

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ

А.А. Бутько¹, В.А. Пашинский¹, О.И. Родькин²

¹Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова, Минск

²Белорусский национальный технический университет, Минск

В работе представлены результаты моделирования количественных характеристик формирования поверхностного стока при конструировании вегетативных фильтров в границах сельскохозяйственных угодий с целью снижения биогенной нагрузки на водные объекты.

Ключевые слова: моделирование, поверхностный сток, агроэколандшафт, биогенные элементы, вегетативные фильтры.

По оценочным данным более 60 % от общего объема загрязнений в республике формируется за счет рассредоточенных источников с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий. Одним из основных видов загрязнений, формирующихся на речном водосборе, является загрязнение биогенными элементами (азотом и фосфором). Годовой вынос соединений азота и фосфора с сельскохозяйственных земель в водные объекты складывается в результате взаимодействия естественных геохимических процессов, определяющих фоновые величины выноса, применения средств химизации и внесения на поля удобрений, а также поступления биогенных веществ с атмосферными осадками [1].

Так, среди прогнозных показателей «Стратегии в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года» предусмотрено снижение поступления в водоемы азота и фосфора на 50 % по отношению к 2010 г, что обуславливается снижением уровня агрохимической эрозии до 4,7-4,8 % от площади сельскохозяйственных угодий и до 0,7-0,8 % водной эрозии [2].

Одним из направлений минимизации поступления биогенных элементов в водные объекты является использование вегетативных фильтров, посредством которых осуществляется биологическая очистка твердого, плоскостного стока дождевых, талых и дренажных вод формирующихся на территории сельскохозяйственных угодий.

Моделирование количественных характеристик поверхностного стока с территории элементарной ландшафтной единицы заключается в определении:

- суточных объемов дождевого и талого поверхностного стока;
- суточных объемов пикового дождевого и талого поверхностного стока.

Содержание влаги в почвенном профиле при моделировании количественных характеристик поверхностного стока основано на уравнения водного баланса [3]:

$$SW^i = SW^{i-1} + R_{day}^i - Q_{surf}^i - E_a^i - w_{seep}^i - Q_{gw}^i,$$

где SW – содержание влаги в почвенном профиле, мм; R_{day}^i – суточное количество выпадения жидких осадков в i сутки, мм; Q_{surf}^i – слой поверхностного стока, мм; E_a^i – эвапотранспирация, мм; w_{seep}^i – фильтрация, мм; Q_{gw}^i – поступление грунтовых вод в почвенный профиль, мм.

Моделирование поверхностного стока с элементарной ландшафтной единицы, в границах сельскохозяйственных угодий, выполнено используя базовую полуэмпирическую модель нумерованных кривых стока (Soil Conservation Service curve number) [4]:

$$Q_{surf}^i = \frac{(R_{day}^i - I_a^i)^2}{R_{day}^i - I_a^i + S^i},$$

где R_{day}^i – суточное количество выпадения жидких осадков в i сутки, мм; S^i – влагоужержание поверхностного стока в i сутки, мм; $I_a^i = 0,2S^i$ – потенциальное влагоужержание поверхностного стока в i сутки, мм.

Влагоужержание поверхностного стока определяется по формулам [5]:

– в период вегетации

$$S^i = S^{i-1} + E_0 \cdot \left(\frac{-cn_{coef} \cdot S^{i-1}}{S_{max}} \right) - R_{day}^{i-1} + Q_{surf}^{i-1};$$

– во вневегетационный период

$$S^i = S_{max} \cdot \left(1 - \frac{SW}{SW + \exp(w_1 - w_2 \cdot SW)} \right);$$

– для мерзлой почвы

$$S^i = S_{max} \cdot (1 - \exp(-0,000862 \cdot S^{i-1})),$$

где E_0 – потенциальная эвапотранспирация, мм/сут.; cn_{coef} – коэффициент учитывающий влияние потенциальной эвапотранспирации на влагоужержание поверхностного стока; S_{max} – максимальное влагоужержание поверхностного стока, мм; SW – содержание влаги в почвенном профиле, мм; w_1, w_2 – коэффициенты формы кривой.

Пиковый сток q_{peak}^i , в i сутки, м³/с, определяется по формуле [5]:

$$q_{peak}^i = \frac{1 - \exp(2 \cdot t_{conc}^i \cdot \ln(1 - \alpha_{0,5})) \cdot Q_{surf}^i \cdot area'_{hru}}{3,6 \cdot t_{conc}^i},$$

где t_{conc}^i – продолжительность стока, ч; $\alpha_{0,5}$ – доля осадков соответствующая максимальной получасовой интенсивности; $area'_{hru}$ – элементарной ландшафтной единицы, км².

Сокращение стока при конструировании вегетативного фильтра описывается эмпирическим уравнением (Vegetative Filter Strip MODel) [6]:

В качестве объекта исследований принят водосбор р. Волмянка площадью 16,01 км², ограничивающиеся прудом ($\varphi = 53^\circ 52' 29,33''$; $\lambda = 26^\circ 58' 15,47''$).

