

ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНОФЛОТАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

С. Г. Белов¹, М. А. Таратенкова², Г. О. Наумчик³

¹ К. т. н., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

² Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail : taratenkava@mail.ru

³ Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

Реферат

Данная статья содержит сведения о применении метода озонифлотации для очистки сточных вод, который является новым и перспективным в настоящее время. Данный метод позволяет не только обеззараживать сточную воду, но и окислять стойкие к биологическому окислению соединения, в том числе и лекарственные препараты. Флотационная очистка позволяет так же решать вопрос с очисткой сточной воды от активного ила, в случае его выноса из вторичных отстойников. В работе представлена схема озонифлотационной установки и содержится подробное описание принципа действия данной установки.

Ключевые слова: сточные воды, лекарственные препараты, озонифлотация, пеногашение

USE OF OZONOFLOTATION FOR WASTEWATER TREATMENT

S. G. Belov, M. A. Taratenkava, G. O. Naumchik

Abstract

This article contains information about the application of the ozone flotation method for wastewater treatment, which is new and promising at the present time. This method allows not only to disinfect wastewater, but also to oxidize compounds resistant to biological oxidation, including drugs. Flotation treatment also allows you to solve the issue of wastewater treatment from activated sludge, in case of its removal from the secondary settling tanks. The paper presents a diagram of an ozone flotation plant and contains a detailed description of the principle of operation of this plant.

Keywords: wastewater, drugs, ozonoflotation, defoaming.

Введение

В последние годы появился интерес к применению озона для обработки сточных вод, в связи с его меньшим воздействием на водные объекты, которые являются приемниками сточных вод. Дезинфекция озоном идет намного быстрее,

чем хлором. Продолжительность контакта обрабатываемой воды с озоном 5-10 минут. В отличие от хлора, озон кроме бактерий также уничтожает вирусы [3, 5, 6]. Озон не только обеззараживает обрабатываемую сточную воду, но и окисляет содержащиеся в ней органические вещества, которые не могут быть удалены биологической очистки [1, 3, 8]. Использование озонофлотационных камер для введения озона позволяет повысить эффективность озонирования в связи с тем, что процесс флотации обеспечит дополнительную очистку и гарантирует задержание взвешенных веществ, которые могут выноситься из вторичных отстойников при сбоях в работе сооружений биологической очистки воды.

Еще одной проблемой является наличие в природных водах лекарственных препаратов. Причинами тому является неправильная утилизация фармацевтических препаратов (происходит непосредственный слив данных препаратов в канализацию), а также не оспорим тот факт, что после приема внутрь многие лекарственные препараты проходят через организм человека и выводятся вместе с мочой и попадают в канализацию. Поэтому полностью исключить попадание фармацевтических препаратов в городские сточные воды невозможно [7]. Начиная с середины 1990-х присутствие лекарственных препаратов в природных экосистемах стали рассматривать как новую экологическую проблему. Этот период ознаменовался не только развитием производства и ростом потребления лекарств, но и активным внедрением новых аналитических методов, в частности высокочувствительной и высокоселективной хроматографии и масс-спектрометрии, позволяющих выявлять даже следовые количества лекарственных средств. Фармацевтическое загрязнение окружающей среды тесно связано с ростом потребления медикаментов, чему в свою очередь, способствуют такие факторы как демографическое старение, все большее распространение хронических заболеваний, доступность недорогого лечения и появления новых лекарственных препаратов. С экологической точки зрения ключевые этапы жизненного цикла лекарственных средств включают производство и потребление, а также управление отходами. Загрязнение окружающей среды возможно на каждом из этапов, однако, основная часть приходится на процесс использования. Установлено, что от 30 до 90% орально применяемых препаратов и их производных попадают в виде активных метаболитов во внешнюю среду в составе мочи (в среднем $64 \pm 27\%$); часть продуктов метаболизма лекарственных препаратов выводится с каловыми массами (в среднем $35 \pm 26\%$). Причиной загрязнения воды нередко становится некорректная утилизация неиспользованных медикаментов [2, 7]. Результаты проведенного опроса населения крупных городов показали, что ненужные и просроченные лекарственные препараты чаще всего выбрасываются в общие бытовые отходы (около 80 %), а более 15 % потребителей отправляют их в канализацию. При этом около 50 % граждан осознают, что такие способы утилизации могут нанести вред окружающей среде и готовы поддержать инициативу по сбору просроченных и ненужных лекарств в специальные контейнеры, установленные в аптеках, с целью их дальнейшей безопасной переработки. Очень неблагоприятная ситуация с утилизацией медикаментов складывается в лечебно-профилактических учреждениях. Исследования показывают, что несмотря на наличие адекватных систем безопасного удаления медицинских отходов, возврат медикаментов реализуется не всегда,

