

УДК 504.53.06:631.6.02

Факторы органического загрязнения дренажно-сбросных вод и мероприятия по их снижению

Стрельбицкая Е.Б., Печенина В.С., Соломина А.П.
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Создание осушительно-увлажнительных систем (ОУС) на переувлажненных почвах гумидной зоны РФ, обработка почв при возделывании пропашных и овощных культур, внесение удобрений и известкование почв отражаются на водном, тепловом, солевом, газовом и биологическом режимах ландшафта.

Воздействие осушительных мелиораций связано с изменением почвенных процессов на осушаемых массивах, которые приводят к образованию легко мигрирующих химических элементов, в том числе органических соединений, к увеличению интенсивности их выноса, особенно для торфяных почв. Изменение условий формирования количественного и качественного состава дренажных вод под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования почв отражается на их гидрохимической составляющей, которая определяет в совокупности с гидрологическими и метеорологическими условиями направленность продукционно-деструкционных процессов вод каналов осушительной сети.

Состав и содержание органических веществ в дренажно-сбросных водах определяется совокупностью многих различных по своей природе и скорости процессов, основными из которых являются:

- поступления с инфильтрационным и поверхностным стоком в результате взаимодействия с почвами на поверхности водосбора (аллохтонное ОВ); это в основном вещества гумусовой природы и промежуточные продукты распада и гумификации;
- внутриводоемные биохимические процессы продуцирования и разложения органического вещества, протекающие непрерывно и одновременно; прижизненные выделения и продукты распада биомассы гидробионтов (автохтонное ОВ).

Среди сложного механизма взаимодействия различных природных и антропогенных факторов, их взаимообусловленности и взаимовлияния, вызывающих ускорение минерализации ОВ почв и выноса органоминеральных соединений за пределы почвенного профиля, наибольшее влияние на повышение содержания органических веществ и биогенных элементов в дренажно-сбросных водах ОУС оказывают следующие условия: параметры системы; режимы осушения и увлажнения; гидротермические условия, влияющие на интенсивность микробиологических процессов в почве и на трансформацию органических соединений и биогенных веществ в каналах осушительной сети; несовершенство мелиоративных и агротехнических приемов, в значительной мере связанное с недостаточной разработкой вопросов трансформации в процессе сельскохозяйственного использования химического состава почвенных растворов и дренажных вод.

Главными поставщиками химических элементов в дренажные воды и открытые каналы осушительной сети являются почвы и подстилающие породы. Образование растворимых минеральных и органических соединений в почве связано с активными процессами минерализации ОВ торфа и внесением

агрохимикатов на интенсивно используемых в сельскохозяйственном производстве осушаемых почвах. Геохимическая обстановка на дерново-глеевых и перегнойно-торфяных почвах способствует связыванию минеральных форм фосфора в комплексные органические соединения, которые менее прочно закрепляются твердой фазой почв, что позволяет им быть более лабильными.

Фракционный состав ОВ дренажных вод свидетельствует о значительном содержании гумусовых веществ. Химическая структура этих соединений, в которой присутствуют функциональные группы разнообразной природы, обуславливают их высокую тенденцию к комплексообразованию. Многие микроэлементы при образовании хелатных комплексов с гуминовыми кислотами (ГК) и фульвокислотами (ФК) приобретают большую миграционную способность.

В водах осушительных каналов происходит смешение разгружающихся в них грунтово-напорных и дренажных вод. На процесс смешения вод осушительной сети накладываются процессы трансформации органических и биогенных соединений в результате протекающих в них внутриводоемных процессов, которые определяют направленность и интенсивность, как процессов самоочищения, так и вторичного, или биологического (органического), загрязнения.

Значительную долю химического состава в дренажных водах осушительно-увлажнительных систем на торфяных почвах составляют органические соединения (от 14-23 до 18-24% от общей суммы растворенных веществ). При антропогенном преобразовании мелиорируемых торфяных почв от количества и качества растворенных органических веществ (РОВ) дренажных вод, определяющихся интенсивностью антропогенного воздействия на торфяные почвы, зависят в большой степени поведение многих водных мигрантов, а также окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия.

Увеличение длительности и интенсивности антропогенного воздействия на торфяные почвы (при интенсивном сельскохозяйственном использовании мелиорируемых почв), нарушение процесса гумусообразования в пахотных торфяных почвах находит отражение в характеристиках РОВ дренажных вод – уменьшается абсолютное и относительное содержание гумусовых веществ сложного состава и увеличивается доля простых алифатических соединений. Стабильность качественного состава РОВ в дренажных водах снижается при снижении доли ГК и ФК за счет низкомолекулярных кислот жирного ряда и веществ, являющихся продуктами жизнедеятельности водных организмов (Неудачин и др., 1994).

