подготовке территориальных СНиПов, оценке водных ресурсов, создании региональных гидрологических ГИС для экологического мониторинга водных объектов, для принятия управленческих решений по рациональному использованию и охране водных ресурсов.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (№ МК-6142.2014.5) на 2014-2015 гг.

Литература

1. Петина М.А. Использование геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами (на примере Белгородской области) // Научные ведомости БелГУ, 3 21 (92), 2010, выпуск 13. – С 151-156.
2. Петина М.А. Анализ и оценка водных ресурсов Белгородской области с использованием ГИС-технологий // Автореф. дис. канд. геогр. наук, Белгород, 2012. – 23 с.
3. Яницкий Е.Б., Петина М.А. Региональная модель управления водными ресурсами: подходы к построению, выбору средств хранения и обработки данных, практические результаты // Проблемы региональной экологии, 2012, №2. – С 42-47.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДИКАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЦЕЗИЯ-137 ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Л.Н. Трофимец¹, Е.А. Паниди²

¹ ФГБОУ ВПО Орловский государственный университет, ² ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный университет

г. Орел, Россия, ¹ trofimetc_l_n@mail.ru, ² panidi@yandex.ru

SPATIAL INTERPRETATION OF THE RESULTS OF SLOPE PROCESSES EXPERIMENTAL STUDY USING INDICATIVE POTENTIAL OF CHERNOBYL ORIGIN CESIUM-137

L.N. Trofimetc¹, E.A. Panidi²

¹ Orel State University, Orel, Russia, ² St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

¹ trofimetc_l_n@mail.ru, ² panidi@yandex.ru

Abstract. Analysis of the authors's experimental data made it possible to discover that the Cesium-137 variability on the arable slope caused by getting sampling points in the area of block or interblock depressions that compose paleocryogenic polygonal-block microrelief. The surveys accomplished on experimental area were intended to clarify the Cesium-137 indicative potential for study of topsoil loss due to flushing. Estimation of the flushed topsoil thickness has been performed basing on comparison between the thickness of plow horizon in 1986 and current depth of Cesium-137 distribution.

Two main problems were solved during research. First is the identification of erosion processes features within the elementary catchment areas with varying ruggedness degree. And the second is the detection of flush and accumulation features on the slopes of northern and southern exposure. Calculation of the Cesium-137 reserve in the modern plow horizon (0 - 20 cm) with the catchment area and profile curvature modeling made it possible to derive the preliminary relationship formula between soil loss in the elementary catchment area thalwegs and profile curvature.

В статье на основании анализа авторских экспериментальных исследований обсуждаются возможности использования ГИС-технологий для интерпретации индикационных свойств радионуклида цезия-137 при установлении влияния формы профиля склона и его экспозиции на протекание эрозионных процессов на пахотных склонах.

При использовании цезия-137 в качестве маркера перераспределения почвы внутри склоновых водосборов рекомендуется для определения «эталонной» активности отбирать от 7 до 40 образцов почвы. В настоящем исследовании было отобрано от 30 до 50 образцов в пределах каждой из трансект (рис. 1, 3). Анализ космических снимков высокого разрешения (снимки опубликованы в Google Earth™) и материалов авторских экспериментальных исследований (более 300 точек, с интервалом 2 м) с применением

спутниковой навигации позволили обнаружить следующее. Во многом (если не в основном) вариабельность цезия-137 на пахотном склоне (в ареале серых лесных почв и при современном фоновом радиоактивном загрязнении пахотных склонов 190 – 200 Бк/кг по цезию-137) обусловлена попаданием точек пробоотбора в зону блоков или межблочных понижений, связанных с проявлением палеокриогенного полигонально-блочного микрорельефа [Алифанов, и др., 2010] на выпукло-вогнутых склонах. Расчет коэффициентов вариации для каждой из трансект показал невысокую изменчивость активности цезия-137 на всех высотных позициях склона (6-13%). Пространственная изменчивость активности цезия-137 в пахотном слое объясняется чередованием зон аккумуляции и смыва, обусловленных рельефом конкретного участка склона. Отдельные точки с высокой радиоактивностью, обусловленные, по всей видимости, локальным выпадением радиоактивных частиц (количество таких точек не превысило в данном случае 5), из анализа исключались. Радиоактивность почвы в этих точках (они обнаружены на пахотном склоне северной экспозиции) достигала 235 Бк/кг. Еще более высокая активность цезия-137 зарегистрирована на естественных склонах облесенной балки (максимальная радиоактивность почвы на подветренной стороне оврагобалочной лесополосы составила 481 Бк/кг).