и порядка 50% неиспользованных медицинских продуктов не собирается. Даже в лечебно-профилактических учреждениях Германии, оказывающих медицинскую помощь населению, около 60...80 % неиспользованных лекарственных препаратов спускаются в канализацию или выбрасываются вместе с обычным бытовым мусором. Имеющиеся на городских очистных станциях сооружения биологической очистки не могут обеспечить эффективное удаление фармацевтических субстанций [5, 7]. Например, уровень ибупрофена, который присутствует в значительных количествах в сточных водах, снижается после прохождения очистки на 60...96%, в то время, как уровень очистки сточных вод от карбомазепина существенно ниже. Вследствие этого, лекарственные препараты все чаще обнаруживаются в поверхностных и грунтовых водах и даже в питьевой воде. Лёгкость распространения лекарственного загрязнения в водных объектах, негативное воздействие на гидробиоту и, наконец, возможность попадания лекарственных средств в питьевую воду позволяют считать водное загрязнение лекарственными препаратами наиболее опасным [2, 5, 7]. Если же очистные сооружения имеют в качестве системы доочистки озонифлотационную установку, то проблема загрязнения лекарственными препаратами будет решена, поскольку озон эффективно разрушает лекарственные препараты.

Основная часть

На рисунке 1 представлена схема озонифлотационной установки, разработанная кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, Брестского государственного технического университета.

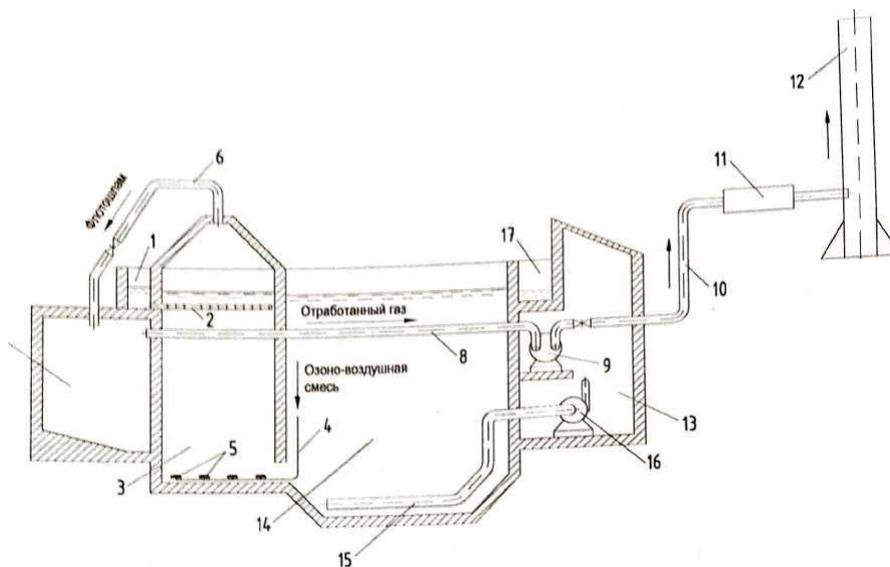


Рисунок 1 – Схема озонифлотационной установки:

- 1 – лоток подачи сточной воды в озонифлотатор; 2 – перфорированная труба подачи сточной воды в озонифлотационную камеру; 3 – озонифлотационная камера; 4 – трубопровод подачи озоноздушной смеси к диспергаторам; 5 – диспергаторы; 6 – трубопровод отвода флотошлама, 7 – камера пеногашения; 8 – всасывающий трубопровод откачивания отработанного газа; 9 – вакуумная вихревая воздуходувка; 10 – напорный трубопровод выброса отработанного газа; 11 – термический деструктор остаточного озона; 12 – вытяжная труба выброса отработанного газа в атмосферу; 13 – помещение насосной станции; 14 – камера реакции с озоном; 15 – перфорированная труба удаления осадка из камеры реакции с озоном; 16 – насос удаления осадка из камеры реакции с озоном; 17 – лоток отвода очищенной сточной воды из озонифлотатора

