

Л.В. КИРЕЙЧЕВА, Е.А. ЛЕНТЯЕВА

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Цель исследований заключается в выявлении и оценке наиболее опасных для природных водных объектов источников химического и биологического загрязнения от сельскохозяйственного сектора. Методология исследований включает в себя аналитический обзор и анализ данных литературы, работ научно-исследовательских и проектных организаций, а также выполненные авторами расчеты по установлению объема и качественного состава дренажного и поверхностного стоков на основе эмпирических зависимостей. В результате исследований выявлены и типизированы основные источники неконтролируемого диффузного загрязнения водных объектов, относящиеся к сельскохозяйственному производству, в процессе деятельности которых происходит поступление взвешенных веществ, органических соединений, биогенных элементов, тяжелых металлов и патогенной микрофлоры. В рамках реализации государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия нарастают объемы производства животноводческой и растениеводческой продукции. Однако функционирование агропромышленного комплекса неразрывно связано с использованием водных ресурсов из природных водных объектов, а отсутствие контроля за качественными и количественными показателями сбросов может спровоцировать экологические проблемы. В результате сбросов с территорий сельскохозяйственного производства в водные объекты попадают стоки, содержащие растворенные органические вещества, сульфаты, хлориды, соединения азота, пестициды, микроэлементы, в том числе тяжелые металлы, а при сбросе дренажных вод с орошаемых земель – ряд химических элементов. Для снижения неблагоприятной экологической нагрузки на водные объекты следует выявить и оценить наиболее опасные источники загрязнения от сельскохозяйственного производства и разработать водозащитные мероприятия. В статье представлены результаты аналитического обзора данных о типах и характеристиках неконтролируемых сбросов в водные объекты с сельскохозяйственных территорий, рассмотрены их качественные и количественные особенности.

Антропогенное воздействие, биогенные соединения, водный объект, диффузный сток, загрязнение, мелиорация, сельское хозяйство, удобрения, экология.

Введение. Сельское хозяйство – активный и масштабный источник загрязнения водных объектов биогенными элементами, пестицидами, органическими и минеральными веществами. Так, на Международном агроэкологическом форуме, который состоялся 21 мая 2013 г. в г. Санкт-Петербург [1], было озвучено, что более 60% поступления фосфора и более 70% поступления азота в Балтийское море связаны с сельскохозяйственной деятельностью (рис. 1).

В России до 1990 г. сельским хозяйством в водные объекты ежегодно сбрасывались: 19 тыс. т органического вещества (по БПК); 479 тыс. т взвешенных веществ; 9,7 млн т сульфатов; 6,7 млн т хлоридов; 1,7 млн т общего фосфора; 2 млн т общего и 4,3 млн т

аммонийного азота; 1 млн т нитратов и другие вещества [2]. В настоящее время на сельскохозяйственных угодьях значительно сократилось использование минеральных и органических удобрений, уменьшились и объемы загрязнений. Объем внесения минеральных удобрений в 1990 г. составлял 9,9 млн т действующего вещества, в 2018 г. – 2,5 млн т, то есть в 4,3 раза меньше, а объем органических удобрений – 68,8 млн т [3].

Объекты исследований. Пути поступления загрязнений в водные объекты за счет сельскохозяйственной деятельности являются весьма разнообразными. Различают контролируемые и неконтролируемые точечные и площадные источники загрязнения.

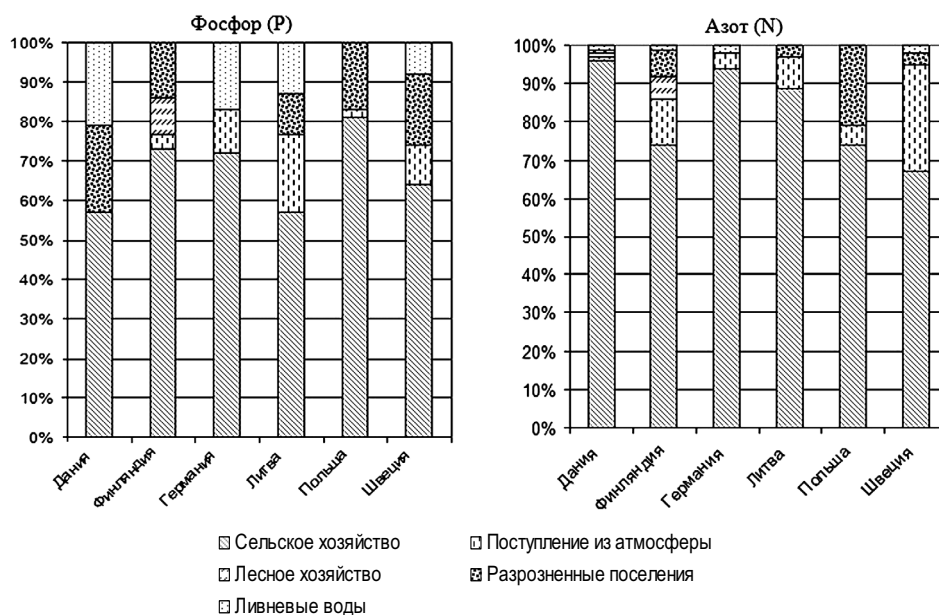


Рис. 1. Роль сельского хозяйства в формировании диффузной нагрузки в странах Балтийского региона