Объекты и методы исследования. Основу настоящих исследований составили результаты полевых исследований на серых лесных пахотных почвах в бассейне реки Сухая Орлица (Орловский район, Орловская область). Масштаб исследований был продиктован размерами форм палеокриогенного микрорельефа. Отбор проб осуществлялся через 2 м. Исследуемый период, по данным Новосильской ЗАГЛОС, характеризовался отсутствием стока с уплотненной пашни и зяби (2004 – 2013 годы). Отмечено, что по сравнению с периодом 1959 – 1986 г.г. [Барабанов, 1993], когда средний многолетний сток с зяби составил 32,6 мм, период с 1987 до 2013 г.г. характеризовался существенным снижением среднего многолетнего стока с зяби до 6,5 мм. Максимальные значения стока с зяби до 1986 года достигали 192 мм (1970 г.). После 1986 г. максимальные значения стока не превышали 37 мм (1994 г.). Последний сток с зяби отмечен в 2003 г. – 24,1 мм. За десять лет (2003 – 2013 г.г.) сток с зяби (и уплотненной пашни) не регистрировался. Вместе с тем, данные, полученные в настоящем исследовании, свидетельствуют о весьма высоких показателях смыва почвы в понижениях рельефа даже в этот период. Смыв на пахотных склонах, по экспериментальным данным (2010 – 2013 г.г.) достигал 60 – 100 т/га в год в тальвегах временных ручьев и 5 т/га в год в области блочных повышений.

Исследования на экспериментальном полигоне ставили целью выяснить индикационные свойства цезия-137 при изучении потерь пахотного слоя почвы в результате смыва. Радионуклид цезий-137 в последние десятилетия широко используется для оценки темпов эрозионно-аккумулятивных процессов [Голосов, 2006, Маркелов, 2004, Трофимец, Паниди, 2013 и др.]. В настоящем исследовании реализован подход, основу которого составило изучение процесса смыва и аккумуляции в пределах поверхности пахотного склона, структурно организованной в виде потоков. Исследования проводились в пределах одного типа элементарных водосборов собирающего типа (рис. 1), в зоне их тальвегов. В этом случае присутствовал однотипный процесс перемещения почвенного вещества в зоне конвергенции (сходимости потоков (рис. 1, 3)). Зона тальвега является хорошей моделью, позволяющей исследовать влияние формы продольного профиля на темпы протекания смыва. Послойный отбор проб в элементах микроручейковой сети в нижней части распахиваемой ложбины на склоне теплого румба позволил получить зависимость величины смыва почвы за период с 1986 г. по настоящее время от активности цезия-137 в современном пахотном горизонте [Трофимец, Паниди, 2013]. Оценка величины смытого слоя осуществлялась по результатам сопоставления мощности пахотного горизонта в 1986 году и глубины распространения цезия-137 сегодня. Для корректного назначения границ собирающих водосборов использовалась карта площади сбора, построенная по методу DEMON [M.C. Costa-Cabral, S.J. Burges, 1994] (рис. 1). Выделение границ водосборов на космическом снимке, топографической карте (масштаба 1:10 000) и построенной на ее основе карте пластики рельефа позволили сделать вывод о хорошей корреляции между положением границ водосборов на всех трех моделях. Наиболее оптимальным, тем не менее, был признан способ построения границ склоновых водосборов с использованием карты площади сбора. Эта карта показывает величину потенциальной площади, с которой возможен сбор почвенного материала в результате смыва в конкретную точку поверхности. Максимальная площадь сбора (идентифицирующая зону «тальвега»), изображена темным цветом (рис. 3). После получения расчетной зависимости смыва от активности цезия-137 или от площади сбора, для каждой ячейки карты может быть рассчитан смыв в тоннах с единицы площади в год.

