

1. Оптимальные дозы применения коагулянтов составляют: в период зимней межени – 10 мг/дм³; весеннего половодья – 20 мг/дм³; осенней межени – 5 мг/дм³.
 2. Коагулянт ПОХА обладает большей эффективностью по снижению цветности на 7–11% и по снижению перманганатной окисляемости на 2–16% по сравнению с СА. Применение коагулянтов дает больший эффект по снижению цветности воды, чем перманганатной окисляемости.
 3. Снижение щелочности воды меньше при применении ПОХА, особенно в период весеннего половодья, что не требует подщелачивания воды.
- СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**
1. Драгинский, В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев – Москва, 2005. – 576 с.
 2. Потапов, В.В. Улучшение качества очистки природных вод с применением реагентов нового поколения / В.В. Потапов, А.Е. Бровкин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 7. – С. 15–21.
 3. Гетманцев, С.В. Коагуляционная водообработка на Таманском групповом водопроводе / С.В. Гетманцев, С.Н. Линевич, Л.С. Казанок // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 9. – С. 30–33.
 4. Мясников, И.Н. Исследование процессов коагуляции и обеззараживания при очистке воды поверхностных источников / И.Н. Мясников, В.А. Потанина, З.И. Жолдакова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – № 9. – С. 13–15.
 5. Сомов, М.А. Водоснабжение: учебник / М.А. Сомов, Л.А. Квитка. – Москва: ИНФРА-М, 2007. – 278 с.
 6. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учебное пособие для вузов / Б.Н. Фрог, Левченко А.П. – Москва: Издательство МГУ, 1996. – 680 с.
 7. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды: монография / С.М. Эпоян, Г.И. Благодарная, С.С. Душкин, В.А. Сташук – Харьков: ХНАГХ, 2013. – 190 с.
 8. Эффективность использования полиоксихлоридов алюминия при очистке природных вод / Кинебас А.К. [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 9. – С. 52–56.
 9. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости. Утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 октября 2013 г.: ГОСТ Р 55684-2013. – № 1320-ст.
 10. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности. Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 1 июля 1975 г.: ГОСТ 3351-74. – № 1309-ст.
 11. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 сентября 2008 г.: ГОСТ Р 52963-2008. – № 224-ст.

Материал поступил в редакцию 05.03.2016

KOMAROUSKI D.P., MONIAK T.M. Application aluminum-containing coagulants for water treatment Zapadnaya Dvina river

In the article the main physical and chemical indicators of water quality in the river Western Dvina are considered and data of long-term change of their concentration within yearly seasons are studied. Results of laboratory researches in relation to choice of a coagulant and its optimum dose for the purpose of clarification and decolouration of water of the Western Dvina are given. Advantage of polyoxochloride of aluminum against aluminum sulfate is noted.

УДК 628.315/678.078.2

Роденко А.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО НОСИТЕЛЯ БИОМАССЫ НА СООРУЖЕНИЯХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Одной из актуальных проблем жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь в области охраны окружающей среды продолжает оставаться задача по очистке городских сточных вод, где важное значение имеет повышение эффективности биологической очистки.

Биологические методы очистки сточных вод основаны на жизнедеятельности микроорганизмов, которые минерализуют растворимые органические соединения, являющиеся для микроорганизмов источниками питания [1]. Сооружения биологической очистки с активным илом (АИ) предназначены для удаления из сточных вод веществ, подверженных биохимическому разложению, для осуществления процессов нитрификации, денитрификации, удаления соединений фосфора.

Интенсификация работы аэротенков возможна различными путями: повышением концентрации ила в сооружении, выравниванием нагрузки на ил и исключением шоковых перегрузок, созданием оптимальных условий по pH и температуре, созданием определенной гидродинамической структуры в сооружении, улучшенным снабжением кислородом и т. п. [2].

Достичь значительного повышения концентрации свободноплавающего ила технически сложно. Увеличение дозы АИ приводит к ухудшению седиментационной способности АИ и повышению выноса иловой взвеси с очищенной водой, а так же к ухудшению метаболических свойств АИ и снижению окислительной мощности аэротенка [1].