К озонифлотатору подведен лоток для подачи осветленной воды из вторичных отстойников. Общий подводящий лоток возле озонифлотатора делится на две равные части для подвода воды к каждой секции озонифлотатора с фронтальной стороны. На каждом лотке, подводящем воду к секциям озонифлотатора, установлен шибер, позволяющий перекрыть подачу воды в секцию. На случай возникновения расхода, значительно превышающего расчетный расход, предусмотрен боковой перелив с обводным трубопроводом, позволяющим пропустить избыточный расход мимо озонифлотаторов. Вода из подающих лотков поступает в соответствующие озонифлотационные камеры через затопленные перфорированные трубы. Отверстия в подающих перфорированных трубах расположены по бокам труб и в верхней части труб. Отверстия по бокам труб распределяют воду равномерно по площади озонифлотационной камеры. Отверстия в верхней части труб служат для удаления газа, который может попасть в подающие трубы в процессе озонифлотации. Вода после попадания в верхнюю часть озонифлотационной камеры движется вниз навстречу газовым факелам, выходящим из диспергаторов. Пневматические диспергаторы озон-воздушной смеси присоединены к подводящим трубам, проложенным по дну озонифлотационных камер. Противоточная система движения обрабатываемой воды и газовой дисперсии позволяет достичь максимального массопереноса озона из озонированного воздуха в воду. После прохождения озонифлотационной камеры вода с растворенным озоном через окно, расположенное в нижней части озонифлотационной камеры, попадает в камеру реакции.

Газовые пузырьки, выходя на поверхность камеры озонифлотации, сорбируют на себя механические и растворенные загрязнения и образуют флотошлам, который отводится через верхнюю часть пирамидального конуса. Для отвода пенного продукта из верхней части конуса в камеру гашения пены служит труба из нержавеющей стали. На трубе, выходящей из каждой секции, установлен шаровый кран, соответствующего диаметра, для возможности перекрытия данного трубопровода при опорожнении отдельной секции.

Вода из озонифлотационных камер с растворенным озоном через окна, расположенные в нижней части данных камер, поступает в камеры реакции. Объем камер реакции принимается из условия обеспечения продолжительности реакции растворенного озона с окисляемыми веществами и микроорганизмами, с целью максимального снижения показателей ХПК, БПК₅ и полного обеззараживания. В мировой практике принято, что время, необходимое для снижения ХПК и надежного обеззараживания должно быть не менее 15...20 минут [5, 6]. Ширина камеры реакции равна ширине озонифлотационной камеры. Глубина прямоугольной части камеры реакции равна глубине озонифлотационной камеры. Время пребывания обрабатываемой воды в озонифлотаторе складывается из продолжительности ее пребывания в озонифлотационной камере и времени пребывания в камере реакции установки.

После камеры реакции очищенная вода собирается в сборных лотках. Каждая секция имеет свой сборный лоток, оборудованный шибером. Вода из сборных лотков от каждой секции поступает в общий сборный лоток, из которого она поступает на сброс в водоприёмник.

Нижняя часть камер реакции имеет пирамидальное дно для сбора осадка и возможности полного опорожнения секции озонофлотатора. В нижней части пирамидального дна каждой камеры реакции проложена перфорированная труба для удаления осадка по всей длине камер реакции. Перфорированная труба связана со всасывающим трубопроводом насосов, служащих как для удаления осадка из камер реакции, так и для полного опорожнения любой секции озонофлотатора.

Камера пеногашения служит для сбора флотошлама, образующегося в озонофлотационных камерах. Как было указано ранее, образующийся флотошлам под действием вакуума по трубам отводится из верхней части пирамидальных конусов в камеру пеногашения. Данная камера расположена перед озонофлотационной камерой под подводными лотками. В верхней части камеры пеногашения установлен датчик пены, при срабатывании которого включается система пеногашения на 20 минут. Вода для пеногашения специальным насосом забирается из средней части камеры реакции и подается в распределительную систему пеногашения. Гашение пены происходит за счет разбрызгивания воды по площади камеры пеногашения. Система для гашения пены представляет собой перфорированный трубопровод, проложенный у потолка камеры, отверстия в котором направлены так, чтобы орошать всю площадь камеры пеногашения.

