

10.3.4. Геохимическая миграция элементов в ландшафтах.

Опыт использования ^{137}Cs как маркера эрозии почв заповедника вследствие рекреационного воздействия

Деградация почв на современном этапе антропогенного воздействия на окружающую среду является большой проблемой. Основные нарушения, часто наблюдаемые в пределах особо охраняемых природных территорий и отражающиеся на почвенно-растительном комплексе и почвенной фауне, связаны с вытаптыванием. Оно проявляется в виде прямого механического повреждения растений и верхнего горизонта почв и в виде косвенного влияния – через ухудшение физических и химических свойств почвы. В момент пешей прогулки человек способен оказывать на почву давление до 47 кг/см^2 [Оборин, 2007; Чижова, 1977]. В пределах территорий с высокими показателями расчленения рельефа, подобный процесс, наряду с уплотнением почвы, приводит к снижению ее устойчивости, и, как следствие, к эрозии, сопровождающейся разрушением гумусового горизонта.

Таким образом, изучение эрозии почв имеет важное значение при оценке устойчивости ландшафтов горных территорий в целом, а особенно для ООПТ, когда данные о нарушении почвенного покрова могут являться важным основанием регулирования потока посетителей и планирования защитных мероприятий.

В настоящей работе предпринята попытка использования радиоцезиевого метода для сопоставления величины эрозии почвенного покрова на участках с высокой рекреационной нагрузкой (ППП №9-рекреация) и фоновом (ППП №10) заповедника «Столбы». Исследования проводились на двух постоянных пробных площадях по рекреации. Изотоп ^{137}Cs весьма прочно, практически необратимо, связывается в почве и аккумулируется лишь в верхних, наиболее значимых, горизонтах почвы – подстилочном и гумусово-аккумулятивном [Перетрухин, 2001; Цветнова, 2001]. Глубже он проникает крайне редко (в очень кислых почвах, либо в условиях крайне значительных выпадений, как, например, на территории ВУРС или ближней зоны воздействия аварии на ЧАЭС), таким образом, маркируя верхние почвенные горизонты. Высокая связывающая способность изотопа приводит к тому, что его миграция в значимых масштабах возможна лишь механическим путем – вместе с частичками, на которых он сорбирован, то есть, в результате эрозии или дефляции. Запускающим механизмом дефляции и эрозии на облесенных участках с развитым напочвенным покровом и является рекреация [Assessment of erosion..., 2006]. К преимуществам радиоцезиевого метода относят простоту осуществления полевого и лабораторного этапов работ; возможность проведения исследований без нанесения вреда почвенному покрову; возможность множественного площадного опробования почв и детального картографирования зон эрозии и аккумуляции вещества [Голосов, 2000].

Исследования проводились в июле 2015 года на территории заповедника «Столбы». Исследуемый участок приурочен к склону юго-восточной экспозиции (ППП № 9). Крутизна склона изменяется от 5° до 17° , уклон составляет 20%. В центральной части склона проложена пешеходная тропа, ведущая от Перевала вверх к скале Слоник. В действительности, пешеходный маршрут представляет здесь не отдельную тропу, а систему тропинок, растянувшуюся по поверхности склона на площади 1780 м^2 . Данная тропа существует, вероятно, с первой половины XX века, что соответствует началу посещения современной территории заповедника местными жителями с целью скалолазания. В.А Обручев описывает, что уже в 1908 году на тропе, ведущей к Центральным столбам, можно было за время подъема встретить несколько компаний постоянных посетителей – столбистов [Обручев, 1986]. Посещали в это время территорию и люди, проездом оказавшиеся в Красноярске, что говорит о достаточной известности и освоенности маршрута уже более 100 лет.

На сегодняшний день основная часть тропы не используется, вследствие сооружения над ней в 2011 году лестничного подъема с целью снижения антропогенной нагрузки, в результате чего почвенно-растительный покров медленно восстанавливается.

