

РОЛЬ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В РЕАБИЛИТАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Для стабилизации радиоактивного загрязнения, уменьшения вероятности разноса и попадания радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию, организмы животных и человека, наряду с известными мероприятиями, основанными, как правило, на защите, необходимо учитывать особенности миграции радионуклидов, их накопление на ландшафтно-геохимических барьерах (ЛГБ).

Геохимическая миграция радионуклидов имеет очень небольшие скорости и поэтому самоочищение ландшафтов только за счет нее невозможно. Ландшафтно-геохимические барьеры, по нашему мнению, представляют собой объемные природные тела, в пределах которых происходит изменение условий миграции химических элементов. Как известно, геохимическими аналогами наиболее распространенных в настоящее время ^{90}Sr и ^{137}Cs являются соответственно кальций и калий.

Механические барьеры - это, прежде всего особенности рельефа. На территории Брянской области они представлены развитой сетью бессточных западин, плоскими и слабо-вогнутыми водосборными понижениями при вершинах эрозионных форм, конусами выноса лощин и балок, песчаными дюнами, массивами бугристых песчаных террас, межгривными и староречными понижениями на поймах и т.д. В частности, плотность западин на междуречьях полесских и предполесских ландшафтов запада области достигает в среднем 15-20 шт/км², а местами до 50 шт/км². В них задерживается значительная часть твердого стока и содержащиеся в нем радионуклиды.

Биогеохимические барьеры образуются биоценозами или их отдельными ярусами. В этом случае роль барьера выполняют древесной, кустарниковый ярус, травяной и мохово-

лишайниковый покровы, лесная подстилка, дернина или степной войлок, а также подземная биомасса. Достаточно эффективными ландшафтно-биогеохимическими барьерами являются богатые разнотравно-бобово-злаковые луга, имеющие, помимо наземной, и хорошо развитую подземную биомассу. После прекращения хозяйственной деятельности в зоне отчуждения усиливается биохимическая роль залежной растительности.

Лесные фитоценозы также образуют сложные многоярусные ландшафтно-биогеохимические барьеры. Наиболее эффективными барьерами являются высокостебельные грабово-дубовые и сосново-дубовые леса с густым подлеском.

Доля радионуклидов, задерживающихся в пологе леса, зависит от состава, сомкнутости, формы и фазы насаждений. На опушках с наветренной стороны до 50 метров вглубь леса их задерживается в 2-10 раз больше, чем в центральной части лесного массива. Плотность радиоактивного загрязнения на наветренных опушках иногда в 30 раз выше, чем на открытых территориях. В миграции радионуклидов с крон под полог леса важную роль играет процесс опадания листьев, хвои, ветвей и других загрязненных частей деревьев. Радиоактивные вещества, остающиеся в наземной части древесно-кустарниковой растительности, лишь частично проникают в их внутренние ткани. По степени загрязнения можно выстроить следующий ряд: кора, листья, хвоя, мелкие ветки, крупные ветки и древесина. В результате физической и биологической миграции загрязнителей через год после разовых выпадений радионуклидов их доля в кронах, особенно лиственных насаждений, снижается в несколько раз; соответственно возрастает

загрязнение лесной подстилки и почвы. На глубине до 5 см их сосредотачивается более 90%. Радиоактивные вещества, переместившиеся в лесную подстилку и почву прочно фиксируются, их концентрация вниз по профилю резко падает.

Также известно, что корневые системы способствуют "закачиванию" радионуклидов вглубь почвенного профиля (за счет выделительной функции). Особенно активно этот процесс происходит в горизонтах с наименьшей концентрацией радионуклидов. Если же их концентрация в почве выше чем в растениях, то радионуклиды поднимаются вверх в фотосинтезирующие органы. Наиболее подвижен и легче поступает из почвы по корневому пути ^{90}Sr . Цезий сильнее сорбируется почвами и поэтому в относительно меньших количествах переходит в растения. Интересны данные, приводимые В.И. Пархоменко, А.С. Симоновым (Пархоменко В.И., Симонов А.С., 1995).

Они подтверждают, что основная часть радионуклидов концентрируется в коре, хвое и листьях, а также в подстилке и верхнем слое почвы. Ежегодное поступление радионуклидов из почвы увеличивает концентрацию их в древесине. По данным Е.С. Мурахтанова (1994), через шесть лет их количество может увеличиться в 2, а в гидроморфных ландшафтах - в 5-15 раз. Это подтверждают и наши исследования: коэффициент перехода радионуклидов из почвы в растения в гидроморфных ландшафтах меняется в пользу растений и достигает до 1:15, в то время как средняя величина его в автоморфных ландшафтах составляет 17:1.