Решить вопрос интенсификации процесса биологической очистки

сточных вод возможно при использовании нейтральных носителей для образования на них фиксированной микрофлоры. Для решения конкретных задач носители размещают в различных сооружениях. Так, в биофильтрах на них развивается биопленка, которая обеспечивает заданную степень очистки сточных вод. В аэротенках носители биомассы способствуют поддержанию необходимой для эффективной очистки дозы АИ, интенсификации процессов нитри-денитрификации, увеличению нагрузки на АИ.

Один из способов интенсификации биологической очистки в аэротенках – установка носителей биомассы (загрузки) в зонах нитрификации. Внедрение полимерной загрузки в аэротенках с иммобилизованной биомассой наиболее целесообразно для проведения биологической очистки в режиме глубокого удаления биогенных элементов [3].

При использовании загрузки в зонах нитрификации на поверхности загрузочного материала образуется биопленка, которая обеспечивает дополнительную биомассу, увеличивающую окислительную способность аэротенка. Использование нейтральных носителей для образования на них прикрепленного биоценоза является одним из направлений стабильного повышения дозы ила в аэрационном сооружении. Увеличение АИ способствует ускорению окислительных процессов, но возникают проблемы при отделении ила во вторичных отстойниках. При дозе ила более 3 г/дм³ происходит его излишнее накопление в иловой зоне вторичных отстойников, загнивание, увеличивается вынос с очищенной водой [4]. Использование носителей в ряде случаев

Роденко Алексей Владимирович, директор ООО «Гефлис».
Беларусь, 246050 г. Гомель, ул. Подгорная, 2.

позволяет поднять дозу ила в аэротенке до 8–10 г/дм³ без ухудшения работы вторичных отстойников.

Для изучения иммобилизованного на полимерном носителе АИ проводился эксперимент на канализационных очистных сооружениях города Гомеля в период 2010–2011 гг. В качестве загрузки использовался носитель биомассы производства ООО «Гефлис». Полимерный волокнисто-пористый носитель биомассы выполнен в виде полых цилиндров с толщиной стенки 5–10 мм, внутренним диаметром – 45–55 мм и пористостью 65–80 %. На указанную загрузку имеется Евразийский патент №007088 «Носитель биомассы фильтров для биологической очистки сточных вод» [5].

Контрольные образцы загрузки в виде гирлянд были опущены в 2 точки в аэротенках № 1 и № 4 (рис. 1).

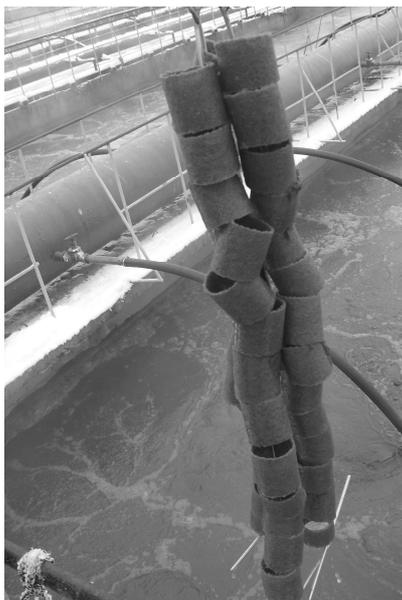


Рисунок 1 – Контрольные образцы загрузки (общий вид)

Спустя 17 дней был проведен осмотр контрольных образцов и взяты пробы ила с загрузки для проведения гидробиологического анализа. По результатам анализа в составе ила было обнаружено большое количество представителей подтипа Mastigophora (жгутиконосцы), представителей раковинных амёб (род Arcella, род Euglypha), брюхооресничных инфузорий (род Aspidisca), свободноплавающих инфузорий (род Litonotus), кругоресничных инфузорий (рода Opercularia, род Vorticella).