Подстилка на всех тропах отсутствует, сложение верхнего минерального горизонта нарушено, часто отмечаются выходы на поверхность крупного щебня. Основные тропы имеют в разной степени выраженную форму лотка, что, учитывая средний уклон на рассматриваемом участке, превращает тропиночную сеть в систему быстрого сброса ливневых и талых вод, при этом значительная часть внутритпочвенного стока заменяется

поверхностным. Это также способствует выносу за пределы биогеоценоза мертвого органического материала, гумусовых веществ и минеральных элементов при размывании верхнего аккумулятивного горизонта почвы.

Изучение морфологии и структуры кернов почв, отобранных вдоль поверхности склона из микроскважин ручным почвенным буром, свидетельствует о том, что в общем плане контуры пешеходной тропы за время ее существования значительно не изменялись. На удалении более 4 метров от ее текущих границ в почвенном профиле не фиксируется выраженных признаков деградации. Доминирующими древесными породами являются пихта и сосна.

Активность ¹³⁷Cs в почвенных пробах определялась гамма-спектрометрическим методом на сцинтилляционном спектрометрическом комплексе МКГБ-01 «РАДЭК» с детектором БДЕГ-63 NaI (Tl) в геометрии сосудов Маринелли объемом 1 дм³.

Для сопоставления свойств почв и запасов в них ¹³⁷Cs на бывшей пешеходной тропе с фоновыми условиями, почвенные пробы были отобраны также под пологом пихтово-соснового леса на ненарушенных участках склона (ППП № 10).

Отбор проб подстилки (О) выполнялся с фиксированных площадей 0.12 м² – прямоугольник со сторонами 30х40 см и 0.16 м² – прямоугольник со сторонами 40х40 см. Подгоризонты OL, OF и OH отбирались совместно, без их разделения. Разделение подгоризонтов подстилки происходило в лабораторных условиях. На фоновых участках почвы хрящеватые, в составе почвенного мелкозема физическая глина составляет от 10% до 26 %. Объемный вес почв изменяется в интервале от 1.30 до 1.38 кг/дм³, рН водной вытяжки варьирует от 5.1 в подстилке до 5.7 в минеральных горизонтах.

В результате исследований было выявлено, что радиоактивный изотоп ¹³⁷Cs присутствует во всех подгоризонтах подстилки и гумусово-аккумулятивном горизонте. Запас изотопа в 30-см слое изменялся от 5550 до 5890 Бк/м², в среднем составляя 5720±800 Бк/ м². Около 94% от общего запаса ¹³⁷Cs сосредоточено в грубогумусовом горизонте (табл. 10.3.4.1).

Таблица 10.3.4.1

Удельная активность и запас цезия-137 в почвах исследуемой территории

Номер пробной площади	Индекс горизонта, глубина, см	Вес горизонта*, кг/м²	Удельная активность ¹³⁷ Cs, Бк/кг	Запас ¹³⁷ Cs, Бк/м²
Бурозем грубогумусный				
1 (ПП №9)	OL (0-1)	0.346	13.4	4.6
	OF (1-2)	1.246	20.1	25.0
	OH (2-3)	0.564	44.5	25.1
	AYao (3-11)	101.2	54.3	5495.2
	BM (11-26)	-	< 3	-
Бурозем грубогумусный				
2 (ПП №10)	OL (0-1)	0.47	11.0	5.2
	OF (1-2)	1.42	19.7	27.9
	OH (2-2.5)	0.37	45.7	16.9
	AY (2.5-12)	105.8	55.2	5840.2
	BM (12-28)	-	< 3	-

Примечание: * абсолютно сухой вес.

В пределах пешеходной тропы почвенный покров представлен остаточными фрагментами исходных буроземов грубогумусных, сильно деградированных.