Уровень концентрата погашенной пены по мере накопления растет и при достижении грушевидного датчика верхнего уровня жидкости происходит включение системы взмучивания осадка. После пятиминутного взмучивания происходит выкачивание концентрата погашенной пены из камеры пеногашения с помощью того же насоса, который предназначен для выкачивания осадка из камеры реакции и для полного опорожнения секции озонофлотатора. Насос подает концентрат погашенной пены по напорному трубопроводу в начало очистных сооружений в лоток перед вторичными отстойниками. Этот же трубопровод служит для подачи осадка из камеры реакции в начало сооружений и для полного опорожнения озонофлотаторов. Откачивание концентрата пены прекращается при срабатывании грушевидного датчика нижнего уровня жидкости. После завершения процесса перекачки на ответвлении от напорного трубопровода открывается кран с электроприводом на период, равный 30-ти минутам. За это время жидкость, оставшаяся в напорном трубопроводе после перекачки в начало очистных сооружений, самотеком сливается в камеру пеногашения. Поскольку напорный трубопровод проложен с противонаклоном и объем жидкости, содержащийся в нем, составляет примерно 1 м^3 , времени 30-ти минут будет достаточно для полного опорожнения данного трубопровода. Опорожнение необходимо для предотвращения промерзания находящейся в нем жидкости в зимний период.

Для удобства эксплуатации дно камеры пеногашения имеет пирамидальную форму. Воду для взмучивания осадка в камере пеногашения подает тот же насос, который служит для подачи воды в систему пеногашения. Забор воды для взмучивания осадка также, как и для гашения пены осуществляется из средней части камеры реакции. Распределительная система взмучивания осадка

представляет собой перфорированный трубопровод, проложенный по периметру камеры пеногашения у нижнего основания прямоугольной части камеры. Отверстия перфорированного трубопровода направлены вниз вдоль стенок пирамидальной части камеры пеногашения.

Помещение насосной станции заглубленного типа сблокировано с торцевой частью камер реакций. В верхнем перекрытии данного помещения установлен люк с размером, позволяющим загружать и выгружать любое установленное в помещении оборудование. В нижней части помещения насосной станции установлены основные насосы консольного типа, изготовленные из нержавеющей стали, которые служат для удаления осадка из любой камеры реакции, для полного опорожнения любой секции озонофлотатора, а также для удаления погашенной пены из камеры пеногашения. На полке, расположенной приблизительно на середине высоты данного помещения, установлен вспомогательный насос, служащий для подачи воды как в систему пеногашения, так и в систему взмучивания осадка. Обе вышеуказанные системы расположены в камере пеногашения. Вспомогательный насос также изготовлен из нержавеющей стали. Вода для подачи в системы пеногашения и взмучивания осадка отбирается из средней части камеры реакции.

На железобетонной полке, расположенной у верхнего перекрытия помещения насосной станции, установлены вакуумные вихревые воздуходувки, создающие вакуум в камере пеногашения. Расчетный расход вакуумных воздуходувок должен превышать расход озоновооздушной смеси, подаваемый в озонофлотационные камеры. Вакуум, создаваемый вихревыми вакуумными воздуходувками, должен обеспечивать транспортирование флотошлама из озонофлотационной камеры в камеру пеногашения по трубе. После гашения пены воздух освобождается и отводится под действием того же вакуума, создаваемого вакуумными вихревыми воздуходувками, за пределы озонофлотатора. Однако сбрасывать данный воздух непосредственно в окружающую воздушную среду нельзя, поскольку он содержит остатки не вступившего в реакцию озона. Поэтому предусмотрена система обезвреживания данного воздуха, заключающаяся в деструкции остаточного озона с помощью деструктора. Из деструктора воздух попадает в вытяжную трубу для выброса в атмосферу. Высокая вытяжная труба делает выброс отработанного воздуха безопасным даже в случае неисправности деструктора.