В целом, лесные насаждения в значительной степени способствуют стабилизации радиоэкологической обстановки на загрязненных землях. Они играют роль накопителя радиоактивной пыли и аэрозолей, замедляя их миграцию в почве, а слабый поверхностный

Таблица

Распределение ^{137}Cs по основным ярусам леса в % от плотности радиоактивного загрязнения (Пархоменко В.И., Симонов А.С., 1995)

Ярусы	Хвойные леса	Смешанные с преоблад. хв.	Смешанные с преобл. листв.
Крона:	1,0	0,3	4,0
в т.ч.: листва, хвоя	0,5	0,2	1,5
ветки	0,5	0,1	2,5
Стволы:	4,5	2,0	8,0
в т.ч.: кора	3,5	1,5	5,0
	1,0	0,5	3,0
Итого по древесн. ярусу	5,5	2,3	12,0
Подстилка	72,0	60,0	43,0
Слой 0-5 см	20,0	35,0	40,0
	2,5	2,2	5,0
10-15 см	1,0	1,0	1,0
Итого почва	94,5	97,7	88,0

сток предотвращает вынос радионуклидов с лесных водосборов. С другой стороны, эти же леса представляют огромную потенциальную опасность, так как при возникновении пожаров в воздух будет поднято и перенесено на значительные расстояния большое количество радионуклидов.

Гумусовый барьер также является очень важным в миграции долгоживущих радионуклидов. Цезий-137 заметно связывается фракцией гуминовых кислот, быстрее калия включается в решетку минералов и незначительно мигрирует вглубь почвы в растворимом состоянии. Стронций-90 более подвижен, так как в основном связан с веществами декальцината и фульвокислотами. Исключительно мала миграция радионуклидов вниз по профилю торфяных почв. В 1992 г. максимальная их концентрация отмечена на глубине 2-5 см. Здесь наряду с перегнойно-аккумулятивным барьером, вероятно большая роль принадлежит и сорбционному барьеру.

Роль *сорбционного барьера* на территории области могут сыграть любые зоны сочленения массивов, сложенных горными породами различного механического состава. Это могут быть линзы и прослойки супесей или глинистых песков, зона контакта водноледниковых или моренных отложений с аллювиальными; заболоченная западина с делювиальными суглинками или торфом на водно-ледниковой равнине и т.д. Любое изменение механического состава горных пород способно существенно изменить условия прохождения несущего потока и сыграть роль сорбционного барьера. Сорбционные барьеры тесно связаны с глеевыми.

На восстановительных *глеевых барьерах*, обогащенных вторичными алюмоферросиликатами, сидеритами и вивианитами, а также в торфяно-перегнойно-глеевых почвах с высоким содержанием органогенных и органоминеральных коллоидов происходит устойчивая фиксация ^{90}Sr . Отмечено также, что ^{90}Sr и ^{137}Cs выпадают в осадок на контакте водораздельных и пойменных геосистем, что скорее всего связано с геоморфологическими особенностями.

Прочность фиксации ^{90}Sr на глеевых барьерах зависит от типа сорбции, водного режима почв и наличия других форм миграции. Кроме того, ^{90}Sr прогрессивно накапливается в областях вторичного накопления стронция и кальция, то есть с течением времени содержание его на ЛГБ возрастает. Следует также отметить, что глеевые барьеры обладают ярко выраженной сезонной динамикой, а глубина их залегания тесно связана с литологией горных пород и рельефом местности.

Пожалуй, наиболее эффективные ландшафтно-геохимические барьеры представляют собой лугово-болотные и лесоболотные западинные комплексы. В них концентрация твердого стока сочетается с удерживающей способностью древесной, кустарниковой, травяной и моховой растительности и торфяных залежей.

Накопление радионуклидов на ЛГБ можно использовать для дальнейшего их изъятия, консервации или захоронения. Это, конечно не может полностью решить проблему реабилитации загрязненных территорий, но при умелом использовании миграционных особенностей радионуклидов можно в значительной степени снизить опасность их дальнейшего перераспределения в природных комплексах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Пархоменко В.П., Симонов А.С. Миграция радиоцезия в лесной экосистеме // Тезисы докладов координационного совещания и международной научно-практической конференции по современным проблемам лесоведения. - Брянск, 1995. - С. 14-15.

Радиационно-экологическая обстановка Брянской области / Мурахтанов Е.С., Ахременко С.А., Акименков Н.В. и др. - Брянск: Б.и., 1994. - 80 с.