Результаты и их обсуждение.

В процессе исследования решались две задачи. Первая – выявить особенности протекания эрозионных процессов в пределах элементарных водосборов разной степени расчленения. Вторая – выявить особенности смыва и аккумуляции на склонах северной и южной экспозиции. Первая задача решалась путем сравнения активности цезия-137 в слое почвы 0 – 20 см в пределах трансект 112 – 114 (расчленение склоновой поверхности до 60 см на 1 водосборе площадью 0,036 кв. км) и радиоактивности цезия-137 на трансектах 9121 – 9124 (глубокое расчленение склоновой поверхности до 3 м в устьевой части водосбора № 2 с площадью 0,053 кв. км). Одновременно исследовались индикационные свойства радиоцезия в отношении смыва и аккумуляции почвы в области тальвегов водосборов, а также в области блоков и межблочных понижений (темные полосы на космическом снимке). Вторая задача решалась путем сравнения распределения активности цезия-137 в современном пахотном слое (мощностью 0 – 20 см) на склоне южной экспозиции

Вычисление запаса цезия-137 в современном пахотном горизонте (0 – 20 см), учет площади сбора и профильной кривизны позволили получить предварительную расчетную зависимость (1) (приведен пример зависимости для северного склона). Зависимость типа (1) показывает влияние профильной кривизны на смыв почвы в области тальвегов элементарных водосборов. Элементарные водосборы выделены с помощью карты площади сбора, построенной по методу DEMON [M.C. Costa-Cabral, S.J. Burges, 1994],

Рис. 1. Линии тока в тальвеге водосбора № 2, совпадающие с положением линии максимальной площади сбора (точечная полилиния, пересекающая трансекты 9121-9124)

Рис. 2. Зависимость смыва от профильной кривизны для тальвега понижения на склоне северной экспозиции (собирающий водосбор №3). Смыв рассчитывался для точек, приуроченных к самым глубоким частям трансект (установленным по материалам топографической съемки).

$$y = -12656x^2 + 58266x + 2746, \quad (1)$$

где y – смыв, т/га год (в тальвеге понижения на склоне северной экспозиции за период 1986-2013 г.г.),
 x – профильная кривизна вдоль тальвега понижения.

Для склона северной экспозиции влияние отрицательной профильной кривизны на смыв существенно иное, нежели для склона южной экспозиции (таблица 1 и рис. 2). При значениях профильной кривизны около минус 0,2 на склоне северной экспозиции зафиксирован нулевой смыв (рис. 2). На склоне южной экспозиции при таких же значениях профильной кривизны смыв составляет более чем 10 т/га год (таблица 1).

Рис.3. Собирающие водосборы. 184; 165,7; 161,9; 200,4 – активность цезия-137 (Бк/кг) в тальвеге водосбора № 3; 125; 156,7; 108; 144,2 – в тальвеге водосбора №2; 144; 148; 122,2 – в тальвеге водосбора №1.

Рис.4. Слева – точками обозначена зона аккумуляции (значение профильной кривизны отрицательное). К ней приурочены повышенные значения активности цезия-137 в тальвегах. Справа - Фрагмент трансекты 112. 1, 2, 3 –межблочные понижения (темные участки), которым соответствует низкая активность цезия-137, связанная со смывом почвы.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований пространственного распределения смыва и аккумуляции, установленных радиоцезиевым методом, в зависимости от профильной кривизны вдоль тальвегов собирающих водосборов (фон по цезию-137 – 200 Бк/кг). Смыв рассчитан за период 1986-2013 г.г.