Количество и качество ОВ в дренажных водах каналов осушительной сети осушительно-увлажнительной системы польдерного типа на дерново-глеевых и перегнойно-торфяных почвах поймы р. Яхромы (Московская обл.) связаны не только с их гидрологическим режимом, обработкой почв и внесением минеральных удобрений, но и с интенсивностью гидробиологических процессов продуцирования и разложения органического вещества.

Высокие значения показателей содержания ОВ до 94,4-107,5 мгО/л по бихроматной окисляемости (ХПК) и 26,4-28,0 мгО/л по перманганатной окисляемости (ПО) в каналах осушительной сети были приурочены к периодам массового развития фитопланктонного сообщества и нитчатых зеленых водорослей летом. В этот период превышения нормативного содержания по ОВ составили 3-7 раз, наблюдается перенасыщение воды растворенным кислородом до 20,4-22,5 мгО₂/л и сдвиг pH в щелочную среду (до 8,0-8,5) при интенсивном потреблении

CO₂ в процессе фотосинтеза водных организмов.

Существенную часть ОВ в воде каналов осушительной сети составляет, наряду с аллохтонным органическим веществом гумусовой природы, органика автохтонного происхождения, синтезируемая в самих водных экосистемах в результате фотосинтетической деятельности водных организмов (общая биомасса фитопланктона в аванкамере магистрального канала составила > 13 мг/л).

Соотношение перманганатной и бихроматной окисляемости (ПО/ХПК) позволяет судить о природе органических веществ в воде. Это соотношение в дренажно-сбросных водах ОУС, как правило, не превышало 0,4 (в основном изменяясь от 0,18 до 0,3), что свидетельствует о наличии в воде трудноокисляемой органики (в том числе свежесинтезированного органического вещества). Лишь в периоды снижения продукционных процессов (весна, осень) и зимой величина соотношения ПО/ХПК в осушительных каналах была выше 0,4 (изменяясь от 0,41 до 0,56), что указывает на преобладание в воде ОВ гумусовой природы.

Периоды ослабления продукционных процессов, связанные с активными процессами разложения органического вещества, в конце лета и осенью сопровождались в каналах осушительной системы снижением концентраций растворенного в воде кислорода в ряде случаев до 3,3-3,6 мгО₂/л, понижением рН до отметок 5,3-5,8 и увеличением концентраций ряда компонентов химического состава, превышающие ПДК для рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{рыб.}): по NH₄⁺ > 7-14 раз, NO₃⁻ и NO₂⁻ – в 13-38,5 раз и уровень мезотрофных водоемов по содержанию общего фосфора Р_{общ} в 1,6-8,3 раз. Восстановительные условия в придонных слоях воды при дефиците кислорода (0,6-1,8 мгО₂/л) в период ледостава вызывали увеличение содержания Р_{общ.} до 0,14-0,19 мг/л, а также превышение ПДК_{рыб.} концентраций NH₄⁺ и NO₃⁻ в среднем > 10-40 раз. Переход к анаэробному режиму, сопровождающийся сменой окислительных условий восстановительными, при которых накопленные в донных отложениях органические и минеральные вещества поступали обратно в воду, представлял собой источник «вторичного» загрязнения.

По содержанию органического вещества (по средним значениям ХПК и ПО) в соответствии с комплексными экологическими классификациями качества поверхностных вод суши (Жукинский и др., 1981; Экологические проблемы..., 2001) воды каналов осушительной сети относятся к разрядам от 4б «сильно загрязненная» до 5а «весьма грязная» (в отдельные периоды 5б «вода предельно грязная»).

На количественном развитии, а также структурных особенностях сообществ гидробионтов в каналах осушительной системы отразились главным образом следующие условия: высокое содержание органических веществ; сильное прогревание воды в вегетационный период в ряде случаев до + 25-28 °С; не всегда оптимальный режим УГВ, который в многоводные годы (обеспеченность осадков 9 и 2,7%) не обеспечивал нужной нормы осушения и приводил к условиям подпора коллекторов осушительной системы, вызывая уменьшение проточности в каналах. Эти условия обусловили развитие тех видов фитопланктона, которые могли существовать в таких условиях среды. Среди представителей всех отделов водорослей наибольшего развития получили эвгленовые (Euglenophyta), содержание которых составило > 70-98% в общей биомассе фитопланктона в

каналах осушительной сети. Миксотрофный (авто- и гетеротрофный) тип питания и обмена веществ этих водорослей позволил им доминировать в результате адаптационных и конкурентноспособных возможностей среди других представителей водорослей.

