Известия Гомельского государственного университета
имени Ф. Скорины, № 3 (102), 2017

УДК: 663.2.032:546.36+42

Латеральные геохимические барьеры транссупераквальных ландшафтов (на примере поймы р. Сож)

Т.А. Тимофеева

Аккумуляция химических веществ в речных долинах по отношению к водораздельным территориям, как правило, повышена в несколько раз. На пойме активно идёт вторичное перераспределение элементов, связанное с переносом вещества паводковыми водами и процессами на долинных геохимических и биогеохимических барьерах. Формирование геохимических барьеров связано с изменениями физико-химических условий, в которых многие элементы теряют свою подвижность за счет образования труднорастворимых соединений. В результате многолетних исследований в пойме р. Сож выделены следующие латеральные геохимические барьеры: механические, биогеохимические или биогенные, сорбционные, нейтральные или кальциевые, а также, комплексные барьеры (механические + сорбционные).
Ключевые слова: транссупераквальный ландшафт, поймы, латеральные геохимические барьеры, биогеохимические барьеры, радионуклиды.

The accumulation of chemicals in river valleys in relation to water separate territories is, as a rule, raised several times. There is an active process of secondary redistribution of elements on a flood plain. It is connected with substance transfer by flood waters and processes on valley geochemical and biogeochemical barriers. Formation of geochemical barriers is caused by changes physic-chemical conditions of soils. On barriers many elements lose the mobility due to formation of almost insoluble connections. As a result of long-term researches in a flood plain of the Sozh River the following lateral geochemical barriers are allocated: mechanical, biogeochemical or biogenous, sorption, neutral or calcic, and also complex barriers (mechanical + sorption).
Keywords: transsuperaqual landscape, floodplain, lateral geochemical barriers, biogeochemical barriers, radionuclides.

Введение. Речные долины являются своеобразным геохимическим барьером на пути миграции химических веществ, где аккумулируется повышенное содержание макро- и микроэлементов. Запас химических элементов в поймах (транссупераквальных ландшафтах) в несколько раз выше, по сравнению с водораздельными территориями. Миграционная активность химических элементов здесь во многом обусловлена геохимическими и биогеохимическими условиями. Поймы относятся к динамичным типам ландшафтов из-за ежегодного затопления и перераспределения вещества дождевыми и паводковыми водами, поэтому необходима оценка миграции химических веществ для каждой части поймы (фациального элемента). Геоморфологические процессы оказывают наиболее активное влияние на дифференциацию речных долин. Они формируют макро-, мезо- и микроформы рельефа, элементарные участки, различающиеся по взаимному расположению, относительной высоте, экспозиции, крутизне и форме склона. Каждому фациальному элементу отвечает определенная совокупность условий местообитания, и все они в той или иной мере связаны определенными потоками энергии и веществ. Поэтому биогеохимические исследования речных долин необходимо проводить с учётом рельефных особенностей экосистемы поймы, начиная от генетического типа рельефа и до его элементов (террасы, притеррасные поймы, гряды и ложбины центральной поймы и т. д.).

Учение о геохимических барьерах разработано А.И. Перельманом. *Геохимические барьеры* – это участки резкой смены геохимической обстановки, которая приводит к осаждению мигрирующих химических элементов. Геохимические барьеры в ландшафте рассматривают как педогеохимические поля, в пределах которых идет аккумуляция химических элементов, обусловленная свойствами почв и направлением почвообразующих процессов [1].

Формирование барьеров также связано с изменениями физико-химических условий, в которых многие элементы теряют свою подвижность за счет образования труднорастворимых

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

соединений. Формирующиеся минералы влияют на ландшафтно-геохимическую среду и протекающие в ней процессы, в значительной мере определяя ее эволюцию. Развивающиеся во времени почвенно-геохимические барьеры занимают в ландшафте определенное пространство в соответствии с рельефом, пестротой почвообразующих пород и другими факторами почвообразования. Методы ландшафтно-геохимического профилирования, позволяют выделять барьеры в тенденции развития аккумулятивно-направленных процессов в ландшафтах, отражают эволюционные изменения их вещественного состояния [1].

В трассупераквальных (пойменных) ландшафтах Республики Беларусь встречается широкий спектр латеральных и радиальных геохимических барьеров.

