К.т.н. Пономаренко Е. Г., к.т.н. Немцова А. А., Федулова А. В.

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, Украина

Харьковский национальный фармацевтический университет, Украина

Защита водных объектов от сельскохозяйственного поверхностного стока с применением экотехнологий

Поверхностный сток относится к существенным источникам загрязнения поверхностных водных объектов. И, если для селитебных территорий его влияние может быть снижено путем перехвата системами ливневой канализации с последующей очисткой на городских очистных сооружениях, то сток с сельскохозяйственных территорий представляет собой плохо регулируемый диффузный источник поступления примесей. Среди последних преобладающими являются взвешенные вещества, пестициды, азотосодержащие соединения, фосфаты, нефтепродукты, тяжелые металлы. Поступление с сельскохозяйственным стоком биогенов – минеральных форм азота и фосфора – служит одной из причин развития процессов антропогенного эвтрофирования водоемов и даже водотоков. Эти обстоятельства объясняют внимание, которое уделяется поиску эффективных и экономически оправданных способов защиты водных объектов от сельскохозяйственного поверхностного стока.

Одним из интересных и активно развивающихся направлений является создание защитных буферных зон (Conservation Buffers), представляющих собой комплекс полос растительности различного типа (деревья, кустарники, трава), препятствующие поступлению поверхностного стока в водный объект по рельеф местности и очищающих его. Таким образом, буферные зоны представляют собой систему растительных сообществ, каждый из которых реализует специфические задачи по изменению количества и качества поверхностного стока. К основным компонентам экологических буферов относят:

– прибрежные буферы. Этот тип буферов реализуется в Украине в виде прибрежных защитных полос. Это часть водоохранной зоны соответствующей ширины вдоль рек, морей, водоемов, на которых установлено более суровый режим хозяйственной деятельности, чем в остальной части территории водоохранной зоны. Ширина этой зоны устанавливается в зависимости от размеров реки и составляет 25 метров для малых рек, ручьев и ручейков, а также прудов площадью меньше 3 гектаров, 50 метров для средних рек, водохранилищ на них и прудов площадью свыше 3 гектаров и 100 метров для больших рек, водохранилищ на них и озер. Если крутизна склонов превышает три градуса, минимальная ширина прибрежной защитной полосы удваивается;

– фильтрующие полосы – площадки, располагаемые, как правило, у нижней кромки поля и засеянные растительностью для удаления осадка, органических веществ и других загрязняющих веществ со стоков и сточных вод.

– травянистые водные пути составляются из натуральных или искусственно созданных травяных каналов, которые снижают скорость поверхностного стока до уровня, предотвращающего эрозию. Растительность в травянистом водном пути замедляет и распределяет потоки воды для более эффективного удаления загрязняющих веществ. Для этого типа буфера выбирают виды многолетних трав (люцерна, просо, клевер, кострика), которые имеют жесткие вертикальные стебли, действующие как плотный фильтр;

– ветрозащитные (полезащитные) полосы или лесные полосы располагаются по границам севооборотных участков на относительно равных площадях, где уклон местности не превышает 1,5 – 2°. В задачу полос входит защита полей от ветровой эрозии, а сельскохозяйственных культур от губительного влияния суховеев. Как правило, они составляются с большого числа рядов деревьев;

– водно-болотные угодья**.** Небольшие водно-болотные угодья, построенные на пути движения поверхностного стока, служат одним из вариантов замедления и удержания потоков води. Это необходимо для того,

чтобы предоставить больше времени для осаждения биогенных веществ и их поглощения растениями или микроорганизмами. Для обеспечения эффективного удаления большинства загрязняющих веществ, поверхностный сток должен находиться в водно-болотных угодьях 10–15 дней. Чтобы обеспечить такое время пребывания стока, нужно проектировать болота так, чтобы их размер составлял 2–4 % площади водосбора. В связи с этим полевые водно-болотные угодья пока широко не используются, отчасти через осознание того, что они должны занимать значительные площади, чтобы быть эффективными.

Эффективность буферной зоны будет зависеть от ширины и типа насаждений в буфере. Ширина буфера измеряется в направлении потока. Длина буфера – это продольное расстояние между ландшафтами, которое полоса занимает перпендикулярно направления потока.

На эффективность буфера также влияет тип и плотность растительности. Так, для травяных буферов требуется, обычно, больше 500 стеблей на квадратный метр для того, чтобы замедлить водный и ветровой потоки и обеспечить достаточную площадь поверхности контакта. Стебли должны стоять в вертикальном положении во время движения потока.

Ширина буфера зависит от уклона местности и географии района. Одним из критериев служит фактор «дождь – поверхностный сток» R, используемый в универсальном уравнении потери почв (USLE). В районах со значением фактора R от 0 до 35, соотношение между площадью сельскохозяйственных угодий и площадью буфера должны составлять не более 70: 1; при R от 35 до 175 – 60: 1, и при R больше 175 – 50: 1.