№ трансекты	Положение на склоне	Цезий-137, Бк/кг	Профильная кривизна	Слой смытой почвы, т/га год
Склон южной экспозиции (слабо расчлененный водосбор)				
112	основание	122,2	+0,20 (интенсивный снос)	32,0000
113	ср. часть	148,0	-0,02 (аккумуляция)	21,4000
114	приводораздельная часть	144,0	+0,003 (снос)	23,0000
Склон южной экспозиции (глубоко расчлененный водосбор)				
9121	основание	144,2	-0,10 (аккумуляция)	22,9394
9122	ср. часть	108,0	+0,10 (снос)	37,8212
9123	приводораздельная часть	156,7	-0,13 (аккумуляция)	17,8006
9124	водораздел	125,0	+0,003 (снос)	30,8325
Склон северной экспозиции (слабо расчлененный водосбор)				
118	основание	200,4	-0,19 (аккумуляция)	0
121	2/3 часть склона	161,9	+0,18 (снос)	15,6629
124	ср. часть	165,7	+0,09 (снос)	14,1007
125	приводораздельная часть	184,0	+0,04 (снос)	6,5776

Вывод. При одинаковой площади сбора и одинаковой профильной кривизне смыв в тальвегах понижений на склоне северной экспозиции ниже смыва в тальвегах понижений на склонах южной экспозиции (в ареале серых лесных почв в бассейне Верхней Оки) в 10-15 раз.

Библиографический список

11. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М.: ГЕОС, 2010. 140 с.
12. Барабанов А.Т. Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии. Волгоград, 1993. 156с.
13. Голосов В.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
14. Маркелов М.В. Современные эрозионно-аккумулятивные процессы в верхних звеньях гидрографической сети лесной и лесостепной зон. Автореферат канд. дисс. Москва, 2004. 26 с.
15. Сурмач Г.П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия. Волгоград, 1992. 175 с.
16. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А. Особенности трансформации поля активности цезия-137 чернобыльского происхождения на пахотном склоне южной экспозиции, осложненном реликтовым микрорельефом, в бассейне Верхней Оки. Геоморфология и картография: материалы XXXIII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Саратов: Изд-во Сарат. Ун-та, 2013. С.211-216.
17. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А. Результаты изучения потерь почвы в элементах нерусловой эрозионной сети на пахотном склоне в ареале серых лесных почв бассейна Верхней Оки. // Ученые записки Орловского государственного университета, Серия «Естественные, технические и медицинские науки», Орел, 2013. №6 (56). С. 299-304.
18. Шарый П.А. Оценка взаимосвязей рельеф-почва-растения с использованием новых подходов в геоморфометрии. Автореферат канд. дисс. Пушкино, 2005. 26 с.
19. Mariza C. Costa-Cabral, Stephen J. Burges. Digital Elevation Model Networks (DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas. // Water Resources Research, Volume 30, Issue 6, pages 1681–1692, January 1994. DOI: 10.1029/93WR03512

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
БИОИНДИКАЦИОННЫХ И ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*С.В. Шекоян, С.А. Епринцев
Воронежский государственный университет
г. Воронеж, Россия E-mail: shekoyan.syuzanna@mail.ru*

**USING GIS TECHNOLOGIES BIOINDICATIVE DURING AND ENVIRONMENTAL
GEOCHEMICAL STUDIES OF URBAN AREAS**

*S.V. Shekoyan, S.A. Eprintsev
Voronezh state university
Voronezh, Russia E-mail: shekoyan.syuzanna@mail.ru*

Abstract. The algorithms of the application of modern geographic information technologies in research bioindicative indicators urbanized areas, as well as ecological and geochemical studies. On the example of the urban area of the city of Vanadzor, Armenia the main stages of the geochemical mapping of the territory. In ArcGIS software package implemented geo-ecological mapping of anthropogenic soil contamination study area, which shows that the soil cover extensively contaminated with heavy metals - Pb, Cu, Zn.

Возросший антропогенный прессинг стимулирует разработку новых и модификацию уже существующих способов оценки загрязнения отдельных компонентов экосистемы урбанизированных территорий, позволяющие получить интегральную оценку качества окружающей среды. Одна из задач проведения систематических исследований городских экосистем – изучение состояния зеленых насаждений, подверженных негативному воздействию антропогенных факторов [Джугарян, 1987]. Наблюдения за структурно-функциональными откликами растений являются составной частью биомониторинга, осуществляемого с помощью методов биоиндикации, среди которых главную роль занимает