В качестве объекта исследований нами выбран участок поймы р. Сож, расположенный в окрестностях д. Новоселки и д. Радуга Ветковского района Гомельской области. Долина р. Сож характеризуется высокой степенью радиоактивного загрязнения, начиная от г. Кричева на севере и до г. Гомеля на юге. По рельефным особенностям пойменная экосистема приравнивается к низменному типу ландшафтов и включает, соответственно, аллювиально-террасированный и пойменный ПТК. При продвижении от террасы к руслу реки выделен пойменный (транссупераквальный) ландшафт разной степени дренированности с долгопойменными заливными лугами и сырыми лугами низкого уровня на дерново-глеевых, дерново-глееватых и торфяных почвах. Пойма хорошо сформирована, хотя ландшафт является молодым, поскольку его формирование началось во второй половине голоцена и продолжается в настоящее время. В геологическом сложении участвуют аллювиальные пески, реже супеси и суглинки, иногда перекрытые торфом. Абсолютные отметки поверхности 122–127 м, высота над уровнем воды 1–5 м. В пойменном ландшафте колебания относительных высот определяют выделение структурных частей с дифференциацией биогеохимических условий, и, соответственно, почвенно-растительного покрова.

Материал и методика исследований. Методологическую основу исследования составляет теория биогеохимической структуры природной экосистемы и геохимических барьеров. С помощью сопряжённого анализа выделены геохимические и биогеохимические барьеры и дана оценка миграции микро и макроэлементов в компонентах экосистемы (почве и наземном покрове). Использованы методы: спектрометрический, радиохимический, инфракрасной спектроскопии и агрохимический. Фактический материал обработан с использованием математической статистики. Использован метод ландшафтного профилирования, для выделения структурно-функциональных частей ландшафтного профиля при заложении точек комплексного исследования проведена съёмка географических координат и высот над уровнем моря при помощи персонального спутникового навигатора Garmin GPS 12 XL [2], [3]. Структурно-функциональные части охарактеризованы 24 точками комплексного описания. Использовались пробы почв (286), растений (376), собранные в 2000–2016 гг.

Результаты исследований и их обсуждение. В пределах поймы выделены:

– *прирусловая пойма (отмель, вал).* Почвенный покров прирусловой отмели представлен аллювиальными дерново-глееватыми песчаными почвами на участках, покрытых растительностью и аллювиальными, слаборазвитыми песчаными почвами на участках без растительности (пляж); почвенный покров прируслового вала представлен аллювиальными дерново-глеевыми слаборазвитыми песчаными почвами;

– *старица (на границе прирусловой и центральной поймы) представлена а*ллювиальной дерново-глеевой супесчаной почвой;

– *центральная пойма (повышенная и пониженная части) – на повышениях развиты а*ллювиальные дерново-глееватые супесчаные почвы; *пониженные участки представлены* аллювиальными торфяными мощными и аллювиальными дерново-глеевыми супесчаными почвами;

– *притеррасная пойма представлена а*ллювиальными дерново-глеевыми супесчаными, аллювиальными торфяными мощными и аллювиальными торфяными маломощными почвами;

– *первая надпойменная терраса: д*ерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые супесчаные почвы (естественные угодья) и дерново-подзолистые супесчаные почвы (пашня) [2].

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Латеральные барьеры формируются в сопряженных ландшафтах на границе контрастных геохимических обстановок между элементарными ландшафтами при миграции химических элементов и их соединений в близком к горизонтальному (латеральному) направлению, т. е. в системах «элювиальный ландшафт – супераквальный ландшафт», в каскадных системах водосборных бассейнов [1].

Латеральные барьеры поймы р.Сож.

Кальциевый (карбонатный или нейтральный) геохимический барьер.

На объекте исследования участки с кальциевыми барьерами выделены в пределах притеррасной и центральной поймы (рисунок 1).

Для восстановительной глеевой обстановки в сочетании с различной реакцией среды характерны типоморфные элементы окислительной обстановки, и как индикатор глеевого процесса присоединяется ион двухвалентного железа. Поэтому на пойме, в местах развития глеевого процесса и кислой реакции почвы характерен кислый глеевый класс (H, Fe). При нейтральной реакции раствора образуется карбонатный глеевый класс (Ca, Fe). Участки с кислым кальциевым и карбонатным глеевым классами водной миграции создают условия для образования так называемых нейтральных, или кальциевых барьеров в пойме, что способствует накоплению радионуклидов в почве на данных участках совместно с Ca, и Fe.