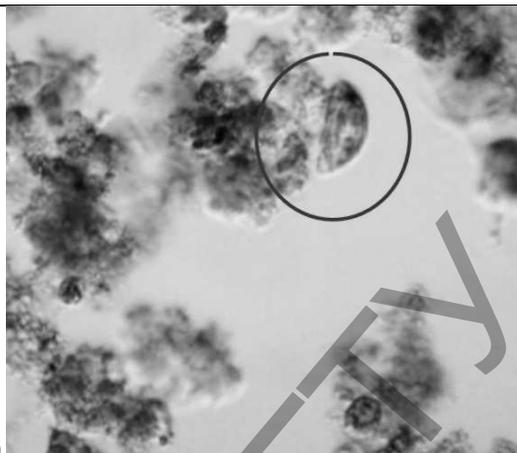
При гидробиологическом анализе АИ спустя 1,5 месяца на загрузке наблюдалось большое количество представителей подтипа Mastigophora, рода Euglypha, рода Aspidisca, рода Arcella, рода Litonotus, рода Vorticella, а также обнаружены коловратки (класс Rotifera).

Ещё через неделю были взяты новые контрольные образцы. Видовой состав АИ аналогичен предыдущей пробе. По сравнению с предыдущим анализами прикрепленных организмов стало больше, что свидетельствует о том, что на загрузке происходит накопление биомассы.

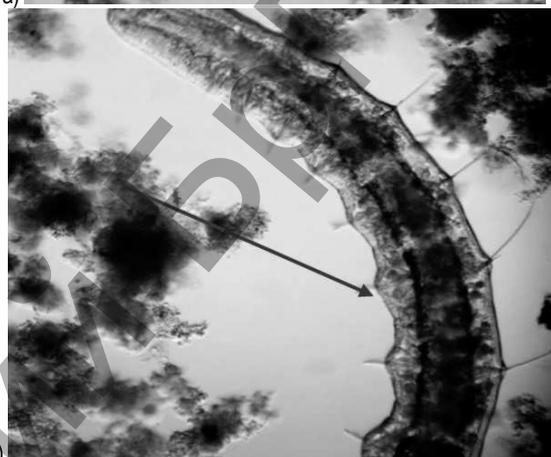
Через две недели в двух точках аэротенка была установлена дополнительная загрузка, так, чтобы глубина погружения новой загрузки в первой точке составляла – 1 м, во второй – 1,5 м.

Исходя из визуальных наблюдений за загрузкой, выяснилось, что на загрузке, которая находится на глубине 1,5 м в аэротенке, иловой смеси больше, чем на той, которая находится выше. Анализируя результаты экспериментальных данных, можно утверждать, что больший прирост происходит на большей глубине (в зависимости от рабочей глубины аэротенка).

В апреле 2011г. гидробиологический анализ соскоба иммобилизованного на загрузке ила с глубины 3 метра показал наличие большого количества инфузорий, представителей раковинных амёб (род Arcella, род Euglypha), также крупных и мелких коловраток различных видов и очень много представителей рода Aeolosoma (малощетинковых червей) (рис. 2).



а)



б)

а – брюхооресничная инфузория; б – малощетинковый червь

Рисунок 2 – Представители биоценоза иммобилизованного АИ

Малощетинковые черви (хищные виды) являются показателями глубокой очистки с нитрификацией. Брюхооресничные инфузории также являются показателями хорошего качества очистки.

Наблюдение за количественным и качественным составом прикрепленного АИ на полимерном носителе на канализационных очистных сооружениях города Гомеля, позволило сделать основные выводы:

- Объем иловой смеси на загрузке изменяется в зависимости от глубины погружения загрузки.
- Малый диаметр волокон (50–80 мкм), высокая пористость полимерного носителя и размер пор, сравнимый с размерами хлопков АИ, создают благоприятные условия для их удержания.
- Нарастая до определенного объема, иловая смесь на носителе обновляется. Иммобилизация клеток позволяет в определенной мере способствовать формированию ступеней очистки, на каждой из которых доминируют микроорганизмы того или другого вида, а следовательно, – происходит ступенчатый процесс (окисление основных видов органики, нитрификация и другие).
- Иммобилизованный АИ имеет практически тот же видовой состав, что и свободноплавающий, но отличается более высокой концентрацией организмов. В то же время среди организмов иммобилизованного АИ встречались организмы, которых не было обнаружено среди свободноплавающего. Так, например, малощетинковые черви локализовались на носителе.
- Свободноплавающий АИ подвержен значительным колебаниям численности организмов, что связано с изменением расхода сточных вод и уровня их загрязненности, вызванных сбросами промышленных предприятий.