Неконтролируемыми точечными источниками загрязнения водных объектов посредством сельского хозяйства являются сельскохозяйственные объекты, на которых предусмотрены технические решения по отводу и очистке сточных вод, но по разным причинам объемы стоков и их загрязнение не контролируются, и в водные объекты поступают стоки ненадлежащего качества. К ним относятся:

- хозяйственно-бытовые воды сельских поселений с населением менее 5 тыс. чел. и фермерских хозяйств согласно ВНТП-К-97 [4] и СП 42.13330.2011 [5];
- малые животноводческие фермы с количеством голов, не превышающим 3 тыс., и птицеводческие фабрики с количеством кур-несушек менее 50 шт., цыплят-бройлеров – менее 300 шт. [6];
- сельскохозяйственные предприятия, не имеющие или имеющие ненадлежащие очистные сооружения;
- малые тепличные комплексы площадью менее 1 га;
- дренажные и дренажно-сбросные воды с орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель.

В качестве диффузных источников загрязнения рассматриваются сельскохозяйственные угодья, территории сельских поселений, животноводческих ферм, сельскохозяйственных производственных предприятий, земли фермерских и дачных кооперативов, на которых технические решения по контролю за качеством или вообще не предусмотрены, или не отвечают установленным требованиям.

Наиболее распространенными факторами, провоцирующими неконтролируемые диффузные стоки с негативными экологическими последствиями для водного объекта, могут быть:

- внесение удобрений на поля без заправки или/и в неурочное время (например, в период дождей), внесение удобрений и навоза в избыточном для растений количестве;
- несоблюдение правил по обращению, хранению и утилизации химических препаратов, включающих в себя как средства для обработки и защиты растений, так и минеральные удобрения;
- превышение доз внесения химических мелиорантов над поглотительной способностью почв и растений;
- нарушение агротехнологии хранения и утилизации отходов производства (навоза, помета и др.) включая неправильное хранение и вызванные им утечки, потери при транспортировке, выбор ненадлежащих мест складирования;
- неправильная организация кормления животных и выбор мест их выгула, устройство водопоя непосредственно из водного объекта;
- несоблюдение условий размещения и границ санитарно-защитных зон при устройстве сельскохозяйственных объектов (угодий, поселений, подсобных хозяйств и т.д.);
- отсутствие контроля за сбросом дренажно-коллекторных вод с мелиоративных систем.

Результаты и обсуждение. Наибольшую опасность для водных объектов представляют животноводческие и птицеводческие стоки, так как высокое содержание в них азота, фосфора, серы и тяжелых металлов приводит к эвтрофикации водоемов и их биологическому загрязнению. Например, для крупных животноводческих хозяйств объем жидких стоков, подлежащих утилизации, составляет от 100 до 1500 м³ в сутки. Организованные сточные воды объектов животноводства ввиду отсутствия совершенных технологий недостаточно очищаются, что наносит значительный урон качеству природных вод и прилегающим территориям. Зачастую на территории ферм и птицефабрик складываются навоз и помет, а стоки сливаются на рельеф местности.

Наиболее загрязненными являются стоки свиноводческих комплексов: сухой остаток превышает 6 г/л; содержание общего азота (N) – 1000 мг/л; P₂O₅ – 190 мг/л. Основной сложностью утилизации жидких животноводческих стоков является то, что при гидросмыве навоз и помет разбавляются водой, а это увеличивает период выживаемости патогенной микрофлоры более чем в три раза, и даже после длительного хранения остается потенциальная опасность попадания инфекции в водные объекты. Причиной загрязнения вод жидкими животноводческими стоками служит отсутствие адаптированных под гидросмыв эффективных очистных сооружений и специального оборудования. Усугубляет ситуацию смыв в речную сеть навоза с территории комплексов в период снеготаяния [2].

У большинства хозяйств мелких ферм (до 3 тыс. гол. КРС и свиней) вообще нет специальных средств утилизации жидких стоков, поэтому их можно отнести к неконтролируемым точечным и диффузионным источникам загрязнения. Особенно пагубным является их воздействие на малые реки и внутрибассейновые водные объекты.

Существует ряд проблем эффективной очистки сточных вод птицеводческих комплексов: например, высокая концентрация в сточных водах механических и органических включений. По степени загрязненности сточные воды птицеводства превосходят хозяйственно-бытовые, так как содержат патогенную и условно-патогенную микрофлору, грибы, яйца гельминтов.

Так, средние фактические значения сточных вод, поступающих в реку Каргач, превышают ПДК по иону аммония в 7,12 раза; нитрит-аниону – в 1,6; по фосфатам – в 3,79 раза [7].

Стоки сельскохозяйственных предприятий подвергаются очистке и относятся к условно чистым контролируемым стокам. Им свойственны невысокая концентрация растворенных веществ, наличие общего азота и фосфора. Кроме того, на предприятиях первичной переработки сельскохозяйственной продукции в стоках обнаруживается значительное количество взвесей, органических веществ, и эти стоки в ряде случаев не подвергаются никакой очистке и не контролируются. Это относится к предприятиям, где осуществляется мойка овощной продукции, когда сточные воды могут быть неконтролируемыми и имеют повышенное содержание взвешенных веществ и органики.