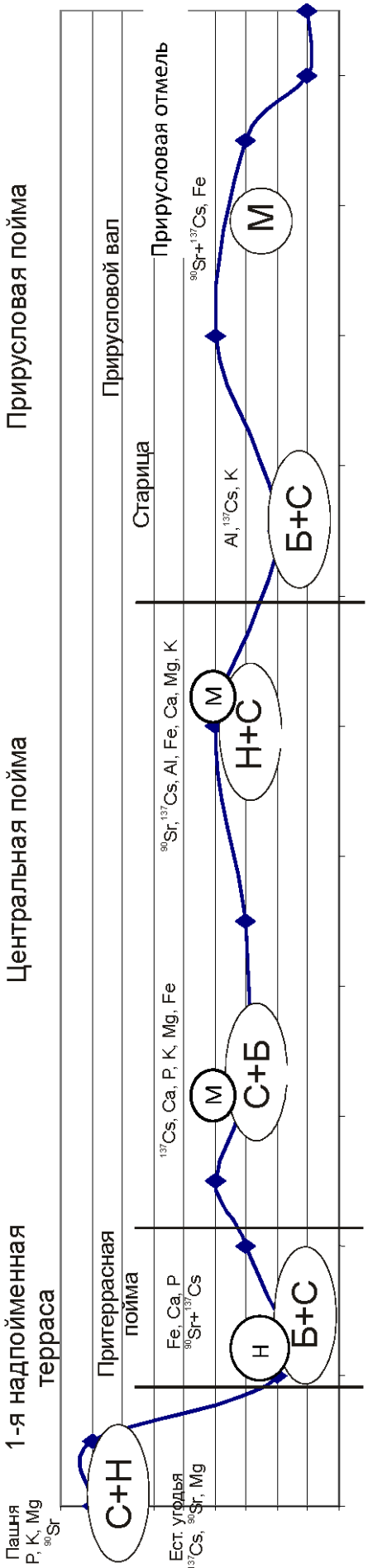
На кальциевом барьере осаждаются прежде всего химические элементы второй группы таблицы Менделеева, Mg, Ca, ^{90}Sr. На кальциевом барьере с увеличением концентрации Ca в почве, снижается поступление радионуклида ^{90}Sr в растения, аналогично действует кальциевый (карбонатный) барьер на другие элементы второй группы. Радиоактивный стронций по своим свойствам близок к кальцию, а радиоактивный цезий – к калию, поэтому в почве наблюдается некоторое сходство в поведении данных элементов. Помимо этого, в нейтральных и слабощелочных условиях ряд тяжелых металлов теряет свою подвижность и доступность для растений.

Содержание обменного кальция в почвах поймы р. Сож варьирует в среднем от 300 до 3100 мг/кг. Кальций играет большую роль в закреплении гумусовых веществ, т.к. почвы, насыщенные им, имеют нейтральную реакцию, которая благоприятна для развития микроорганизмов. Построен следующий ряд по убыванию кальция: притеррасная пойма > центральная пойма (пониженная > повышенная) >первая надпойменная терраса (естественные угодья > пашня) > старица > вал > отмель. В пойме р. Сож кальций занимает первое место среди поглощённых катионов.

Распределение магния в пойме несколько отличается от предыдущих элементов. Значения варьируют примерно от 30 до 340 мг/кг. Максимальная величина на заболоченных участках понижений центральной поймы. Довольно высокие значения, около 250–270 мг/кг, характерны для первой надпойменной террасы. Минимальные значения на прирусловой пойме (вал > отмель) и старице. Обменные катионы Mg^{2+}, в основном входящие в состав гидрослюд, обладают способностью вступать в обмен с ионами ^{137}Cs и снижать их доступность растениям.

Механический и сорбционный латеральные барьеры. Механические барьеры чаще всего совпадают с сорбционными. Но на нашем объекте исследования на границе прирусловой и центральной пойм выделен отдельно механический геохимический барьер. На участках первой надпойменной террасы и притеррасной поймы встречаются сорбционные барьеры. На повышениях и понижениях центральной поймы выделены комплексные барьеры (механический + сорбционный).

