

Подмосковье // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2005. – № 2 (38). – С. 36-40.

10. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустroительные, методы закладки. – 59 с.

11. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Итог тридцати вегетаций в географических культурах ели Сергиево-Посадского опытного лесхоза // Науч. тр. Московского гос. ун-та леса. – М.: МГУЛ, 1995. – Вып. 274. – С. 64-77.

12. Тимофеев В.В. Корабельные леса лиственницы Сукачёва – основа современных семенных хозяйств Ивановской области // Лесной журнал. – 1984. – № 3. – С. 126-129.

13. Ирошников А.И. Лиственницы России. Биоразнообразия и селекция. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 182 с.

14. Мельник П.Г., Карасев Н.Н. Географическая изменчивость лиственницы в фазе приспевания // Вестник Московского гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2012. – № 1 (84). – С. 60-74.

References

1. Timofeev V.P. Priroda i nasazhdeniya Lesnoi opytnoi dachi TSKhA za 100 let. – М.: Lesnaya promyshlennost', 1965. – 168 s.

2. Timofeev V.P. Lesnye kul'tury listvennitsy. – М.: Lesnaya promyshlennost', 1977. – 216 s.

3. Lesovodstvennaya ekskursiya v tyurmerovskie lesa Porech'ya / M.V. Rubtsov, M.D. Merzlenko, Yu.B. Glazunov, D.K. Nikolaev. – М.: IL RAN, 1998. – 35 s.

4. Merzlenko M.D., Mel'nik P.G. Opyt lesovodstvennogo monitoringa v Nikol'skoi lesnoi dache. – М.: FGBOU VPO MGUL, 2015. – 112 s.

5. Aleksandrov A.I., Gribkov V.V. Issledovaniya geograficheskikh kul'tur khvoynykh porod v Shchelkovskom uchebno-opytном leskhoze i

rol' sveta pri khraneniі semyan etikh porod // Tez. dokl. NTK. – М.: MLTI, 1963. – S. 30-32.

6. Aleksandrov A.I. Dinamika rosta geograficheskikh kul'tur v Shchelkovskom uchebno-opytном leskhoze MLTI // Povyshenie produktivnosti lesov i uluchshenie vedeniya lesnogo khozyaistva: Referat dokl. – М.: MLTI, 1971. – S. 101-104.

7. Aleksandrov A.I., Drozdov I.I. Issledovanie iskusstvennykh molodnyakov. – М.: MLTI, 1985. – 32 s.

8. Mel'nik P.G. Listvennitsa v geograficheskikh kul'turakh Shchelkovskogo leskhoza Moskovskoi oblasti // Listvennichnye lesa Arkhangel'skoi oblasti, ikh ispol'zovanie i vosproizvodstvo: Materialy regional'nogo rabochego soveshchaniya. – Arkhangel'sk, 2002. – S. 86-88.

9. Mel'nik P.G., Karasev N.N. Rezul'taty in-troduktsii listvennitsy v severo-vostochnoe Podmoskov'e // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoi vestnik. – 2005 – № 2 (38). – S. 36-40.

10. ОСТ 56-69-83. Probnye ploshchadi lesoustroitel'nye, metody zakladki. – 59 s.

11. Merzlenko M.D., Mel'nik P.G. Itog tridtsati vegetatsii v geograficheskikh kul'turakh eli Sergievo-Posadskogo opytного leskhoza // Nauchnye trudy Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. – Vyp. 274. – М.: MGUL, 1995. – S. 64-77.

12. Timofeev V.V. Korabel'nye lesa listvennitsy Sukacheva – osnova sovremennykh semennykh khozyaistv Ivanovskoi oblasti // Lesnoi zhurnal. – 1984. – № 3. – S. 126-129.

13. Iroshnikov A.I. Listvennitsy Rossii. Bioraznoobrazie i selektsiya. – М.: VNIILM, 2004. – 182 s.

14. Mel'nik P.G., Karasev N.N. Geograficheskaya izmenchivost' listvennitsy v faze prispevaniya // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoi vestnik. – 2012. – № 1 (84). – S. 60-74.



УДК 628.353:579.695

Ю.В. Корчевская, А.А. Кадысева, Г.А. Горелкина,
А.А. Маджугина, Р.Г. Шамсутдинов
Yu.V. Korchevskaya, A.A. Kadyseva, G.A. Gorelkina,
A.A. Madzhugina, R.G. Shamsutdinov

ПРИМЕНЕНИЕ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

THE USE OF FLUIDIZED BED IN BIOLOGICAL TREATMENT OF SEWAGE WATER

Ключевые слова: биологическая очистка стоков, псевдооживленный слой, биопленка, концентрация биомассы, суспендированная система, биореактор, растительная поверхность, активная загрузка, биологические популяции.