Хозяйственно-бытовые стоки с сельских поселений в чистом виде встречаются редко. В большинстве своем они представляют смесь с промышленными сточными водами и являются весьма разнообразными. Эти воды, как правило, очищаются на сооружениях биологической очистки и наносят меньший вред, чем стоки, очищенные на механических сооружениях. При среднем потреблении одним жителем 150 л воды в сутки содержание биогенных элементов в сточной воде приблизительно составляет: N – 60; P₂O₅ – 15; K₂O – 40 мг/л. Однако в сельских поселениях с численностью менее 5 тыс. чел. канализация в ряде случаев может отсутствовать, и стоки с таких территорий можно отнести к неконтролируемым диффузным источникам. Их состав прогнозировать сложно, но в нем могут находиться минеральные и органические вещества, различные бактерии, нефтепродукты и прочие непредсказуемые загрязнители.

Особого внимания требуют сбросные воды от тепличных комплексов. Тепличное производство характеризуется широким спектром загрязнителей, поскольку, помимо дренажных вод, в нем имеются и производственные стоки, образующиеся при обезвреживании, дезинфекции и уборке помещений, транспортных средств, аппаратуры, оборудования, тары, спецодежды. Дренажные стоки могут стать источником физического, биологического и химического

загрязнения, поскольку в них содержится много механических и биологических загрязнений, средств обработки семян и растений, растворенных минеральных и органических удобрений. Наибольшую угрозу для водных объектов представляют пестициды, из которых почти 65% относятся к высоко- и среднетоксичным.

С целью повышения эффективности химической защиты растений от болезней и вредителей одномоментно используют комплекс пестицидов: например, акрекс + карбофос, акрекс + хлорокись меди, акрекс + кельтан, карбофос + акрекс + каратан, кельтан + акрекс + каратан. При этом могут вноситься и минеральные удобрения: аммофос, калийная и аммиачная селитра, сернокислый калий и марганец [8]. Кроме того, дренажные стоки характеризуются высокой интенсивностью, суточное количество дренажных вод может составлять от 30 до 60% водопотребления в зависимости от культуры, времени года и других факторов.

Тепличные хозяйства могут стать источником диффузного загрязнения при нарушении требований к размещению производственных и вспомогательных зданий, помещений теплиц и тепличных комбинатов согласно СанПиН 5791-91 [9], а также при несоблюдении границ санитар-

но-защитной зоны в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [10]. В средних и крупных тепличных хозяйствах (площадью более 1 га) согласно СанПиН 5791-91 производственные и дренажные воды не допускается объединять с ливневыми стоками и спускать их в водоемы или канализацию без их предварительной очистки и нейтрализации. Мелкие тепличные комплексы зачастую не соблюдают данные требования ввиду нерентабельности устройства очистных сооружений.

Существует немало примеров неконтролируемых сбросов тепличных комплексов, приводящих к экологическим проблемам. Так, при сбросе отходов предположительно с тепличного комплекса «Тюмень-Агро» в один из искусственных водотоков в Тюменском районе предельно допустимая концентрация марганца в пробах водного объекта реки Молчанки в Тюменском районе у деревни Молчанова была превышена в 2,5 тыс. раз, железа – в 290 раз, цинка – более чем в 300 раз. Также были зафиксированы значительные концентрации солей тяжелых металлов [11].

Осредненные значения химического состава очищенных коммунально-бытовых сточных вод, стоков животноводческих комплексов и предприятий по переработке сельхозпродукции представлены в таблице 1.

Таблица 1

Обобщенный состав сточных вод основных категорий водопользователей производственной структуры сельского хозяйства [12]

Вид сточных вод	pH	Сухой остаток, г/л	Соотношение Са: Na	Биохимическое потребление кислорода БПК ₅ , мг O ₂ /сут.	Бихроматная окисляемость ХПК, мг/л
Очищенные (механич.) хозяйственно-бытовые сточные воды сельских поселений	6,5-7,5	0,65-0,85	1:1	750-100	250-300
Сточные воды предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции	5,0-8,5	1,5-5,2	1:1, 2:1	600-2500	1700-5000
Стоки животноводческих комплексов КРС	6,20-8,5	2,8-6,4	0,5:1, 1:1	250-300	350-450

Основную массу возвратных вод в АПК составляют дренажно-сбросные воды с мелиоративных систем, которые отнесены в настоящее время к категории «Нормативно-чистые». Объем коллекторно-дренажных вод с оросительных систем составляет примерно 50% от забора воды на орошения [13] и к настоящему времени составляет около 3,2 км³ [14]. Дренажные воды поступают

в водные объекты, как правило, в период вегетации растений, имея биогенное загрязнение и повышенную минерализацию (табл. 2). Исследования, выполненные в бассейне Средней и Нижней Волги, показали, что в современных условиях дренажный сток с орошаемых земель не приводит к существенному ущербу экологического состояния реки [14].

