

зависимости от варианта реализации анаэробное окисления аммония может производиться совместно при одностадийной обработке или с выделением в отдельную вторую стадию отдельно от образования нитрита, при двухстадийной обработке. Особенностью биологической обработки анаммокс является большой возраст бактерий группы планктомицет превышающий более 11 суток. В связи с чем существует задача их накопления в реакторе, в том числе за счет разделения избыточного активного ила с задержанием и возвратом в реактор ила, содержащего аннаммокс-бактерий. Указанная задача решается применением блоков тонкослойного отстаивания или гидроциклонов. Обработанная иловая вода как правило направляется в поток сточных вод перед сооружениями биологической очистки, либо частично при значительном содержании взвешенных веществ в первичные отстойники, при этом не допускается непосредственный сброс обработанной иловой воды в водные объекты.

### Литература

1. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования, ТКП 45-4.01-321-2018 (33020) Утверждён и введён в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 16 марта 2018 г. № 67. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2018 –86 с.

2. Merkblatt DWA-M 349. Biologische Stickstoffelimination von Schlammwässern der anaeroben Schlammstabilisierung. DWA, Hennef, 2019, 85 S.

УДК [574+504] (576)

### **Оценка состояния поверхностных водозаборов и очистных сооружений с использованием беспилотных летательных аппаратов и средств дистанционной диагностики**

Левкевич В. Е.<sup>1</sup>, Бузук А. В.<sup>2</sup>, Лосицкий В. А.<sup>1</sup>, Саидов Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ГУО Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь  
Минск, Республика Беларусь

*В результате развития береговых процессов на водохранилищах (разрушение берегов, подтопление и заболачивание территорий) происходит изъятие пахотных и лесных угодий, нарушение условий жизнедеятельности населения – осложняются условия эксплуатации водозаборов (в том числе и поверхностных), а также эксплуатация очистных сооружений. Основой безопасной жизнедеятельности населения, проживающего непосредственно рядом с водохранилищами, и нормальной эксплуатации инженерных сооружений*

*является достоверная оценка объектов экономики, к которым относятся водозаборы, системы водоснабжения и водоотведения сельтебных территорий.*

Самым эффективным методом оценки состояния сооружений инженерной защиты, систем водоснабжения и водоотведения, сооружений очистки сточных вод являются их натурные обследования, как визуальными и инструментальными методами, так и современными методами с помощью аэрофотосъемки беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) и использование данных космического зондирования с высоким разрешением.

Комплексное натурное обследование ряда водохранилищ Беларуси и сооружений на них (более 100 единиц) с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), проводимые специалистами Белорусского национального технического университета и Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси позволило оценить эффективность использования новой технологии сбора данных, а также установить нарушения в состоянии инженерной защиты водохранилищ, поверхностных водозаборов, водовыпусков и самих очистных сооружений связанные с заилением и занесением песчаным материалом оголовков, возникающие в результате вдольберегового перемещения наносов в прибрежной зоне водохранилищ [1].

В качестве тестовых водоемов для отработки применения БПЛА в условиях водных объектов были выбраны четыре водохранилища, по которым в течение ряда лет ведутся наземные стационарные наблюдения за динамикой береговых процессов, а также на которых расположены поверхностные водозаборы различных типов. К этим водохранилищам относятся: Дрозды, ТЭЦ-2, Чижовское (ТЭЦ-3).

Ключевыми параметрами дешифрирования материалов аэрофотосъемок явились ряд дешифровочных признаков [2]: ширина надводной и подводной частей литоральной зоны тестовых водохранилищ; ширина надводной зоны, подверженной деформациям; цвет и плотность изображения донных отложений и размываемого грунта коренных береговых склонов; форма и плановые очертания аккумулятивных и абразионных участков береговой линии; Идентификаторами береговых процессов являлись - наличие на фотографиях береговой зоны водохранилищ на границе вода-материк *репрезентативных участков* светлого и полусветлого тонов, которые соответствуют надводной и подводной составляющим береговой отмели. Изменение полутонов, тонов и оттенков позволили идентифицировать зоны транзита наносов и их аккумуляции и накопления, а также поступления пляжеобразующего материала на береговую отмель.

В ряде случаев используются материалы дистанционной диагностики

(космической съемки) береговой линии и участков в местах расположения водозаборов или очистных сооружений. В настоящее время технически возможно использовать для этой цели существующий Белорусский космический аппарат. Полученная информация в результате съемок подлежит обработке. Для условий Беларуси была разработана предметно ориентированная база данных (БД) искусственных водных объектов, предназначенная для повышения эффективности контроля (надзора) за техническим состоянием гидротехнических сооружений. Для анализа пространственно-распределенных данных используются геоинформационные системы (ГИС), которые объединяют картографические материалы в растровом и векторном виде, а также семантическую информацию в виде базы данных. Широко используются, как оригинальные продукты типа *Map Info*, *Arc View*, а также оригинальные разработки белорусских разработчиков ОИПИ НАН Беларуси (рис. 1).