Keywords: biological treatment of sewage water, fluidized bed, biomass concentration, suspended system, bioreactor, growing surface, active fill, biological populations.

Показаны преимущества использования псевдооживленного слоя перед фильтрованием в погружных биофильтрах и обработкой в традиционных аэротенках активно-иловой смесью. В качестве примера рассматривается биореактор с частично заполненной загрузкой. Оказавшись подвешенной в воде, загрузка приобретает большую растительную поверхность, на которой могут развиваться и функционировать биологические популяции. Поверхность загрузки со временем покрывается плотно прикрепленной активной биомассой, которая поглощает загрязнения, содержащиеся в воде. В трехфазном слое возрастает площадь формирования биопленки микроорганизмами и скорость биохимического окисления загрязнений прикрепленной микрофлорой. За счет возрастания концентрации биомассы в аэрационном сооружении появляется возможность уменьшить время ее пребывания. Увеличение концентрации ила и относительное сокращение объемов аэрационных емкостей обеспечивают значительное уменьшение затрат на капитальное строительство и эксплуатацию очистных сооружений. Фиксированная на загрузке биомасса микроорганизмов исключает необходимость в рециркуляции активного ила для поддержания ее установленных концентраций в культуральной жидкости. Система с псевдооживленным слоем реализует механизм удаления твердых частиц, который обеспечивает управление размером дисперсных частиц и исключает необходимость во вторичной очистке после аэротенка. Сравнительные результаты показывают, что благодаря высоким концентрациям биомассы и ее тесному контакту со сточной водой псевдооживленные системы имеют более высокую биохимическую и технико-экономическую эффективность. Применение псевдооживленного слоя для повышения качества очистки в аэротенке является перспективным направлением развития и совершенствования систем

аэробной биологической очистки, обеспечивающим как повышение качества очистки, так и достижение высокой технико-экономической эффективности строительства и эксплуатации.

The advantages of the fluidized bed compared to immersion biofilters and conventional treatment aerotanks with active mixed liquor are discussed. Partially-filled bioreactor is described as an example. As the fill gets suspended in water, its growing surface expands and biological populations may develop and function on it. In the course of time, the surface of the fill gets covered by dense active biomass which absorbs contaminants from the sewage water. The area of biofilm formation by microorganisms increases in three-phase layer as well as the rate of biochemical oxidation of contaminants by the microflora. Due to increased biomass concentration in the aeration unit, there appears the possibility of reducing the time of its presence there. The increase of sludge concentration and decreased aeration tank volume ensure dramatic reduction of the construction and operating costs of waste treatment facilities. Microorganism biomass fixed at the fill makes the recirculation of active sludge not necessary to maintain its concentrations in the culture fluid. The fluidized bed system creates a mechanism of particulate removal which ensures disperse particle size control and makes the secondary treatment after aerotank not necessary. The comparative results show that due to high concentrations of biomass and its close contact with sewage water, fluidized bed systems have higher biochemical, technical and economic efficiency. The use of fluidized bed to increase the quality of sewage water treatment in aerotanks is a promising direction in the development of anaerobic biological treatment systems; this ensures both higher treatment quality and achievement of high technical and economic efficiency of construction and operation.

Корчевская Юлия Владимировна, к.с.-х.н., доцент, каф. природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-36-63. E-mail: yuv.korchevskaya@omgau.org.

Кадысева Анастасия Александровна, д.б.н., проф., каф. биологии, географии и методики их преподавания, Ишимский педагогический институт им. П.П. Ершова (филиал), Тюменский государственный университет. Тел.: (34551) 2-39-47. E-mail: yuv.korchevskaya@omgau.org.

Горелкина Галина Александровна, ст. преп., каф. природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-36-63. E-mail: ga.gorelkina@omgau.org.

Маджугина Анастасия Александровна, ст. преп., каф. природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-36-63. E-mail: aa.madzhugina@omgau.org.

Шамсутдинов Руслан Галимович, студент, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. E-mail: yuv.korchevskaya@omgau.org.

Korchevskaya Yuliya Vladimirovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Natural Resources Management and Water Resources Protection, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-36-63. E-mail: yuv.korchevskaya@omgau.org.