**Содержание остатков удобрений и тяжелых металлов, мг/л,
в дренажных и коллекторных водах Волго-Донской оросительной системы
(данные ВКО ВНИИГиМ)**

Место отбора проб	N-NO ₃	P ₂ O ₅	Zn	Cu	Pb	Cd	Mn	Fe
Дрена	9,74	1,94	0,0016	0,0045	0,1875	0,0008	0,0163	0,0764
Сбросной коллектор	10,18	2,10	0,0026	0,0045	0,0938	0,0023	0,0204	
ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения	9,1		0,010	0,001	0,006	0,005	0,010	0,100

На осушительных системах объем дренажных вод зависит от количества выпадающих осадков и составляет примерно 20-40%, наибольший дренажный сток наблюдается в период снеготаяния и при затяжных дождях. Для осушительных систем характерны не минерализованные (в среднем содержание солей не превышает 100-500 мг/л), но загрязненные биогенными элементами, пестицидами, тяжелыми металлами дренажные воды [15-22].

Исследованиями ВНИИГиМ выявлено, что с дренажными водами наблюдается значительный вынос органических веществ. Например, на целинных торфяниках он составляет 140-160 кг/га минеральных и 150-170 органических веществ, а на осушаемых торфяниках – соответственно 260 и 200 кг/га [23]. На перегнойно-торфяных почвах Яхромской поймы при осушении с дренажными водами выносятся за год: кальция – 490 кг/га; магния – 100 кг/га; азота минерального – 16 кг/га; оксида фосфора – 0,46 кг/га; оксида калия – 8 кг/га [24]. Наибольшее количество загрязнителей выносятся в малые реки, где распаханы поймы и сельскохозяйственное производство ведется по интенсивным технологиям. Выполненные расчеты для поймы реки Яхромы показали, что с оросительно-осушительных систем при модуле дренажного стока 0,05 л/с га в среднем в год выносятся более 21 кг/га биогенных веществ [23, 24].

Среди источников площадного загрязнения водных объектов приоритетное место занимают сельскохозяйственные угодья, расположенные на водосборах речных бассейнов. На расчлненных участках водосбора диффузный сток связан с процессами эрозии, выщелачивания и растворения. Наибольший сток образуется при уклонах больше 5 град. [25]. В среднем с 1 га пашни

может выноситься в год до 80 кг нитратного азота, 3 кг фосфора и 60 кг калия в зависимости от типа почв, количества и характера выпадающих осадков, вида растений, дозы удобрений [24]. Например, в диффузном стоке, формирующемся в Лискинском районе и поступающем в реку Дон, количество взвешенных веществ составляло 320-510 мг/л; органических – 40-64 мг/л; соединений азота – 14,2 мг/л; фосфора – 3,8 мг/л [24]. Исследования, выполненные в бассейне реки Яхромы, позволили оценить вынос биогенных веществ с сельскохозяйственных полей водосбора: при уклонах <0,01 вынос биогенных веществ составляет 8,83 кг/га; при уклоне 0,01 до 0,05 вынос увеличивается до 8,97 кг/га в год [23, 24].

Экспериментальными наблюдениями в Тверской области выявлена прямая зависимость между слоем стока воды, мм, в течение периода наблюдений и массой биогенных элементов, кг, выносимых в водные объекты с единицы площади (га) сельскохозяйственных угодий. Так, на хорошо удобренном поле при слое стока 70, 80 и 130 мм вынос фосфора составил 0,25; 0,5; 0,9 кг/га соответственно. Показано также, что в среднем вынос азота на порядок выше, чем вынос фосфора. Среднее за пять лет наблюдений соотношение азота и фосфора для различных агрофонов является неодинаковым: на озимых оно составило 10:1, а на зяби – 27:1. Кроме того, установлено, что для разных типов агрофона объем выноса фосфора является также неодинаковым: при слое стока 100 мм вынос растворенного азота с трав составил за период наблюдений около 1,5 кг/га; с озимых – 4,5 кг/га; с зяби – 9 кг/га.

На основе проведенного анализа выполнена типизация диффузного загрязнения водных объектов сельским хозяйством (рис. 2).