Объемный вес почв изменяется в интервале от 1.67 до 1.97 кг/дм³ в среднем, составляя 1.80±0.34 кг/дм³. Гамма-спектрометрическому анализу подвергался верхний слой деградированных почв в интервале глубин 0–0.1 м. Удельная активность цезия-137 изменялась от значений, находящихся за нижним пределом обнаружения аналитического комплекса (<3.0 Бк/кг) до 18 Бк/кг. Усредненный запас изотопа цезия-137 в районе пешеходной тропы, на площади 1700 м² составил 740 ± 124 Бк/м², крайние значения показателя варьируют от нижней границы детектирования (< 540 Бк/м²) до 3240 Бк/м².

Особенности гумификации и минерализации растительных остатков обуславливают то, что в буроземах присутствует сравнительно большое количество гумуса муллевого типа, который отличается высокой степенью дисперсности и тесной связью с минеральными компонентами, в составе которого высока доля бурых гуминовых (ульминовых) кислот. Такой гумус также способствует сохранению на месте как продуктов почвообразования, так и поступающих извне элементов.

Таким образом, потери ^{137}Cs почвенными горизонтами могут быть связаны лишь с их механической миграцией, за счет почвенной эрозии и в некоторой степени, вероятно, дефляции. Поскольку до 100% запасов ^{137}Cs связано именно с горизонтами О и АУ, его потери прямо пропорциональны потере запасов материала верхних горизонтов почвы.

В среднем, суммарные запасы ^{137}Cs в горизонтах О и АУ на фоновых участках исследуемого склона составляют 1430 ± 460 Бк/м², в то время как запас изотопа в деградированных почвах в пределах сети пешеходных троп составил 740 ± 310 Бк/м². Таким образом, за период времени от начала активного поступления изотопа ^{137}Cs в компоненты наземных экосистем (1949 г.) [Артемьев и др., 2002] до момента наших исследований, потеря запасов изотопа почвенным покровом в пределах системы троп исследуемого склона достигла 52% относительно фоновых участков, что примерно соответствует потере 51% от запасов горизонта АУ. Учитывая данные о физических свойствах почв и запасах почвенных горизонтов, нетрудно подсчитать, что за 65-летний период почвенный покров склона в пределах системы пешеходных троп утратил, относительно фоновых почв, 97.2 тонны сухой массы верхних почвенных горизонтов. В площадном выражении интенсивность эрозии составила на исследуемом участке 546 т/га за 65 лет, или 8.4 т/га в год.

ЛИТЕРАТУРА

- Артемьев О.И., Умаров М.А., Ларин В.Н., Процкий А.В. Изучение особенностей распределения радионуклидов в радиоактивных выпадениях атмосферных ядерных взрывов на семипалатинском полигоне // Вестник НЯЦ РК «Радиоэкология, охрана окружающей среды». Вып. 3, сентябрь 2002. С. 24—30.
- Голосов В.Н. Использование радиоизотопов при исследовании эрозионно-аккумулятивных процессов // Геоморфология. 2000. № 2. С. 26-33.
- Оборин М.С. Усть-Качкинская курортно-рекреационная зона как эколого-социально-экономическая система: дис. ...канд. геогр. наук. Пермь, 2007. 225 с.
- Обручев В.А. За тайнами Плутона. М.: «Молодая гвардия», 1986. 239 с.
- Перетрухин В.В. Радиоактивное загрязнение древесины чернойбыльской зоны // ИВУЗ. «Лесной журнал». 2001. № 2. С. 25-29.
- Цветнова О. Б., Щеглов А.И. Роль лесных экосистем при радиоактивном загрязнении // Природа. 2001. № 4. С.22-32.
- Чижова В.П. Рекреационные нагрузки в зонах отдыха. М.: Лесная промышленность, 1977. 48 с.
- Assessment of erosion in the Boyer River watershed (Canada) using GIS oriented sampling strategy and ^{137}Cs measurements (2006). Catena, 71(2), 242-249. National Council on Radiation Protection and Measurements.