В 2011–2012 гг. эксперимент по наращиванию ила на носителе биомассы проводили на очистных сооружениях поселка городского типа Белые Берега (Брянская область, РФ). На канализационных очистных сооружениях имелось четыре линии очистки с аэротенками. В аэротенке

четвертой линии очистки были установлены полимерные носители биомассы.

В ходе эксперимента на очистных сооружениях поселка городского типа Белые Берега было отмечено:

- Доза ила в четвертой линии гораздо больше, чем в остальных трех линиях, и в среднем составляет 3,6 г/дм³. Такая доза ила способствует ускорению окислительных процессов в аэротенке.
- Концентрации загрязнений на выходе из четвертой линии меньше, чем на остальных.
- Эффективность очистки сточных вод в четвертой линии была довольно высокая: по азоту аммонийному достигала 99,5 %, по фосфору – 93 %, по ХПК – 91 %, по взвешенным веществам – 86 %, по БПК₅ – 91 %.
- Внешний вид иловой смеси в четвертой линии лучше, чем в остальных. Иловая смесь была насыщенно-коричневого цвета, пена отсутствовала.
- Одним из основных параметров оценки протекания процесса биологической очистки является прозрачность очищенных сточных вод после вторичных отстойников. Прозрачность сточных вод обусловлена наличием в них нерастворимых и коллоидных примесей, а также микроорганизмов. Прозрачность сточных вод во вторичном отстойнике четвертой линии более 1 м по диску «Секки» (рис. 3а).
- Отработанная биологическая пленка, выносимая из инертного заполнителя, обладает лучшими седиментационными свойствами, чем свободноплавающий АИ аэротенка, что позволяет во вторичных отстойниках задерживать большее количество взвешенных веществ.
- В то же время, в третьей линии (без загрузки) анализы были хуже. Наблюдался вынос АИ и вторичное загрязнение воды (рис. 3б). В третьей линии цвет иловой смеси был светло-коричневый, присутствовала пена. В первой и второй линиях цвет сточных вод был серым, возвратный ил светло-серого цвета, что свидетельствует о малом количестве ила.



а)



б)

а – четвертая линия; б – третья линия

Рисунок 3 – Внешний вид стоков во вторичных отстойниках на канализационных очистных сооружениях п.г.т. Белые Берега

Изучение хлопков АИ показало, что в третьей линии хлопок перистый, малой компактности, легкий, плохо оседает. В исследуемых пробах присутствовало большое количество нитчатых бактерий. Это свидетельствует о токсичных сточных водах, которые дисбалансированы по элементам питания. В 3-й линии доза ила была очень мала, и процесс биологической очистки не происходил.

В аэротенке 4-й линии хорошая доза ила, хлопок ила компактный, быстро оседает. Процесс биологической очистки происходил удовлетворительно. В иловой смеси обнаружены представители класса Rotifera, представители кругоресничных инфузорий (род Oregucalata).

На загрузке было обнаружено большое количество прикрепленных микроорганизмов, а также малощетинковые черви рода Aeolosoma.

При проведении эксперимента выяснилось, что в зимний период хорошо сформировавшийся ил (например, как в 4-й линии) не реагирует на снижение температуры. Даже при сильных морозах, когда температура сточных вод низкая, АИ просто замедляет свои процессы, но не погибает. В зимний период загрузка обновляется реже, чем в летний, примерно один раз в два месяца. Летом чаще – примерно 1 раз в месяц.