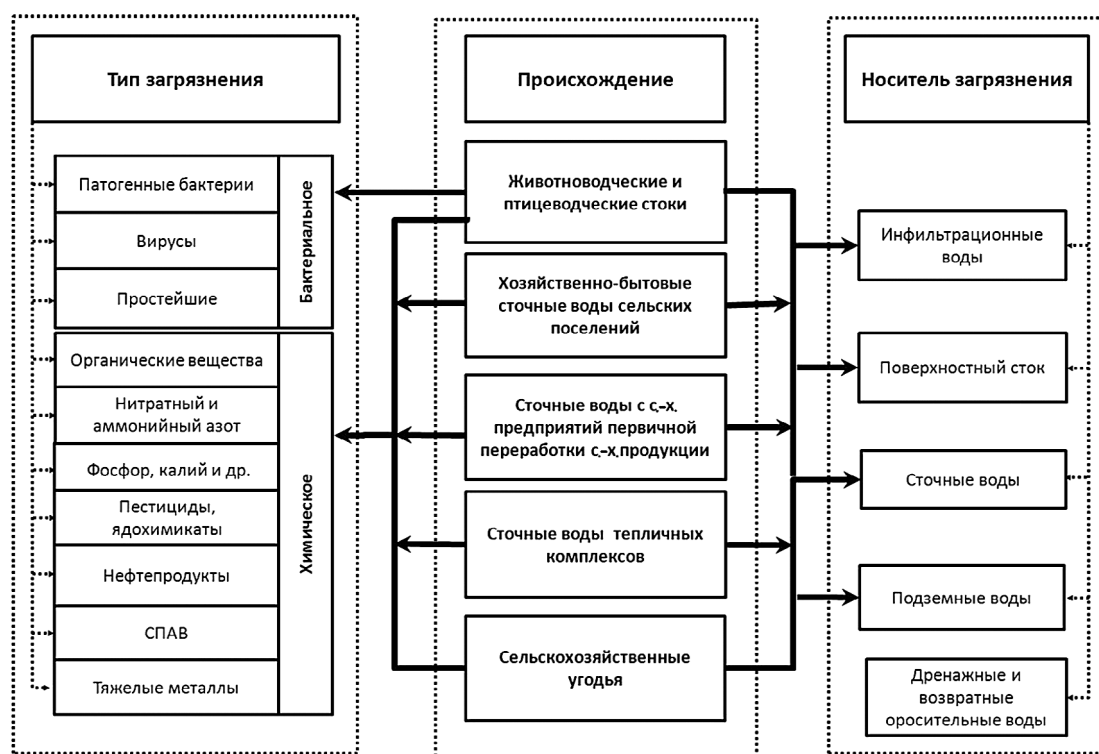


Рис. 2. Типизация диффузного загрязнения водных объектов сельским хозяйством

Выводы

Среди источников загрязнения поверхностных водных объектов от сельскохозяйственной деятельности в приоритетном порядке можно выделить животноводческие, свиноводческие и птицеводческие комплексы, которые являются неконтролируемыми и диффузными источниками поступления взвешенных веществ, органических соединений, биогенных элементов, тяжелых металлов и патогенной микрофлоры, что вызывает биохимическое загрязнение и особенно пагубно отражается на состоянии внутренних водоемов. Существенную роль в загрязнении играют сточные воды предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и хозяйственно-бытовые воды сельских поселений с непредсказуемыми загрязнителями. Широкомасштабным источником диффузного загрязнения биогенными веществами, пестицидами и минеральными удобрениями являются сельскохозяйственные угодья включая мелиорированные земли, на которых, помимо диффузного стока, формируются неконтролируемые точечные источники загрязнения в виде дренажных вод.

В зависимости от источников загрязнения и основных загрязнителей следует разрабатывать технические решения по снижению объема сточных вод, их очистке и обезсоливаннию.

Библиографический список

1. Общие проблемы и направления обеспечения экологически безопасного, энергоресурсосберегающего производства сельскохозяйственной продукции и устойчивого развития сельских территорий / Междун. агроэкологический форум 21-23 мая 2013 г., Санкт-Петербург. т. 1. – СПб.: Изд-во СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013. – 266 с.
2. Утилизация сточных вод и животноводческих стоков / В.И. Желязко, О.А. Захарова, Л.В. Кирейчева и др. – М.: Изд-во ООО «Эдель-М», 2001. – 183 с.
3. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/# (дата обращения: 15.07.2020).
4. ВНТП-К-97 (Ведомственные нормы технологического проектирования канализация сельских населенных пунктов и фермерских хозяйств) / Союзводпроект. – М.: 1997 // Свод правил СП 42.13330.2011 «СНиП 2.07.01-89*». Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89, с изм., попр. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084712> (дата обращения: 21.07.2020).
5. Филатова П.В. Проблема водоотведения птицеводческих комплексов // Научное

сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки / Электронный сб. статей по материалам XLVI Междун. студенческой научно-практ. конф. – Новосибирск: 2016. – № 10 (45). URL: [https://sibac.info/archive/nature/10\(45\).pdf](https://sibac.info/archive/nature/10(45).pdf) (дата обращения: 20.07.2020).

6. **Сидорова М.А.** Уменьшение опасности от пестицидов в теплицах на основе моделирования пестицидного загрязнения различных объектов теплиц: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Всероссийский НИИ охраны труда. – Орел: 2003. – 24 с.

7. СанПиН 5791-91. Санитарные правила и нормы по устройству и эксплуатации теплиц и тепличных комбинатов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034721>.

8. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902065388>.

9. «Овощедоллар» дал течь: экологические последствия создания тепличных условий для инвесторов. – [Электронный ресурс]. URL: <http://park72.ru/socium/159592/> (дата обращения: 23.07.2020).

10. Экологически безопасные методы использования отходов: монография / Р.П. Воробьева и др. – Барнаул: Прогресс, 2000. – 554 с.

11. **Шкиннис Ц.Н.** Гидрологическое действие дренажа. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 311 с.

12. **Кирейчева Л.В., Яшин В.М.** Оценка потенциального объема дренажного стока с орошаемых земель бассейна волги / Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сб. научных трудов. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. – С. 150-160.

13. **Федотова З.Д., Страутыня В.П.** Вынос питательных элементов дренажным стоком осушенных почв // Труды ЛатНИИГиМ. – Елгава: 1969. – № 8. – С. 125-127.

