накапливают тяжелые металлы. Гуминовые кислоты образуют с этими элементами комплексные соединения, легко усваиваемые растениями. На сорбционном барьере осаждаются практически все элементы, встречающиеся в растворе в ионной форме. Лучше выражен сорбционный барьер в озерно-болотных и пойменных ландшафтах, где осаждаются Co, В, Sr и более активно Mo, Cu. Эти элементы техногенного происхождения или привносятся из других ландшафтов, так как сами торфяные почвы характеризуются небольшим содержанием подвижной Cu. Почвенный покров Беларуси отличается чрезвычайной чувствительностью к антропогенному воздействию из-за низкой их буферности, особенно автоморфные, полугидроморфные песчаные и рыхлосупесчаные почвы /3/. Почва выполняет функцию по поддержанию стабильности ландшафта путем перераспределения латеральных потоков /7/.

В аллювиально-террасированном, вторично моренном и вторично-водно-ледниковом ландшафтах рассматриваемый барьер также формируется, но густота его сети меньше, чем в ландшафтах с преобладанием в структуре почвенного покрова мало-, средне- и мощных торфяных почв. В пределах этих ландшафтов в сорбционном барьере осаждаются Co, В, Cu.

Нейтральный, или кальциевый, барьер в ландшафтах Брестского Полесья образуется при наличии карбонатных пород, например, при смене дерново-подзолистой слабоподзоленной почвы на водно-ледниковых супесях на дерново-глееватую и дерново-карбонатно-глееватую почву на супесях.

Таблица 1

Площадь и протяженность геохимических барьеров на территории Брестского Полесья

Род ландшафта	Пл ощадь да ланд- шафта, км ²	Длина геохимических барьеров, км				об- щая протя- женность, км
		био- гео-хими- ческий	ней- тральный	сорб- ци-онный	ме- хани- ческий	
Вторичный водно- ледниковый	126 0	93,0	168, 6	88,2	69,0	418, 8
Вторично-моренный	576	67,8	56,4	80,4	3,0	207, 6
Аллювиально- террасированный Пойменный	316 8	345, 6	334, 8	718, 8	118, 8	1518 0
Озерно-болотный	504 108 0	15,6	3,0	90,6	7,8	117, 0
		125, 4	85,8	243, 0	0,0	454, 2

Таблица 2

Коэффициенты густоты латеральных геохимических барьеров Брестского Полесья

Род ландшафта	Коэффициенты густоты геохимических барьеров				сумма коэффи- циентов
	биогео- химический	ней- тральный	сорбци- онный	механи- ческий	
Вторичный водно- ледниковый	0,07	0,13	0,07	0,050	0,32
Вторично-моренный	0,12	0,10	0,14	0,005	0,36
Аллювиально- террасированный Пойменный	0,11	0,10	0,23	0,040	0,48
	0,03	0,006	0,18	0,015	0,23

В аллювиально-террасированном ландшафте дерново-подзолистые слабоподзоленные почвы на мощных песках сменяются дерново-карбонатно-глеевыми почвами на песках. На карбонатном барьере осаждаются Cd, Pb, Ca, Ba, Sr, Cu. Сельхозугодья содержат меньше этих элементов по сравнению с почвами города Бреста и прифермскими территориями. Несоблюдение регламента применения средств химизации – основного источника поступления этих элементов в почву обусловило процесс накопления их в почвенном покрове на нейтральном геохимическом барьере.

Биогеохимический барьер проявляется практически во всех родах ландшафта. Принято различать собственно биогеохимический барьер – накопление элементов в верхних частях гумусового горизонта и фитогеохимический барьер – накопление элементов живыми растениями. Фитогеохимический барьер задерживает большинство химических элементов /4/. Естественная растительность аккумулирует Mn, Cu, Ba (древесно-кустарниковая растительность во вторично-водноледниковом ландшафте); Mn, Cu, Ba, Ti, Pb, Sr (в аллювиально-террасированном ландшафте); K, Ca, Mg, Zn, Cu, V, Co, Mo (сосняки в озерно-болотном ландшафте). В растительности естественных лугов в пределах пойменного, вторично-моренного, озерно-болотного ландшафтов интенсивно накапливаются V, Ca, Mo, Zn, Cu; во вторично-водноледниковом и аллювиально-террасированном ландшафтах V, Cu, Co, Mo, Zn. Установлено /2/, что максимальное загрязнение растений тяжелыми металлами происходит ранней весной и осенью, что приводит к сокращению числа видов сообщества, появлению травянистой растительности более стойкой к токсическим элементам.