При сбросе токсичных промышленных стоков ил, находящийся в свободноплавающем состоянии, погибал в аэротенках как без загрузки, так и с загрузкой. Но в течение 3–5 дней в аэротенке с внедренной загрузкой процесс очистки полностью восстанавливался.

Влияния установленных касет с полимерной загрузкой на качество очистки стоков изучалось так же во время пуско-наладочных работ на очистных сооружениях индустриального парка "Ворсино" (Калужская область). Очистные сооружения предназначались для очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод в количестве 4 000 м³/сутки. На очистных сооружениях в первой линии и третьей линии были установлены касеты полимерной загрузки.

В период декабрь 2014 г. – январь 2015 г. было проведено определение прозрачности очищенных сточных вод после вторичных отстойников. Прозрачность очищенных сточных вод после вторичных отстойников в первой и третьей линиях выше, чем во второй в среднем в 1,3–2,1 раза. Это связано с тем, что в первой и третьей линиях установлены касеты полимерной загрузки. Основное количество АИ в этих линиях сосредоточено на загрузке.

Изучение состава АИ, иммобилизованного на полимерном носителе, и качества биологической очистки стоков аэротенках с загрузкой на очистных сооружениях индустриального парка "Ворсино", позволяет сделать следующие выводы:

- Увеличение рабочей концентрации АИ за счет иммобилизованной биомассы позволяет повысить эффект биологической очистки. В зонах нитрификации, оснащенных волокнисто-пористым полимерным носителем, достигается большая доза ила по сравнению с зонами со свободноплавающим илом. Это способствует более интенсивному изъятию загрязнений из сточных вод, обеспечивает глубокое протекание нитрификации.
- Свободноплавающий АИ подвержен значительным колебаниям численности организмов, что связано с изменением расхода сточных вод и уровня их загрязненности, вызванных сбросами промышленных предприятий. При иммобилизации повышается устойчивость организмов АИ к воздействию токсикантов. При гибели АИ, в результате попадания в систему больших количеств токсичных веществ, в системах с установленной загрузкой происходит быстрое его восстановление.
- В иммобилизованном иле присутствуют типичные для аэротенков виды микроорганизмов. Иммобилизация АИ на загрузке создает условия для селекции штаммов, наиболее приспособленных к данному типу сточных вод. Это способствует повышению эффективности и стабильности протекания процессов биодеструкции загрязнений.
- Применение касет полимерной загрузки сокращает риск всплывания АИ в аэротенках.
- Применение иммобилизованных микроорганизмов в очистке сточных вод позволяет увеличить возраст ила. При увеличении возраста ила уменьшается вынос взвешенных веществ.