14. **Штиканс Ю., Карелина Л.** Влияние дренажа на выщелачивание макро- и микроэлементов из почвы в условиях Латвийской ССР / Повышение рациональности использования природных условий и ресурсов Советской Прибалтики. Вып. 1. – Рига: Зинатне, 1974. – 147 с.

15. **Шемякина О.Н.** Химический состав дренажных вод при осушении минеральных дерново-подзолистых почв / кн. Мелиорация – путь к высоким урожаям. – Л.: Лениздат, 1975. – 136 с.

16. **Компарскас И., Зеленка Л., Типиндене Н.** Исследование веществ, нужных

для вегетационного периода растений, в стекающей по дренам воде на аллювиально-болотных почвах / Вопросы мелиорации. Труды ЛитНИИГиМ. – Вильнюс: ЛитНИИГиМ, 1971. – С. 59-63.

17. **Томсон Х., Хоннолайнен Г.** О выносе питательных веществ дренажным стоком из тяжелых дерново-глеевых почв при возделывании озимой пшеницы / Сб. научных трудов ЭстНИИ земледелия и мелиорации. № 29. – Таллин: ЭстНИИ, 1973.

18. **Компарскас И.И.** О режиме выщелачивания дренажным стоком питательных веществ на дренированных минеральных почвах / Труды ЛитНИИГиМ. – Вильнюс: ЛитНИИГиМ, 1966.

19. **Муромцев Н.А., Шуравилин А.В., Пивень Е.А.** Содержание химических веществ в дренажных и речных водах долины реки Москвы и особенности их миграции. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.Agroxxi.ru/journal/20080103/20080103028.pdf>.

20. **Трифонов В.А.** Вынос химических веществ дренажным стоком с осушаемых пойменных почв и его регулирование: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 1989. – 19 с.

21. **Маслов Б.С., Минаев И.В.** Мелиорация и охрана природы. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 271 с.

22. **Ступин В.И.** Проблема биогенного загрязнения водных объектов диффузным стоком с водосборов рек Воронежской области. Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды по Воронежской области. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/heologia/2003/01/stupin.pdf> (дата обращения: 01.08.2020).

23. **Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А.** Оценка количества и качества дренажных и поверхностных вод, поступающих в речную сеть бассейна реки Волги с осушительных систем нечерноземной зоны РФ / Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: Сб. научных трудов. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. – С. 215-221.

24. Оценка диффузного загрязнения биогенными веществами с сельскохозяйственных угодий в бассейне реки Яхромы (Московская область) / Л.В. Кирейчева, В.М. Яшин, Е.А. Лентяева. и др. / Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения: Сб. научных трудов. – М.: Студия Ф1, 2019. – С. 379-384.

25. Раткович Л.Д., Маркин В.Н., Глазунова И.В. Факторы влияния диффузного загрязнения на водные объекты // Природообустройство. – 2016. – № 3. – С. 64-72.

Материал поступил в редакцию 01.10.2020 г.

Сведения об авторах

Кирейчева Людмила Владимировна, доктор технических наук, научный руководитель по направлению «Мелиорация»,

зав. отделом «Природоохранные и информационные технологии» ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова; 127550, Москва, Б. Академическая, 44, корп. 2; kireychevalw@mail.ru

Лентяева Екатерина Алексеевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела «Природоохранные и информационные технологии» ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова; 127550, Москва, Б. Академическая, 44, корп. 2; elentyaeva@mail.ru

L.V. KIREYCHEVA, E.A. LENTYAEVA

Federal state budget scientific institution «Russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow, Russian Federation

THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL PRODUCTION ON POLLUTION OF WATER BODIES

The purpose of the research is to identify and assess the most dangerous sources of chemical and biological pollution from the agricultural sector for natural water bodies. The research methodology includes an analytical review and analysis of literature data, works of research and design organizations, as well as calculations performed by the authors to determine the volume and qualitative composition of drainage runoff and surface runoff based on empirical dependencies. As a result of the research, the main sources of uncontrolled diffuse pollution of water bodies related to agricultural production, in the course of which there is an influx of suspended substances, organic compounds, biogenic elements, heavy metals and pathogenic microflora, are identified and typified. As part of the implementation of the state program for the development of agriculture and the regulation of markets for agricultural products, raw materials and foodstuffs, the volume of production of livestock and crop products is being increased. However, the functioning of the agro-industrial complex is inextricably linked with the use of water resources from natural water bodies, and the lack of control over the qualitative and quantitative indicators of discharges can provoke the development of environmental problems. To reduce the unfavorable environmental load on water bodies, it is necessary to identify and assess the most dangerous sources of pollution from agricultural production and develop water protection measures.

Anthropogenic impact, biogenic compounds, water bodies, diffuse runoff, pollution, reclamation, agriculture, fertilizers, ecology

References

1. Obshchie problem i napravleniya obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti, energoresursosberegayushchego proizvodstva selskohozyajstvennoj produkcii i ustojchivogo razvitiya selskih territorij [Elektronny resurs] // International agroecological forum may 21-23, 2013, St. Petersburg. vol. 1. – St. Petersburg: publishing house of the Russian agricultural Academy, 2013. – 266 p.