Природные латеральные геохимические барьеры отражают горизонтальную (площадную) собственно ландшафтную контрастность территории, обеспечивающую территориальное разделение мигрирующих веществ и техногенных компонентов /5/.

Радиальные барьеры определяют вертикальную геохимическую дифференциацию и контрастность отдельных ярусов ландшафтов и соответственно закономерности распределения природных и техногенных веществ в вертикальном профиле почв. С радиальными геохимическими барьерами связаны формы миграционно-аккумулятивных процессов в системе: почва-вода-растение. Радиальные барьеры являются фактором накопления-осаждения продуктов техногенеза из потока и основной формой защиты почвенно-грунтовых вод от загрязнения. Так как важнейшее значение в устойчивом развитии природных систем принадлежит почвам – центральному звену экосистемы, то в нашей работе радиальные геохимические барьеры выделялись на основе строения почвенных профилей. Почва является ареной взаимосвязей и взаимодействия между атмосферой, гидросферой и литосферой и обеспечивает воспроизводство биомассы. Почвенный профиль характеризуется чрезвычайной сложностью строения геохимических барьеров. Количество барьеров в почвенном профиле может соответствовать количеству генетических горизонтов, т.е. почвенные геохимические барьеры в значительной степени результат развития почв во времени и одновременно ведущий фактор их функционирования, обеспечивающий миграцию веществ из миграционных

растворов. О барьерных функциях почвенных горизонтов свидетельствует дифференцированное накопление в них ряда химических элементов даже в условиях нормального геохимического фона /5/.

В пределах Брестского Полесья выделяются следующие сочетания радиальных геохимических барьеров: биогенно-окислительный; биогенно-восстановительно-сорбционный; биогенно-восстановительно-глеевый; биогенно-нейтрально-восстановительно-глеевый-механический; биогенно-нейтрально-восстановительно-глеевый; биогенно-окислительный-механический; биогенно-механический-восстановительно-глеевый; биогенно-нейтрально-сорбционно-восстановительно-глеевый.

Концентрация элементов на биогеохимических барьерах рассматривается как накопление этих элементов в животных и растительных организмах и в верхних частях гумусового горизонта. Формирование барьера определяется сочетанием ряда факторов, объединяемых в три большие группы /6/: 1) внутренние биохимические, определяемые биологическими особенностями конкретного вида организмов; 2) внутренние химические, определяемые свойствами ионов, входящих в состав растений и животных; 3) внешние, ландшафтно-геохимические факторы, определяемые условиями среды обитания. Химические элементы, которые удерживаются организмами, используются для построения тканей и таким образом изымаются из биологического круговорота, возвращаясь в миграционный поток лишь после отмирания живых организмов /1/. Биогеохимические (биогенные) барьеры в ландшафтах Брестского Полесья встречаются повсеместно.

Восстановительный геохимический барьер отмечается в торфяных почвах. Наибольшее распространение восстановительный барьер имеет место в озерно-болотном, пойменном и аллювиально-террасированном ландшафтах, на которых накапливаются Cu и Zn. Восстановительный барьер сочетается с биогенным и сорбционным. В почвенных разрезах торфяных и дерново-подзолистых глеевых и глееватых почв Брестского Полесья можно обнаружить накопление элементов на сорбционном барьере. Происходит сорбция P, S, Co, Cu, Cr, K, Mg, на поверхности глин, торфа. Сорбционный барьер встречается в сочетании с биогенным, нейтральным и восстановительно-глеевым барьером (в аллювиально-террасированном ландшафте); биогенным и восстановительным (в озерно-болотном и пойменном ландшафтах).

Восстановительно-глеевый барьер обычно приурочен к границе постоянного переувлажнения. Из описываемых элементов на восстановительно-глеевом барьере отмечается накопление Cu, Co, Mo, V. Восстановительно-глеевый барьер препятствует миграции восстановленных соединений этих элементов, выпадающих в осадок. Описываемый барьер отмечается во всех ландшафтах, но особенно широко распространен во вторичном водно-ледниковом и аллювиально-террасированном ландшафтах.

Окислительный геохимический барьер формируется на границе смены восстановительной обстановки на окислительную. Наличие свободного кислорода приводит к образованию нерастворимых окисленных соединений железа и марганца, выпадение их в осадок и

сорбция на них микроэлементов. Окислительный барьер характерен для дерново-подзолистых почв вторично-моренного, вторично-водно-ледникового и аллювиально-террасированного ландшафтов.