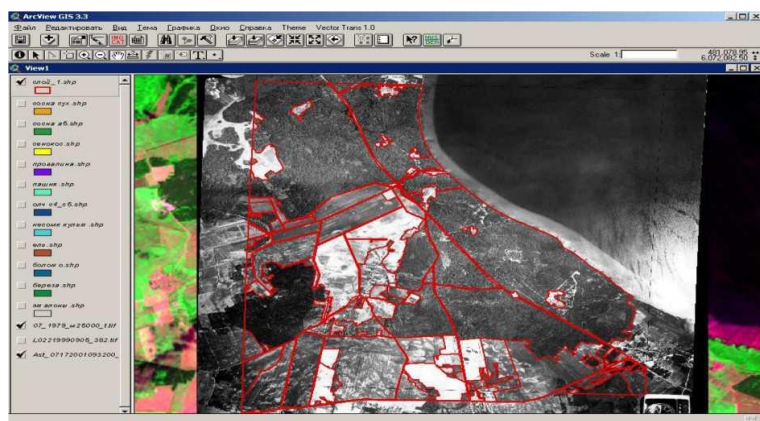


Рис. 1. Интерфейс ГИС Arc View с аэрофотоснимком береговой зоны водохранилища

Проведенные в период 2010-2019 гг. натурные исследования водохранилищного фонда страны позволили оценить состояние береговых водозаборов на тесовых объектах, а также дамб обвалования прудов очистных сооружений. (рис. 2).

Обследование ряда объектов показало, что конструкции и отдельные элементы водозаборных сооружений находятся в хорошем и удовлетворительном состоянии. В некоторых случаях наблюдается износ бетонных и металлических элементов. Обследование водохранилищ и сооружений на них позволило установить их заиление и занесение песчаным материалом, образующихся, при переработке берега.



Рис. 2. Поверхностный водозабор на водохранилище Дрозды

В безледный период 2019 г. была экспериментально апробирована методика регистрации деформации береговых склонов и оценки состояния дамб обвалования, их крепления, водозаборов и очистных сооружений с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Использование квадрокоптера профессиональной серии DJI Phantom 3 Professional, оснащенный системой позиционирования GPS, 3-х осевым стабилизирующим подвесом цветной видеокамеры 4K с разрешением 12 мегапикселей позволило получить HD видео в онлайн режиме и фотографии высокого разрешения (рис. 3).



Рис. 3. Квадрокоптер модели DJI Phantom 3 Professional

Полученные экспериментальные данные съемок позволили установить: 1) регистрация процесса разрушения берегов и креплений откосов дамб, плотин, водозаборов, очистных сооружений с помощью БПЛА, может использоваться при создании систем мониторинга; 2) с помощью БПЛА

возможно получение данных для оценки состояния подводной части водозаборов и очистных сооружений; 3) оценка влияния водных объектов на прилегающие территории требует использования, как спутниковой съемки высокого разрешения, так и съемки БПЛА с последующей интеграцией на основе ГИС-систем. Техническое состояние сооружения (водозабора или очистных сооружений) предлагается определять категорией и масштабом выявленных дефектов, которые агрегируются в отдельные диагностические комплексы и ранжируются по степени влияния на ту или другую конструкцию.

### Литература

1. Левкевич, В. Е. Поверхностные водозаборные сооружения на водохранилищах Беларуси / В. Е. Левкевич // Вестник БрГТУ. – 2019. – №2 (98) – С. 14–19.
2. Левкевич, В. Е. Крепление берегов и верховых откосов подпорных сооружений гидроузлов Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : БНТУ, 2019. – 172 с.

УДК [574+504](576)

### **Экспресс-оценка и анализ причин возникновения деформаций откосов грунтовых ограждающих дамб шламохранилищ и водоемов очистных сооружений**

Левкевич В. Е.<sup>1</sup>, Миканович Д. С.<sup>2</sup>, Лосицкий В. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ГУО Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь  
Минск, Республика Беларусь

*Рассматривается экспресс-оценка и анализ причин возникновения деформаций откосов грунтовых ограждающих дамб шламохранилищ и водоемов очистных сооружений.*

На территории Беларуси расположены ряд объектов, выполняющих функции очистных сооружений промышленных и технологических сточных вод и отходов производства. Крупнейшие объекты данного типа находятся в Солигорском районе Минской области. К которым относятся 22 шламохранилища отходов калийного производства Солигорского месторождения калийных солей (рис. 1).

К данному типу сооружений относятся также строящиеся объекты Петриковского и Любанского месторождений калийных солей.

Существуют на юге Беларуси аналогичного назначения пруды - накопители шламов (расслохранилища) солевого завода, принадлежащего ОАО «Газпромтрансгаз Беларусь» в г. Мозырь (рис. 2).