Kadyseva Anastasiya Aleksandrovna, Dr. Bio. Sci., Prof., Ishim Pedagogic Institute named after P.P. Yershov (Branch), Tyumen State University. Ph.: (34551) 2-39-47. E-mail: yuv.korchevskaya@omgau.org.

Gorelkina Galina Aleksandrovna, Asst. Prof., Chair of Natural Resources Management and Water Resources Protection, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-36-63. E-mail: ga.gorelkina@omgau.org.

Madzhugina Anastasiya Aleksandrovna, Asst. Prof., Chair of Natural Resources Management and Water Resources Protection, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-36-63. E-mail: aa.madzhugina@omgau.org.

Shamsutdinov Ruslan Galimovich, student, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. E-mail: yuv.korchevskaya@omgau.org.

Введение

Биологическая очистка сточных вод – достаточно сложный биохимический процесс. В основном освобождение сточных вод от органических загрязнений происходит в аэротенках или биофильтрах. Применение технологии псевдооживленного слоя позволяет объединить лучшие черты таких типовых процессов, как биофильтрация и активно-иловая обработка в суспендированной системе. Метод комплексного использования прикрепленной биопленки и высокой концентрации биомассы позволяет достичь максимальной эффективности биологической обработки стоков, упростить управление активным илом и снизить стоимость очистных сооружений [1, 2].

Материалы и методы

Биореактор с системой псевдооживленного слоя частично заполненный загрузкой (мелко-гранулированной средой). В качестве загрузки используют кварцевый песок, активированный уголь, кусочки лавы, стекло, пластмассовую крошка (гранулированные полиэтилен, полистирол), газонаполненный алюмосиликат, не вступающий в реакцию с загрязненными веществами). Природа и характер загрузки влияют на минимальную скорость оживления, которая возрастает с увеличением диаметра частиц и ростом разности плотностей между твердыми частицами загрузки и сточных вод [3].

Сточные воды проходят вверх через днище реактора и передают свое движение загрузке, обеспечивая ее «оживление». Оказавшись подвешенной в воде, загрузка приобретает большую растительную поверхность, на которой могут развиваться и функционировать биологические популяции. На поверхности загрузки со временем появляется плотно прикрепленная биомасса, которая поглощает загрязнения, содержащиеся в воде. В аэротенке реализуется процесс, аналогичный процессу фильтрации в биофильтре. Но в отличие от биофильтра в аэротенке создается лучший контакт между биологическими популяциями и загрязнениями в сточной воде. Псевдооживление загрузки обеспечивает поддержание более высоких концентраций биомассы в аэротенке, которые оказываются на порядок выше, чем в традиционных активно-иловых системах. В связи с этим гидравлическое время пребывания может быть сокращено до минут и объем аэротенка уменьшен на 90% по сравнению с типовым активно-иловым аэротенком. Увеличение концентрации ила и относительное сокращение объемов аэрационных емкостей обеспечивают значительное уменьшение затрат на капитальное строительство и эксплуатацию очистных сооружений.

Система с псевдооживленным слоем реализует механизм удаления твердых частиц, который обеспечивает управление размером дисперсных частиц и исключает необходимость во вторичной очистке после аэротенка.

При увеличении толщины биологической пленки на загрузке ее эффективный размер также увеличивается, а удельный вес уменьшается. Соответственно, псевдооживленный слой пропорционально расширяется и достигает своего конструктивно максимального уровня. В результате происходят автоматическая активация иловой системы и улучшение качества очистки. Часть оторвавшегося под действием турбулентности слоя (избыток ила) удаляется из аэротенка и очищенная загрузка возвращается в псевдооживленный слой. Это снижает вес загрузки и процесс наращивания на ней биопленки повторяется. Таким образом, при регулировании объема выводимой из аэротенка смеси очищенной воды и оторвавшейся биопленки обеспечивается возможность управления процессом биологической обработки сточной воды активным илом.

Результаты испытаний

Технология псевдооживленного слоя использует ту же биологическую составляющую, что и типовые системы биологической обработки стоков. В аэротенке поддерживается достаточно высокая концентрация микроорганизмов псевдооживленной системы. Эти организмы могут быть любыми: факультативными, аэробными или анаэробными бактериями, обычно присутствующими в системах биологической обработки. При этом доминирующие виды бактерий всецело зависят от состава и концентраций загрязнений в исходной сточной воде и концентрации растворенного кислорода в жидкой среде. Если основным загрязнителем является аммоний, то необходимые аэробные условия должны обеспечить нитрификацию в присутствии типичных автотрофов *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. Если загрязнителями являются нитраты, то должны доминировать денитрифицирующие организмы при необходимых анаэробных условиях [4-6].