2. Utilizatsiya stochnyh vod i zhivotnovodcheskih stokov / Zhelyazko V.I., Zaharova O.A., Kireycheva L.V. i dr. – M.: Izd-vo: OOO «Edel-M», 2001. – 183 s.

3. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Elektronny resurs]. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/

rosstat.ru/statistics/enterprise/economy/# (Data obrashcheniya 15.07.2020)

4. VNTP-K-97 (Vedomstvennye normy tehnologicheskogo proektirovaniya kanalizatsii selskih naselennykh punktov i fermerskih hozyajstv). Soyuzvodproekt. – M. 1997 Svod pravil SP 42.13330.2011 «SniP 2.07.01-89*. Gradostroitelstvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i selskih poselenij». Aktualizirovannaya redaktsiya SniP 2.07.01-89*(s Popravkoj, s Izmeneniem N1) (data obrashcheniya: 21.07.2020) <http://docs.cntd.ru/document/1200084712>

5. **Filatov P.V.** Problema vodootvedeniya pitsevodcheskih kompleksov // Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoli-tiya. ESTESTVENNYE NAUKI: Electronic

collection of articles based on the materials of XLVI Intern. student scientific and practical conference – Novosibirsk: 2016. – № 10 (45). URL: [https://sibac.info/archive/nature/10\(45\).pdf](https://sibac.info/archive/nature/10(45).pdf) (data obrashcheniya: 20.07.2020)

6. **Sidorova M.A.** Umenjshenie opasnosti ot pestitsidov v teplitsah na osnove modelirovaniya pestitsidnogo zagryazneniya razlichnykh objektov teplits. Avtoreferat dissertatsii na soisk. uch. stepeni k.t.n. / Vseros. NII ohra-ny truda. – Orel: 2003. – 24 s.

7. SanPiN5791-91. Sanitarnye pravila i normy po ustrojstvu i ekspluatatsii teplits i teplichnykh kombinatov. <http://docs.cntd.ru/document/1200034721>

8. SanPiN2.2.1/2.1.1.1200-03. Sanitar-no-zashchitnye zony i sanitarnaya klassifikatsiya predpriyatij, sooruzhenij i inyh objektov. <http://docs.cntd.ru/document/902065388>

9. «Ovoshchedollar» dal tech: ekologicheskie posledstviya sozdaniya teplichnykh uslovij dlya investorov [Electronny resurs]. – URL: <http://park72.ru/socium/159592/> (data obrashcheniya: 23.07.2020)

10. Ekologicheski bezopasnye metody ispolzovaniya othodov: monografiya. / Vorobjeva P.P. i dr. – Barnaul: Progress, 2000. – 554 s.

11. **Shkinkis Ts.N.** Gidrologicheskoe dejstvie drenazha.. – L.: Gidrometioizdat, 1981. – 311 s.

12. **Kireycheva L.V., Yashin V.M.** Otsenka potentsialnogo objema drenazhnogo stoka s oroshaemyh zemel bessejna Volgi. V sbornike: Osnovnye rezultaty nauchnykh issledovaniy instituta za 2018 god. / Sb. nauch. trudov. – M.: Izd-vo VNIIGiM, 2019. – S. 150-160.

13. **Fedotova Z.D., Strautynya V.P.** Vynos pitatelnykh elementov drenazhnym stokom osushennykh pochv. / Trudy LatNIIGiM. № 8. – Elgava: LatNIIGiM, 1969. – S. 125-127.

14. **Shtikans Yu., Karelina L.** Vliyanie drenazha na vyshchelachivanie makro i mikroelementov iz pochvy v usloviyah Latvijskoj SSR. / Povyshenie ratsionalnosti ispolzovaniya prirodnykh uslovij i resursiv Sovetskoj Pri-baltiki. Vyp. 1. – Riga: Zinatne, 1974. – 147 s.

15. **Shemyakina O.N.** Himichesky so-stav drenazhnykh vod pri osushenii mineralnykh dernovo-podzolistykh pochv. / Melioratsiya – putj k vysokim urozhayam. – L.: Lenizdaizdat, 1975. – 136 p.

16. **Komparskas I., Zelenka L., Tipindene N.** Issledovanie veshchestv, nuzhnykh dlya vegetatsionnogo perioda rastenij, v stekayushchej po drenam vode

na allyuvialno-bolotnykh pochvah. / Trudy LitNIIGiM. Voprosy melioratsii. – Viljnyus: LitNIIGiM, 1971. – S. 59-63.

17. **Tomson H., Honnolainen G.** O vynosе pitatelnykh veshchestv drenazhnym stokom iz tyazhelykh dernovo-gleevykh pochv pri voz-delyvanii ozimij pshenitsy. / Sb. nauch. trudov EstNII zemledeliya i melioratsii. № 29 – Tallinn: EstNII, 1973.

18. **Komparskas I.I.** O rezhime vyshchelachivaniya drenazhnym stokom pitatelnykh veshchestv na drenirovannykh mineralnykh pochvah. / Trudy LitNIIGiM, t. U. – Viljnyus: LitNIIGiM, 1966.