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ



М – Механический барьер; Б – Биогенный (биогеохимический) барьер; С – Сорбционный барьер; Н – Нейтральный или кальциевый барьер

Рисунок 1– Геохимические и биогеохимические барьеры ландшафтного профиля пойменной экосистемы

ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Механические барьеры возникают в результате резкого снижения механической миграции вещества и определяются плотностью пород. Резкий переход от песчаных к супесчаным почвам на границе прирусловой и центральной пойм, нанос и отложение песчаного материала во время половодий и паводков определили формирование механического барьера на прирусловом валу, который может сорбировать радионуклиды в почве, совместно с Fe (рисунок 1). В то же время прирусловая пойма характеризуется низкими агрохимическими показателями, преобладанием Фк над Гк, что предполагает высокую миграционную способность химических элементов, в том числе радионуклидов на данном участке поймы.

На механических барьерах часто определяется высокое содержание коллоидных частиц и физической глины. Поэтому механические барьеры обычно сочетаются с сорбционными. Коллоидные минеральные частицы имеют преимущественно отрицательный заряд, что способствует сорбции и концентрации катионов. Дополнительное наличие органогенного сорбционного барьера (гумуса) создает предпосылки для сорбции и концентрации широкого спектра катионогенных и анионогенных элементов.

Сорбционный геохимический барьер встречается в пойме повсеместно. Выражен на сильно гумусированных почвах с высоким содержанием физической глины. Сорбируются практически все химические элементы, встречающиеся в растворе в ионной форме, особенно с активной водной миграцией ($Kx > 1$) – неметаллы, щелочные и щелочноземельные элементы. С сорбцией связывают буферную емкость ландшафта [3]. Чем она выше, тем больше будет задерживаться токсических элементов и соединений. Однако часть из них будет находиться в обменной форме и может поступать в биологические объекты. Поэтому сорбция лишь частично может выполнять роль регулятора оптимальных условий жизни. Ее может дополнять биологический барьер – выращивание растений-концентраторов определенных металлов.

При характеристике гранулометрического состава аллювиальных почв поймы можно отметить несколько особенностей: аллювиально-дерновые почвы прирусловой и повышенной центральной поймы и первой надпойменной террасы имеют преимущественно песчано-супесчаный состав, а ближе к понижениям центральной и притеррасной части, почвы чаще суглинистые или аллювиально-болотные.

В гумусово-аккумулятивном горизонте почв поймы минимальные средние величины физической глины (0–4,5 %) приурочены к прирусловой (вал > отмель) и притеррасной поймам. Максимальное количество физической глины (до 11–13 %) характерно для почвенного покрова старицы и центральной поймы (повышения > понижения). Это позволяет выделить сорбционные барьеры на старице, а также в центральной пойме (более выраженные на границе между повышенной и повышенной частями). На останцах первой надпойменной террасы локально выделяется сорбционный барьер. Здесь развиваются старопойменные почвы, которые заливаются полыми водами один раз в 20–30 лет. Характерной особенностью таких почв является мощный гумусовый горизонт, высокое содержание физической глины (около 12 %) и пойменная дифференциация почвенного профиля с резкой сменой гранулометрического состава слоёв почвообразующих пород, что свидетельствует о влиянии аллювиальных вод на формирование почв в прошлом, тогда как в настоящее время они уже вышли из режима поемности.

Комплексные барьеры транссупераквальных ландшафтов (механические + сорбционные) характеризуются повышенным накоплением железа и алюминия. Общее содержание обменного железа в пойме р. Сож варьирует в среднем от 80 на аллювиальной слаборазвитой песчаной почвы прирусловой отмели до 696 мг/кг в аллювиальной дерново-глеевой почве понижений центральной поймы. Ряд по убыванию выглядит следующим образом: понижение центральной поймы > притеррасная пойма > повышение центральной поймы > прирусловой вал > первая надпойменная терраса > прирусловая отмель. Гидроксиды железа являются хорошим сорбентом ^{90}Sr, что предполагает невысокое значения КП ^{90}Sr наземным покровом понижений центральной и притеррасной поймы и высокие КП на прирусловой отмели [2].

Алюминий является типоморфным элементом ландшафтов Беларуси. Учитывая высокие сорбционные свойства коллоидных соединений алюминия, очевидно, что их гипергенные образования выступают геохимическим барьером на пути миграции радиоизотопов, являются фактором самоочищения природных вод и почв [4]. В пойме р. Сож содержание по-

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

движного алюминия в верхних почвенных горизонтах в среднем 0,001 М моль/100г. Причём на прирусловой отмели и первой надпойменной террасе Al^{3+} не обнаружен. Максимальное содержание алюминия приурочено к центральной пойме (повышенная > пониженная) и старице.