Корреляционный анализ параметров гидрохимического режима и количественных показателей развития фитопланктонного сообщества показал наличие сильных зависимостей между содержанием ОВ (по показателям ХПК и ПО) и биомассой разных систематических групп фитопланктона. Для биомассы эвгленовых водорослей корреляционная связь была наиболее существенной ($r = 0,85$ и $0,96$), что объясняет массовое развитие представителей этого отдела водорослей в каналах осушительной сети с высоким содержанием ОВ (Стрельбицкая, 2011). Совокупность количественных показателей содержания ОВ, видовой состав и продуктивность фитопланктонного сообщества в дренажно-сбросных водах ОУС указывают на интенсивное развитие процессов эвтрофирования и органического загрязнения этих вод в условиях сельскохозяйственной деятельности.

Поступление дренажно-сбросных вод ОУС в водоприемник отразилось на увеличении значений бихроматной и перманганатной окисляемости с началом работы осушительной насосной станции и сбросом вод с осушительной системы: ХПК до 25-35 (с максимумом 61,9 мгО/л), ПО – до 10-18 мгО/л. Превышения нормативных концентраций по этим показателям составили $> 2-4$ раз. Существенное повышение содержания ОВ по продольному профилю реки (положительный тренд в содержании ОВ на 5% и 1% уровне значимости) является одним из определяющих факторов перестройки структуры и видового состава фитопланктонного сообщества реки и свидетельствует о негативном воздействии дренажно-сбросных вод на гидрохимические и гидробиологические компоненты экосистемы водоприемника.

В современных условиях при эксплуатации осушительно-увлажнительных гидромелиоративных систем необходимо обеспечивать предупреждение, ликвидацию или компенсацию негативного воздействия дренажно-сбросных вод на водоприемники. Вынос органических соединений и биогенных веществ дренажными водами с осушаемых и используемых в сельскохозяйственном производстве земель, вследствие усиления миграционных процессов и нарушения круговорота веществ, приводит не только к снижению почвенного плодородия, но и к ухудшению качественного состава и экологического состояния природных водоемов и водотоков, являющихся водоприемниками дренажного и поверхностного стока.

Возможности управления антропогенными потоками органического вещества весьма ограничены и сводятся в основном к целенаправленному формированию замкнутого наземного круговорота органических и биогенных веществ в хозяйственной деятельности на мелиорируемой территории. Конечной целью такого управления является, с одной стороны, сохранение плодородия почв и продуктивности агросистем за счет сохранения органического вещества в почвах, и, с другой стороны, снижение загрязнения природных вод продуктами его разложения.

Причины органического загрязнения дренажно-сбросных вод ОУС и

мероприятия по его снижению схематично представлены на рисунке 1. Достигается это снижение применением мероприятий следующих основных направлений, реализация которых позволит существенно улучшить качественный состав сбросных вод мелиоративных систем, снижая риск негативного воздействия на водоприемники:

- рациональные конструкции и параметры осушительно-увлажнительных систем, исходя из природных (рельефных, гидрологических, почвенно-гидрогеологических) и хозяйственных условий;

- выбор рациональных режимов осушения и увлажнения для поддержания оптимального водно-воздушного режима почв и уменьшения вымывания органического вещества и продуктов его минерализации дренажным стоком;

- комплекс агротехнических приемов для стабилизации ОВ почв и по снижению выноса элементов почвенного плодородия дренажным стоком с мелиорированных земель при сельскохозяйственном производстве;

- предусматривать в составе мелиоративных систем специальные сооружения и устройства, производящие очистку дренажного и поверхностного стока от загрязняющих компонентов, использующие методы отстаивания, аэрации и фильтрации, биологической очистки.



Рисунок 1 – Факторы органического загрязнения дренажно-сбросных вод ОУС и мероприятия по его снижению

Литература

1. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. – Л: Агропромиздат, 1986.
2. Жукинский В.Н., Оксиюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал, 1981, №2.
3. Лозовик П.А. Аллохтонное и автохтонное органическое вещество в поверхностных водах Карелии / П.А. Лозовик, А.К. Морозов, М.Б. Зобков, Т.А. Духовичева, Л.А. Осипова // Водные ресурсы. Том 34, №2, 2007.
4. Неудачин А.П., Неудачина И.И., Шамов В.В. Поведение растворенного органического вещества в дренажных водах мелиорируемых торфяников Приамурья // Биохимические и экологические оценки техногенных экосистем бассейна р. Амур. – Владивосток. 1994.
5. Стрельбицкая Е.Б. Оценка зависимости состава и развития фитопланктона от содержания органического вещества в водных экосистемах при осушении // Инновационные технологии в мелиорации. Материалы международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2011. – С. 462-466.