Аэробная псевдооживленная система функционирует на тех же принципах, что и обычные системы, использующие воздух или чистый кислород. При уменьшении отношения «питание/масса» до определенного уровня нитрификация и денитрификация могут быть завершены в одном аэротенке, как и при обычной обработке в режиме продленной аэрации. Скорости роста биомассы ила и потребления ею кислорода будут зависеть от увеличения или уменьшения времени пребывания ила точно так же, как и во всех других биологических системах.

В таблице 1 приведено сравнение различных систем биологической обработки стоков по относительной площади культурального роста и количеству удаляемого БПК [7]. Видно, что по всем показателям, определяющим качество очистки, псевдооживленные системы превосходят все остальные, использующие типовые технологии. В таблице 2 для псевдооживленных процессов показана эффективность качества очистки в абсолютных и относительных величинах, а также минимально необходимое время пребывания водно-иловой смеси, определяющее потребные объемы емкостных сооружений. Из данных таблицы следует, что оптимальное сочетание технологических процессов обработки стоков обеспечивает достижение качества очистки по концентрациям взвешенных веществ до 0,2 мг/л, что составляет 99% от исходного уровня загрязнений.

Таблица 1
Сравнение различных систем биологической обработки

Сравнение аэрируемых поверхностей	
Процессы обработки	Удельная площадь аэрируемой поверхности, м ² /м ³
Капельный биофильтр	3,6-9,2
Вращающиеся биологические контакторы	12,2-15,5
Псевдооживленный слой	244-365
Концентрация удаленного БПК ₅	
Процесс обработки	Удаленное БПК ₅ , мгО ₂ /гАИ.сут
Активный ил на чистом кислороде	2,5-6,0
Активный ил на кислороде воздуха	1,5-3,0
Псевдооживленный слой	18,0-38,0

Таблица 2
Эффективность псевдооживленных систем

Процесс	Исходный сток (вход), мг/л	Очищенная вода (выход), мг/л	Процент удаления, %	Время пребывания, мин.
Удаление БПК	210	12	96	15
Удаление взвешенных веществ	253	24	92	15
Нитрификация	21	0,6	97	19
Денитрификация	25	0,2	98	6,1

Еще одним преимуществом псевдооживленных систем является простота их модульного исполнения, особенно применительно к сооружениям, которые в перспективе будут нуждаться в расширении по производительности. Необходимость в малых площадях для размещения сборных модулей дает псевдооживленным системам естественное пре-

имущество при реконструкции сооружений на большие расходы принимаемых стоков. Полностью смонтированные системы могут быть доставлены любым видом транспорта к месту размещения, и только трубные и электрические соединения будут необходимы, чтобы сделать их полностью работоспособными. В этих случаях работы по установке и расширению очистных установок могут быть выполнены быстро и с малыми затратами.

Кроме того, модульные системы являются гибкими и позволяют установку как больших, так и малых технологических емкостей в любое время с возможностью стыковки с существующим оборудованием без значительного увеличения площадей для размещения.

Модульный принцип создания псевдооживленных систем особенно привлекателен в отношении установок, на которые будут увеличиваться гидравлические и органические нагрузки в течение длительного периода времени. В некоторых конструкциях последовательности шлюзовых заслонок и регулируемых водосливов может обеспечить дополнительную гибкость и управление смежными аэротенками, которые могут управляться последовательно или параллельно.

Выводы

Сравнительные результаты показывают, что благодаря высоким концентрациям биомассы и ее тесному контакту со сточной водой псевдооживленные системы имеют более высокую биохимическую и технико-экономическую эффективность.

Применение псевдооживленного слоя для повышения качества очистки в аэротенке является перспективным направлением развития и совершенствования систем аэробной биологической очистки, обеспечивающим как повышение качества очистки, так и достижение высокой технико-экономической эффективности строительства и эксплуатации.

Библиографический список

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: Акварос, 2003.
2. Kaimakamidou V., Yiannakopoulou T. Microbial community structure in the activated sludge process // 8 Intl. Conf. on Environmental Science and Technology. Lemnos Island, Greece, 8-10 September 2003. – P. 373-380.
3. Долина Л.Ф. Реакторы для очистки сточных вод. – Днепропетровск, 2001. – 80 с.
4. Жмур Н.С. Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: Луч, 1997.