Биогеохимические (биологические) геохимические барьеры обусловлены сорбционными и комплексообразующими свойствами органического вещества почв и тяготеют к заболоченным долинам крупных рек и их притоков. На пойме реки Сож различия химического состава травостоя связаны как с произрастанием на различных частях поймы, так и с избирательной способностью растений. Кальциефильные растения поглощают больше ^{90}Sr, чем растения бедные кальцием. Больше всего ^{90}Sr накапливают бобовые растительные ассоциации, меньше злаковые и осоковые. Растения, содержащие больше калия, больше поглощают ^{137}Cs. Установлено, что высоким суммарным биологическим поглощением химических элементов (N, K, Ca, P, Mg), характеризуется притеррасная пойма, старица и пониженные участки центральной поймы. Поэтому здесь наряду с сорбционными действуют **биогеохимические барьеры**.

Выводы. В пределах пойменной экосистемы объекта исследования выделен аллювиально-террасированный ПТК Н – класса, слабодренированный, с широколиственно-сосновыми лесами на дерново-подзолистых временно избыточно увлажняемых почвах, представленный первой надпойменной террасой и пойменный ПТК Н-Fe класса, разной степени дренированности с долгопойменными заливными лугами и сырыми лугами низкого уровня на дерново-глеевых и торфяных почвах.

В экосистеме поймы колебания относительных высот определяют выделение структурных частей с дифференциацией биогеохимических условий, и соответственно почвенно-растительного покрова. Абсолютные отметки поверхности 122–127 м, высота над уровнем воды 1–5 м. В пределах поймы выделены: прирусловая пойма (отмель, вал), старица (на границе прирусловой и центральной поймы), центральная пойма (повышенная и пониженная части), притеррасная пойма.

Дифференциация почвенно-растительного покрова транссупераквального ландшафта обусловила выделение геохимических и биогеохимических барьеров: механический на прирусловом валу (обусловленный резким переходом от песчаных к супесчаным почвам на границе прирусловой и центральной пойм с накоплением Fe); биогеохимические (биологические) геохимические барьеры (связанные с высоким выносом химических элементов растительным покровом) и сорбционный, обусловленный высоким содержанием физической глины и аккумуляцией Al и K в почве на старице; участки с комплексными (механическим + сорбционным), кальциевым и биогенным барьерами, связанными с высоким содержанием органического вещества и аккумуляцией K, Ca, P, Fe и Mg на пониженных участках центральной поймы; комплексными (механическим + сорбционным) и нейтральный геохимические барьеры на повышениях центральной поймы связанные с нейтральной реакцией почвенного раствора, повышенным содержанием Ca и сорбцией K, Fe, Al и Mg; сорбционный, биогенный и кальциевый барьеры на притеррасной пойме с повышенной аккумуляцией Ca, P, Fe (в 2,3, 1,5. и 3 – 8 раз выше среднего по профилям); сорбционный и нейтральный геохимические барьеры с высоким содержанием физической глины (11–12 %) и близкой к нейтральной величиной pH на первой надпойменной террасе с высокой обеспеченностью P, K, Mg (в 2, 2,2 и 1,2 выше средних показателей).

Литература

1. Геохимия ландшафта : учеб. пособие для студентов вузов по геологическим специальностям / Н.К. Чертко [и др.] ; под ред. Н.К. Чертко.– 2-е изд., перераб.и доп. – Минск : БГУ, 2011.–303 с.

2. Тимофеева, Т.А. Способы оптимизации использования естественных кормовых угодий пойменных ландшафтов, загрязненных радионуклидами / Т.А. Тимофеева // Агрохимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 14–20.

3. Геохимические исследования ландшафтов Белоруссии и Прибалтики : сб.науч.тр. / ред. К.И. Лукашев ; АН БССР, Ин-т геохимии и геофизики. – Минск : Наука и техника, 1989. – 125 с.

4. Марцинкевич, Г.И. Ландшафтоведение: учебное пособие / Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастная. – Минск : ИБЦ Минфина, 2014. – 288 с.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступила в редакцию 30.03.2017

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