19. **Muromtsev N.A., Shuravilin A.V., Piven E.A.** Soderzhanie himicheskikh veshchestv v drenazhnykh i rechnykh vodah doliny reki Moskvy i osobennosti ih migratsii [Electronny resurs]. URL: <http://www.Agroxxi.ru/journal/20080103/20080103028.pdf>

20. **Trifonov V.A.** Vynos himicheskikh veshchestv drenazhnym stokom s osushaemykh pojmennykh pochv i ego regulirovanie. Avtoreferat dissertatsii kandidata tehnikeskikh nauk – M.: Izd-vo VNIIGiM, 1989. – 19 s.

21. **Maslov B.S., Minaev I.V.** Melioratsiya i ohrana prirody. – M.: Rosselhozizdat, 1985. – 271 s.

22. **Stupin V.I.** Problema biogennoho zagryazneniya vodnykh objektov s vodosborov rek Voronezhskoj oblasti. Glavnoe upravlenie prirodnykh resursov i ohrany okruzhayushchej sredy po Voronezhskoj oblasti [Electronny resurs]. URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/heologia/2003/01/stupin.pdf> (data obrashcheniya 01.08.2020)

23. **Kireycheva L.V., Lentyaeva E.A.** Otsenka kolichestva i kachestva drenazhnykh i poverhnostnykh vod, postupayushchih v rechnuyu set bassejna reki Volgi s osushitelnykh system nechernozemnoj zony RF. / Sb. Melioratsiya zemel – neotjemlemaya chast vosstanovleniya i razvitiya APK Nechernozemnoj zony Rossijskoj Federatsii. – M.: Izd-vo VNIIGiM, 2019. – S. 215-221.

24. Otsenka zagryazneniya biogennymi veshchestvami s selskohozyajstvennykh ugodij v bassejne reki Yahromy (Moskovskaya oblast). / Sb. nauch. trudov: Nauchnye problemy ozdorovleniya rossijskikh rek i puti ih resheniya. / Kireycheva L.V., Yashin V.M., Lentyaeva E.A. i dr. – M.: Studiya F1, 2019. – S. 379-384.

25. **Ratkovich L.D., Markin V.N., Glazunova I.V.** Faktory vliyaniya diffuznogo

zagryazneniya na vodnye objekty // Prirodoo-
bustrojstvo. – 2016. – № 3. – S. 64-72.

The material was received at the editorial office
01.10.2020

Information about the authors

Kireycheva Lyudmila Vladimirovna,
doctor of technical sciences, research ma-
nager on the direction of land reclamation,
head of the department «Environmental

and information technologies»; FSBNU
VNIIGiM named after A.N. Kostyakov;
127550, Moscow, ul. Bolshaya Academichesk-
kaya, 44., korp. 2 kireychevalw@mail.ru

Lentyaeva Ekaterina Alekseevna, can-
didate of technical sciences, senior researcher
of the department «Environmental and infor-
mation technologies»; FSBNU VNIIGiM na-
med after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow,
ul. Bolshaya Academicheskaya, 44., korp. 2;
elentyaeva@mail.ru

УДК 502/504:631.6.02

DOI 10.26897/1997-6011/2020-5-27-32

Н.О. НАУМЕНКО, Е.В. ФЕДОТОВА

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Целью работы является разработка программного обеспечения для расчета предельно-допустимых сбросов (ПДС) и методики оценки зарастания водных объектов высшими водными растениями при помощи общедоступной программы GoogleEarth. Проведены исследования по усовершенствованию системы экологического мониторинга на водосборных территориях. Предложен новый подход расчета предельно-допустимых сбросов (ПДС) по текущему объему воды в водохранилище в конкретный момент. Для реализации подхода разработано программное обеспечение, в котором выполнены расчеты по определению величины ПДС на основе фактического объема воды в Рыбинском водохранилище, исходя из даты предполагаемого сброса загрязняющих веществ из предприятий, и текущего содержания в воде загрязняющих веществ. Разработана методика оценки зарастания водных объектов высшими водными растениями при помощи общедоступной программы GoogleEarth, с помощью которой появится возможность составления прогноза заиления водоемов исходя от степени их зарастания. На основе программы GoogleEarth определена динамика зарастания озера Бездонное на основе космоснимков для 2013, 2015 и 2019 гг. относительно 2009 г.

Программное обеспечение, гидротехнические сооружения, окружающая среда, Python, геоинформационные системы (ГИС).

Введение. Проблемы качества водных ресурсов в водоемах хозяйственно-бытового, питьевого и рыбохозяйственного назначения остаются актуальными на протяжении десятилетий. Этому способствуют такие факторы, как сбросы загрязняющих веществ предприятиями легкой и тяжелой промышленности, коммунально-бытовые сбросы, поверхностный сток загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий и др.

В данной работе отражены проведенные исследования по усовершенствованию системы экологического мониторинга на водосборных территориях с целью

поддержания благоприятного состояния поверхностных водных объектов, исходя из значений нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водоемах рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}). Предложен новый подход для расчета предельно-допустимых сбросов (ПДС), когда он производится не по среднему объему воды в водохранилище, а по текущему в конкретный момент времени. Оценка границ зарастания водных объектов с помощью данных дистанционного зондирования Земли позволит регулировать состояние водоемов и поддерживать благоприятные