5. Шеломков А.С., Захватаева Н.В., Никифорова Л.О. Дзета-потенциал активного ила как показатель его состояния // Проекты развития инфраструктуры города. Вып. 5. Моделирование и анализ объектов городских инженерных систем: сб. науч. тр. / Мосводоканал НИИПроект. – М.: Прима-Пресс-М, 2005.

6. Activated Sludge Separation Problems. Theory, Control Measures, Practical Experiences. Scientific and Technical Report No. 16. London: IWA Publishing, 2006.

7. Павлинова И.И., Кадысева А.А. Расчетно-экспериментальные исследования процессов передачи кислорода в сооружениях биологической очистки животноводческих сточных вод // Свиноводство. – 2011. – № 8. – С. 69-72.

References

1. Zhmur N.S. Tekhnologicheskie i biokhimicheskie protsessy ochistki stochnykh vod na sooruzheniyakh s aerotenkami. – М.: Akvaros, 2003.

2. Kaimakamidou V., Yiannakopoulou T. Microbial community structure in the activated sludge process // 8 Intl. Conf. on Environmen-

tal Science and Technology. Lemnos Island, Greece, 8-10 September 2003. – P. 373-380.

3. Dolina L.F. Reaktory dlya ochistki stochnykh vod. – Dnepropetrovsk, 2001. – 80 s.

4. Zhmur N.S. Upravlenie profsessom i kontrol' rezul'tata ochistki stochnykh vod na sooruzheniyakh s aerotenkami. – М.: Luch, 1997.

5. Shelomkov A.S., Zakhvataeva N.V., Никифорова Л.О. Дзета-потенциал активного ила как показатель его состояния // Проекты развития инфраструктуры города, Вып. 5. Моделирование и анализ объектов городских инженерных систем: Сб. научных трудов, Мосводоканал НИИПроект. – М.: Прима-Пресс-М, 2005.

6. Activated Sludge Separation Problems. Theory, Control Measures, Practical Experiences. Scientific and Technical Report No. 16. London: IWA Publishing, 2006.

7. Pavlinova I.I., Kadyseva A.A. Raschetno-eksperimental'nye issledovaniya protsessov peredachi kisloroda v sooruzheniyakh biologicheskoi ochistki zhitovnovodcheskikh stochnykh vod // Svinovodstvo. – 2011. – № 8. – С. 69-72.



УДК 581.14:582.394 (571.1)

А.А. Малиновских
А.А. Malinovskikh

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РОСТ ВЕСЕННИХ ПОБЕГОВ ПАПОРОТНИКА ОРЛЯКА В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

THE EFFECT OF ILLUMINATION ON THE GROWTH OF SPRING SHOOTS OF COMMON BRACKEN UNDER THE CONDITIONS OF THE ALTAI REGION

Ключевые слова: орляк обыкновенный, освещенность, побеги орляка, древостой, полнота, биологический запас, эксплуатационный запас.

Анализируется зависимость роста весенних побегов папоротника орляка обыкновенного от экологического фактора освещенности в лесах Алтайского края. Установлено, что наибольшее влияние на освещенность, следовательно, на рост и развитие побегов орляка оказывает полнота древостоя. Выявлено, что в зависимости от полноты древостоя изменяется количество побегов орляка на единицу лесной площади, их высоту, диаметр у основания и массу. Чем выше значения полноты древостоя, тем меньше световой энергии проникает под полог леса, хуже освещается и прогревается почва и уменьшаются масса, диаметр, высота и количество побегов орляка. Максимальных значений изученные показатели для весенних побегов орляка достигают на прогалинах (окнах в древостое) и в редкостойных насаждениях (рединах). Был определен биологический, промысловый и эксплуатационный (хозяйственный) запас весен-

них побегов орляка с учетом полноты в лесном фонде Бобровского лесничества. Наименьшая величина биологического запаса орляка в условиях Верхне-Обского бора при полноте 0,7 составляет 117,5 кг/га, наибольшая величина запаса формируется на прогалинах и в редкостойных насаждениях – 324,0 кг/га. Средняя величина биологического запаса орляка составляет 208,5 кг/га. При определении запасов папоротника в лесном фонде Алтайского края рекомендуется проводить закладку пробных площадей с учетом полноты древостоя или сомкнутости древостоя. С учетом изменчивости погодных условий необходимо учет запасов выполнять в течение ряда лет для установления средней многолетней величины.

Keywords: common bracken (eagle fern), illumination, common bracken shoots, forest stand, forest density, biological reserve, exploitable volume.

This study analyzes the dependence of spring shoots of common bracken growth on the environmental factor of illumination in the forests of the Altai