Нейтральный геохимический барьер приурочен к границе распространения карбоната кальция или карбонатсодержащих отложений. В разрезе почв барьер приурочен к границе вскипания. На щелочном барьере осаждается большая группа элементов, в основном катионогенные металлы, но отмечается также концентрация элементов других групп (Ca, Sr, Ba). Этот барьер отмечается в аллювиально-террасированном и вторичном водно-ледниковом ландшафте.

На механическом барьере происходит осаждение элементов (Ti, Cr, Zr). Внутри почвенных горизонтов на радиальных механических барьерах концентрации химических элементов возникают на границе сред различной плотности. Встречаются сочетания механических барьеров с биогенным, нейтральным, восстановительно-глеевым и окислительным барьером в дерново-подзолистых почвах на легких суглинках и супесях, подстилаемых суглинками (во вторично-моренном, вторичном водно-ледниковом и аллювиально-террасированном ландшафтах).

Природные геохимические барьеры и барьерные зоны усиливают биологический круговорот элементов, повышают биопродуктивность и биоразнообразие ландшафтов и, как следствие, увеличивают степень самоорганизации наземных и аквальных систем /8/.

В связи с высокой миграцией техногенных элементов и их способностью к аккумуляции возникает проблема ограничения протяженности их потоков рассеяния. Она может быть решена с помощью искусственных геохимических барьеров. Искусственный геохимический барьер – участок, где целенаправленно производится изменение геохимической обстановки, приводящее к снижению интенсивности миграции химических элементов и как следствие – концентрации химических элементов. Искусственные барьеры призваны решать конкретные задачи: сорбирование удобрений в почвах, повышение ресурсопроизводящих факторов ландшафтов, локализацию загрязнения. Создание искусственных барьеров основывается на детальном изучении техногенных барьеров. Техногенные барьеры – прототип искусственных геохимических барьеров, которые образуются в результате антропогенных изменений условий миграции. Среди техногенных барьеров самое широкое распространение имеют механические барьеры – наземные сооружения, искусственные посадки.

В Брестском Полесье латеральные механические техногенные барьеры представлены придорожными посадками деревьев или первыми рядами сельскохозяйственных культур, которые являются механическим препятствием для распространения свинца и цинка, поступающими с автомобильными выхлопами и выбросами поездов. Радиальные техногенные механические барьеры можно отметить в поверхностных горизонтах почв под придорожными посадками деревьев и сельскохозяйственных культур. Особенно хорошо эти барьеры проявляются во вторичном водно-ледниковом и аллювиально-террасированном ландшафтах.

В качестве техногенных биогеохимических барьеров выступают

все сельскохозяйственные культуры. Как и в природных условиях, здесь в большой степени накапливаются фосфор, сера, азот, калий. Накопленные культурными растениями элементы большей частью не возвращаются в почву, а удаляются с урожаями, причем это происходит в большей степени во вторичном водно-ледниковом ландшафте и в меньшей мере - в аллювиально-террасированном и вторично-моренном ландшафтах.

Техногенный щелочной барьер возникает на поверхности почвы в результате ее механической обработки. В Брестском Полесье рассматриваемый барьер присущ пахотным землям на дерново-карбонатных и дерново-карбонатных глеевых почвах на песках и супесях, которые характерны особенно для вторичного водно-ледникового ландшафта.

Литература

1. Чертко Н.К. Геохимия ландшафта. - Мн., 1981. - С. 55-56.
2. Мырлян Н.Ф. Геохимия агроландшафтов Молдавии. - Кишинев, 1989. - С. 54-71.
3. Мееровский А.С. и др. К оценке экологического состояния почвенных земельных ресурсов РБ // Природные ресурсы. - Минск, 1996, №1. - С. 67-78.
4. Хрусталева М.А. Экология и прогноз развития современных ландшафтов центра Русской равнины // География и природные ресурсы. - Новосибирск, 1996, №3. - С. 63-69.
5. Солнцева Н.Т. Структурно-функциональная организация геохимических барьеров и их роль в устойчивости природных систем // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. - М., 1999. - С. 43.
6. Алексеев В.А. Основные факторы концентрации элементов на биогеохимических барьерах // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. - М., 1999. - С. 30 - 34.
7. Столбовой В.С., Савин И.Ю., Овечкин С.В., Сизов В.В. Почвенно-экологическое зонирование как стратегия экологически рационального использования земель // География и природные ресурсы. - Новосибирск: Наука, 1996, №3. - С. 15.
8. Тайсаев Т.Т. Геохимические барьеры в природных и техногенных системах Байкальской рифтовой зоны // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. - М., 1999. - С. 56.