Пол помещения насосной станции выполнен с уклоном в сторону дренажного приемка, который расположен в одном из углов помещения. В дренажном приемке расположен погружной насос, позволяющий удалять загрязненные грунтовые воды, который оборудован датчиком уровня. При срабатывании автоматики дренажного насоса он включается и перекачивает дренажные воды из приемка в общий водоотводящий лоток озонофлотатора.

На рисунке 2 представлена аксонометрическая схема вышеописанной озонофлотационной установки.

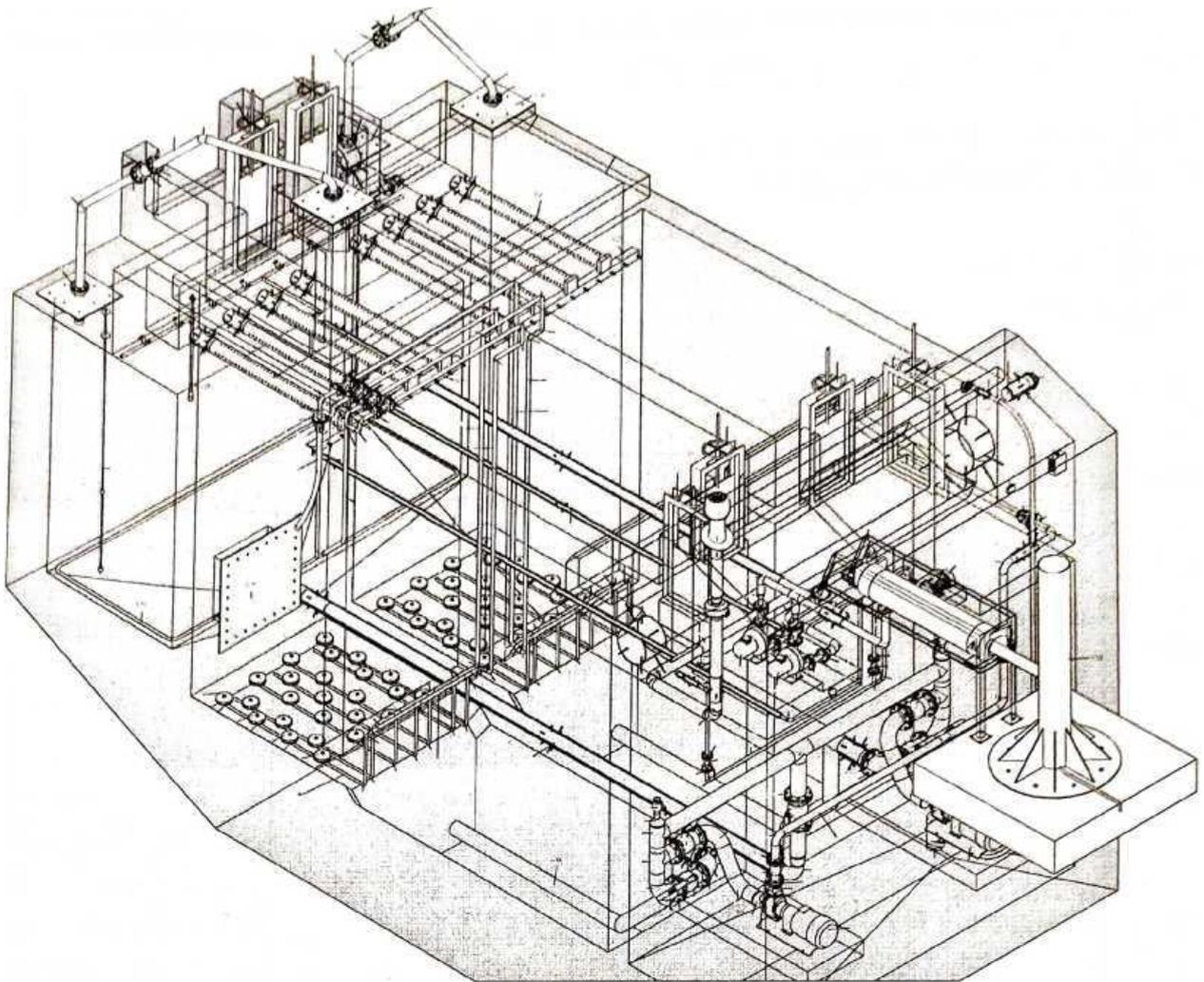


Рисунок 2 – Аксонометрическая схема камеры озонофлотации, совмещенная с камерами реакции и пеногашения