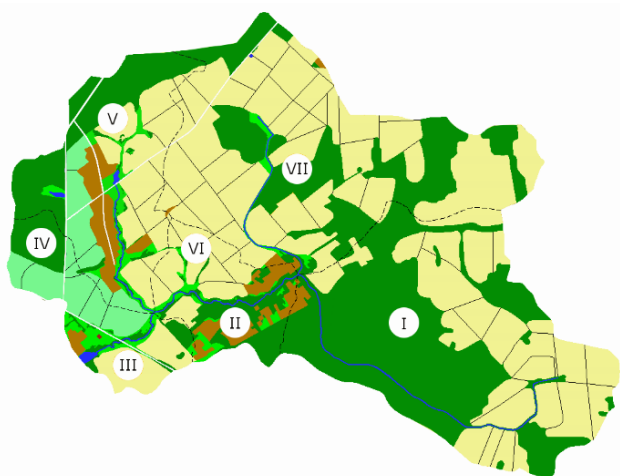


Рисунок1 – Территория водосбора водного объекта: I-VII – субводосборы

Структура земель водосбора составляет пашня – 55 %, леса – 40 %, селитебные территории с садами и огородами – 3,5 %, луга, дорожно-транспортная сеть, гидрологические объекты и прочие элементы – 1,5 %. Водный объект (пруд) отвечает условиям

репрезентативности водного бассейна, на территории которого осуществляется интенсивная сельскохозяйственная деятельность.

Пример результатов моделирования поверхностного и пикового стока в пределах элементарного участка № 61, которому соответствуют следующие основные характеристики: площадь – 8,9 га; средняя длина склона – 243 м; средняя крутизна склона – 0,043м/м; гранулометрический состав почвы – связанная супесь; возделываемая культура – овес, представлены на рисунке 2.

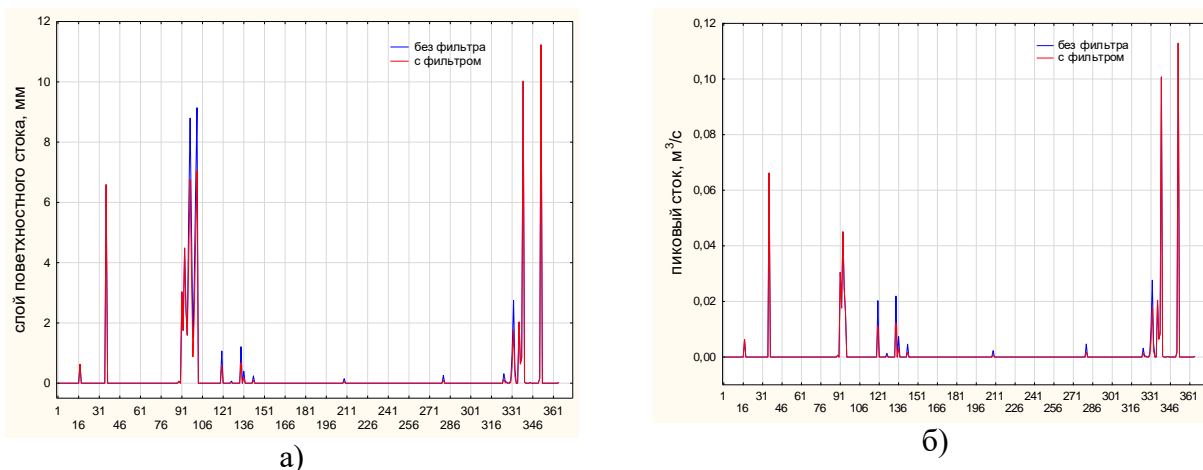


Рисунок 2 – Результаты моделирования характеристик стока

Полученные результаты позволяют: оценивать пространственное распределение выноса биогенных элементов из диффузных источников биогенной нагрузки в пределах водосборов водных объектов; определять концентрацию биогенных элементов в различных контрольных и замыкающем створах в границах водосборов водных объектов; проводить районирование территории по значениям выноса биогенных элементов; выявлять зоны повышенной биогенной нагрузки.

Список использованных источников

1. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года / М-во природ. ресур. и окружающей среды Республики Беларусь Минск 2010. – 43 с.
2. Стратегия в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года/ М-во природ. ресур. и окружающей среды Республики Беларусь Минск 2010. – 43 с.
3. Arnold, J.G. Large area hydrologic model development and assessment Part 1: Model development. Journal of the American Water Resources Association 34(1): 1998. –P 73–89.
4. Soil Conservation Service Engineering Division. 1986. Urban hydrology for small watersheds. U.S. Department of Agriculture, Technical Release 55.
5. Neitsch, S.L.. Soil and Water Assessment Tool, Theoretical documentation version, 2005. – 432 p.
6. Mucoz-Carpe. R., Parsons, J.E. VFSSMOD-W. Vegetative Filter Strips Modeling System. University of Florida, 2005. – 432 p.

Butsko A.A.¹, Pashynski V.A.¹, Rodzkin A.I.²

SIMULATION OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF SURFACE FLOW IN CONSTRUCTION OF VEGETATIVE FILTER STRIP

¹ Belarusian State University, ISEI BSU (Belarus)

² Belarusian National Technical University (Belarus)

The paper presents the results of modeling the quantitative characteristics of the formation of surface runoff in constructing vegetative filter strip within the boundaries of agricultural lands in order to reduce the biogenic load on water objects.

Keywords: modeling, surface runoff, agroecological landscape, biogenic elements, vegetative filter strip.