Кроме рельефа местности очень важно оценить, как разные загрязнители ведут себя в буфере, как они трансформируются и поглощаются растительностью в буфере.

Поступление соединений азота с с/х поверхностным стоком колеблется в широких пределах. Анализ литературных данных показал, что удельный годовой вынос общего азота может изменяться от 0,1 до 10 кг N / га.

Наибольшую удельную нагрузку с единицы площади создают посадки картофеля. В пересчете на урожайность наибольшую нагрузку по азоту создают посевы подсолнечника (порядка 4,5 кг / т, что примерно в два раза превышает удельную нагрузку по другим с/х культурам). Буферные зоны способны эффективно извлекать соединения азота, при этом рядом исследователей установлено, что скорость денитрификации практически не зависит от типа растительности (деревья, кустарник, трава) и определяется временем пребывания потока в зоне буфера. Это время зависит от ширины буфера и уклона поверхности. Зависимость эффективности очистки носит существенно нелинейный характер (рисунок).

Рисунок. Эффективность удаления общего азота экологическим буфером.

При ширине буфера 10 м эффективность составляет более 80 %. Дальнейшее увеличение ширины буфера не приводит к существенному увеличению эффективности удаления азота. Однако из соображений естественного самовосстановления растительности экологических буферов их минимальную ширину рекомендуется принимать в диапазоне 10 – 20 м [1]. В грунтовых водах линейная зависимость наблюдается до ширины 20 м.

Фосфор (Р) в стоке находится либо в виде частиц, либо в растворенной форме. Твердые частицы фосфора вместе с другими взвешенными веществами могут быть удержаны в буфере стеблями растений. Растворенный фосфор сначала должен проникнуть в почву, где и будет поглощен корневой системой растений. Удаление общего фосфора тесно коррелируется с сокращением содержания взвешенных веществ за счет их задержания стеблями растений. Для

этих целей более эффективными оказываются буферы с травяной растительностью. Так, эффективность травяного буфера шириной всего 2 м составляет порядка 30%. Растворенные формы фосфора не являются преобладающими в составе с/х поверхностного стока (их доля колеблется в диапазоне 17 – 45 %), но существенные различия в эффективности их удаления сказываются на общей эффективности удаления общего фосфора экологическими буферами. Такие различия обусловлены тем, что снижение содержания растворенного фосфора зависит от большого числа факторов. Исследованиями ряда авторов установлено, что в этом случае тип растительности не играет существенной роли (хотя некоторое преимущество имеют деревья), а наиболее существенным является характеристика почв. Экспериментально установлено, что при равной ширине буфера эффективность удаления фосфора на песчаных почвах может втрое превосходить эффективность на глинистых почвах. В целом, так же, как и для азота, зависимость эффективности очистки от ширины буфера носит существенно нелинейный характер. При увеличении ширины до десяти метров происходить линейное повышение эффективности поглощения минерального и общего фосфора. С дальнейшим увеличением ширины буфера эффективность повышается не больше чем на 10 %.

Взвешенные вещества являются загрязнителями, которые эффективно удаляются из стока экологическими буферами. Эффективность удаления зависит от ширины буфера и характеристик растительности – плотность, жесткость и высота. На требуемую ширину буфера основное влияние оказывает фракционный состав взвесей. Большинство крупных частиц оседают уже в первых пяти метрах травяного буфера. Однако для удаления диспергированных частиц нужна ширина не менее десяти метров. Обычно буферы для удержания взвесей создают как заключительный элемент системы экологических буферов.

Таким образом, ширина буфера в 10 – 20 м является оптимальной для удаления основных загрязняющих веществ в сельскохозяйственном поверхностном стоке. Этой ширины также достаточно для устойчивого

развития растительного буфера, который в последующем потребует минимального ухода и поддержки буфера.

Наиболее целесообразные типы и размеры экологических буферов для удаления основных компонент загрязнения с/х поверхностного стока приведены в таблице.

Таблица. Экологические буферы для очистки с/х поверхностного стока

Загрязняющее вещество	Тип растительности буфера	Ширина буфера, м	Эффективность, %
Взвешенные вещества	Травянистая	10	87
$N – NO_3$, $N – NH_4$	Травянистая	10	99
N общий (поверхностный сток	Травянистая, древесная	9	80
N общий (грунтовый сток)	Древесная, кустарниковая	15	93
$P – PO_4$	Древесная	13	90
P общий	Травянистая, древесная	10	79

Литература

1. Vought, L.B.M.; Dahl, J.; Pedersen, C.L.; Lacoursiere, J.O. Nutrient retention in riparian ecotones//. Ambio 23, 1994: – pp. 342 – 348.

2. Parkyn S. Review of Riparian Buffer Zone Effectiveness // MAF Technical Paper No: 2004/05, 2004. – 31 p.

3. Borin, M.; Bigon, E. (2002). Abatement of NO3-N concentration in agricultural waters by narrow buffer strips // Environmental Pollution 117, 2002 – pp. 165 – 168.