Заключение

Озонирование является самым перспективным методом обеззараживания городских сточных вод при его введении методом озонофлотации. При этом происходит не только обеззараживание воды и окисление стойких к биологическому окислению веществ, но и флотационная очистка сточной воды от активного ила, в случае его выноса из вторичных отстойников, происходящего при сбоях в работе сооружений биологической очистки. Также озон эффективно разрушает лекарственные вещества, которые попадают в городские сточные воды.

Список цитированных источников

1. Алексеев С.Е. Оценка эффективности применения озона при очистке воды сильнозагрязненных источников водоснабжения / С.Е. Алексеев, Е.В. Корса-Вавилова, А.Я. Шмелёв // Водоснабжение и санитарная техника. – 2021. – №6. – С. 8–17.
2. Баренбойм Г.М. Загрязнения поверхностных и сточных вод лекарственными препаратами / Г.М. Баренбойм, М.А Чиганова // Вода: химия и экология. – 2012. – №10. – С. 40-46.
3. Белов, С.Г. Перспективы применения озона вместо гипохлорита для обеззараживания питьевой воды при централизованном водоснабжении / С.Г. Белов, Г.О. Наумчик. Международная научно-техническая конференция «Современные тенденции в развитии водоснабжения

и водоотведения»: материалы Междунар. конф., посвященной 145-летию УП «Минскводоканал», Минск, 13–14 февраля 2019 г. : в 2 ч. – Минск : БГТУ, 2019 – Ч. 2 – 324 с. – ISBN 978-985-530-738-0.

4. Драгинский, В. Л. Озонирование в процессах очистки воды / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, В.Г. Самойлович. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 400 с.

5. Мухутдинова А.Н. Фармацевтические соединения на основе азотосодержащих гетероциклов - новый класс загрязнителей окружающей среды / А.Н. Мухутдинова, М.И. Рычкова, Е.А. Тюмина, Е.В. Вихарева // Вестник Пермского университета. – 2015. – №1. – С. 65–76.

6. Орлов, В.А. Озонирование воды / В.А. Орлов. - М.: Стройздат, 1984. – 88 с.

7. Прожерина Ю Фармацевтические отходы как новая экологическая проблема / Ю. Прожерина // Водопользование. Водоотведение. Водоподготовка. – 2021. – № 1. – С. 31–40.

8. Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.Е. Зайков. – М.: Наука, 1974. – 324 с.

УДК 631.423.3

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРУНТОВЫХ ВОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ОАО «ПЛЕМЗАВОД МУХАВЕЦ»

А. А. Волчек¹, Н. Н. Костюченко², А. М. Подлужная³

*¹ Доктор географических наук, профессор, профессор
кафедры природообустройства факультета инженерных систем и экологии
УО «Брестский государственный технический университет»,
Брест, Беларусь, e-mail : volchak@tut.by*

*² Научный сотрудник Полесского аграрно-экологического института
НАН Беларуси, Брест, Беларусь, e-mail : kost-n@rambler.ru*

*³ Младший научный сотрудник Полесского аграрно-экологического
института НАН Беларуси, Брест, Беларусь*

Реферат

В статье рассматривается химический состав грунтовых вод сельскохозяйственных угодий на территории предприятия интенсивного животноводства и растениеводства ОАО «Племзавод Мухавец». Наиболее распространенными загрязнителями грунтовых вод являются соединения азота, фосфор, цинк, медь, хром и кобальт. Наблюдается сезонность в содержании некоторых элементов: марганец обнаружен только в весенних и осенних пробах, хром – в летних и осенних пробах, кобальт – в летних пробах и одной осенней, свинец – в летних и одной весенней. На склоновых агроландшафтах крутизной 0,10° разница в концентрации элементов наиболее выражена у кальция, фосфора, никеля и железа, причем концентрация кальция преобладала в верхней части склона, а фосфора, никеля и железа – в нижней части.

Ключевые слова: грунтовые воды, загрязнение, азот, фосфор, калий, тяжелые металлы.