- Отработанная биологическая пленка, выносимая из инертного заполнителя, обладает лучшими седиментационными свойствами, чем АИ азротенка, что позволяет во вторичных отстойниках задерживать большее количество взвешенных веществ.
- Таким образом, на основании анализа экспериментальных исследований по применению загрузки производства ООО «Гефлис», можно сделать следующие выводы:
- Малый диаметр волокон полимерного носителя (50-80 мкм), его высокая пористость и размер пор, сравнимый с размерами хлопков АИ, создают благоприятные условия для их удержания.
- Применение полимерной загрузки позволяет увеличить дозу ила в азротенке и тем самым увеличить окислительную способность самого азротенка.
- В иммобилизованном иле присутствуют типичные для азротенков виды микроорганизмов. В то же время, прикрепленный биоценоз АИ более устойчив к изменению расхода сточных вод и колебанию концентраций загрязняющих веществ.
- Применение загрузки увеличивает возраст ила и тем самым уменьшает вынос взвешенных веществ.
- Величина возраста ила обратно пропорциональна скорости прироста ила. Старые хлопья менее активны, но хорошо оседают. По мере того, как хлопья растут и стареют, они в большей степени состоят из мертвых клеток и аккумулированных инертных частиц.
- Хлопья ила по мере их старения увеличиваются в размере (удельный вес возрастает), лучше сорбируют загрязнения, лучше защищены биополимерным гелем от токсикантов, лучше отделяются от очищенной воды при отстаивании.
- Использование в азротенках носителей для иммобилизации биомассы снижает риск развития нитчатого вспухания.
- Загрузочный материал позволяет закрепить на поверхности этих носителей нитчатые бактерии, обладающие хорошей способностью прикрепляться к различным поверхностям и высокой окислительной способностью. Бактерии не падают с иловой смесью во вторичные отстойники.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст]: учебник для вузов / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: АСВ, 2002 – 704 с. – 4000 экз. – ISBN 5-93093-119-4.
2. Яковлев, С.В. Биохимические процессы в очистке сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев, Т.А. Карюхина. – М.: Стройиздат, 1980 – 200 с., ил – 10000 экз. – (Охрана окружающей среды).
3. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с азротенками [Текст] / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с. – 2000 экз. – ISBN 5-901652-05-3.
4. Ручай, Н.С. Экологическая биотехнология [Текст]: учеб. пособие для студентов специальности «Биотехнология» / Н.С. Ручай, Р.М. Маркевич. – Минск: БГТУ, 2006. – 312 с.: цв. ил. – 150 экз. – ISBN 985-434-657-9.
5. Пат. 007088 Евразийский, МПК С 02 F 3/10. Носитель биомассы фильтров для биологической очистки сточных вод [Текст] / Н.Е. Савицкий, В.Л. Лисицын, А.Г. Кравцов; заявитель ООО «ПОЛИМЕР» / Заявл. 30.03.05; опубл.30.06.06 – 4 с.

Материал поступил в редакцию 18.06.2016

RODENKO A.V. Use of the polymeric carrier of biomass on constructions of biological sewage treatment

This article considers the possibility of intensification of the biological treatment process on wastewater treatment facilities due to the introduction of the bioblock.

The results of researches of the activated sludge localized on the polymeric carrier are presented.

It is shown that the introduction of polymer bioblock can be successfully applied in the aeration tanks for immobilizing activated sludge microorganisms.

УДК 628.162

Романовский В.И., Лихавицкий В.В., Клебеко П.А., Куличик Д.М.

ОЧИСТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЖЕЛЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АНТРАЦИТОВ

Введение. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Беларусь в основном используется вода подземных источников, которая имеет несколько повышенную минерализацию, повышенное содержание железа и марганца, высокие бактериологические показатели [1]. Повышенное содержание железа в воде помимо негативного воздействия на организм человека вызывает зарастание водопроводных сетей и водоразборной арматуры, является причиной брака в текстильной, бумажной, пищевой и других отраслях промышленности.

На сегодняшний день разработан широкий ряд технологий водоподготовки. В каждом случае необходимо рассмотрение наиболее эффективных и экономичных способов, что позволит снизить себестоимость самой воды и выпускаемой продукции. Для этого нужно проводить мероприятия по оптимизации существующих процессов и технологий водоподготовки, а также разрабатывать новые направления

в решении этих проблем. Одним из актуальных направлений решения является поиск новых материалов, обладающих большей селективностью и каталитической активностью к извлечению ионов железа и марганца. Отдельную перспективу и интерес в данном направлении представляет создание малогабаритных установок очистки подземных вод от железа и марганца, а также обеззараживания воды.

Основным элементом станции обезжелезивания является фильтр обезжелезивания. В качестве загрузки могут использоваться кварцевый песок, дробленый керамзит, активированный уголь, антрацит, песок, гранитный щебень. В ряде литературных источников [2–5] приведен анализ использования альтернативных материалов загрузки.

В процессе технологических изысканий в полупроизводственных условиях непосредственно у источника водоснабжения согласно [6] должны быть установлены:

- метод и состав необходимых сооружений;

Романовский В.И., к.т.н., старший преподаватель кафедры промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета.

Лихавицкий В.В., ассистент кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники Белорусского государственного технологического университета.

Куличик Д.М., студент кафедры промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета. Беларусь, 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

Клебеко П.А., аспирант РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов». Беларусь, 220086, г. Минск, ул. Славинского, 1, корпус 2.