



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ

**И.И. Павлинова,
Л.С. Алексеев, М.А. Неверова**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ





МИСИ МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ

И.И. Павлинова, Л.С. Алексеев, М.А. Неверова

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Москва 2014

УДК 628.2+578

ББК 38.761.2

П 12

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В.А. Орлов*,
заведующий кафедрой водоснабжения ФГБОУ ВПО «МГСУ»;
кандидат технических наук *С.Д. Беляева*, директор по научной работе
ЗАО Научно-производственная фирма «БИФАР»

Монография рекомендована к публикации научно-техническим советом МГСУ

Павлинова, И.И.

П 12 Совершенствование методов биотехнологии в строительстве и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения : монография / И.И. Павлинова, Л.С. Алексеев, М.А. Неверова ; М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гор. строит. ун-т. Москва : МГСУ, 2014. 152 с. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ).

ISBN 978-5-7264-0802-6

Рассмотрены проблемы повышения эффективности очистки различных по составу сточных вод с целью снижения негативного воздействия на водные источники. Приведены итоги исследований в области совершенствования биотехнологических приемов в системах ВКХ, актуальные для решения вопросов в области водного обеспечения городов, промышленных производств, сельского хозяйства.

Представлены методы экологического воздействия на окружающую среду путем максимально сбалансированного функционирования водохозяйственных систем. Изложены проблемы повышения эффективности биологической доочистки сточных вод, сбрасываемых в открытые водные объекты, повышения надежности функционирования систем ВКХ и систем эксплуатации биологической очистки сложных по составу смесей сточных вод. Рассмотрен эффективный метод утилизации газообразных отходов при обработке осадков сточных вод и энергетические характеристики анаэробных систем очистки сточных вод и обработки осадков. Предложены методы борьбы с биологическими обрастаниями в охлаждающих сооружениях и коммуникациях водного хозяйства различных производств.

Для бакалавров, магистров, аспирантов, обучающихся по специальности 270800 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение», а так же работников систем ВКХ, сферы проектирования и эксплуатации сооружений водоснабжения и водоотведения

УДК 628.2+578

ББК 38.761.2

ISBN 978-5-7264-0802-6

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2014

ВВЕДЕНИЕ

Биотехнология играет большую роль в охране окружающей среды и базируется на комплексе знаний различных наук, таких как: биохимия, генетика, химия, микробиология, математика. Она является важнейшим разделом современной биологии, которая в конце XX в. стала приоритетной в мировой науке и экономике.

В нашей стране значительное развитие научно-исследовательских работ в этой области и внедрение их результатов в производство было достигнуто в 1980-е годы [1]. Что же касается исследований, представленных в этой монографии, то в них использовались иммобилизованные ферменты, клетки или клеточные органеллы, а также элементы генетически трансформированных биологических объектов для интенсификации очистки отходов жизнедеятельности человека и производства – сточных вод. Рассматривались также варианты возможного применения в сельском хозяйстве субстанций из осадков сточных вод, образующихся как вторичный продукт.

Как известно, биотехнология подразделяется на промышленную биотехнологию, клеточную и генную инженерию.

Человечество использовало одноклеточные микроорганизмы давно, даже не подозревая об их существовании, хотя таинственные процессы брожения и ферментативной активности природных субстратов привлекали внимание ученых еще с XVIII века.

Знакомство человека с микромиром, а также осознание независимости микроорганизмов как самостоятельных форм жизни в биосфере стали возможны благодаря открытиям Л. Пастера. После открытий Пастера последовали новые выдающиеся открытия, объект изучения которых – микроорганизмы – выступает не только как источник производства новых продуктов, но и как защитник окружающей среды от загрязнения и истощения.

В монографии рассмотрены приемы очистки сточных вод и обработки их осадков, основанные на принципах биотехнологии.

Биологическая очистка воды происходит в аэрационных бассейнах – в основном, в аэротенках или биофильтрах. Аэротенк – это открытый железобетонный резервуар, через который проходит сточная вода, содержащая органические загрязнения и активный ил. Для организации ферментативного окисления загрязнений сточных вод в аэротенк принудительно подается воздух, обеспечивая два процесса: растворенный кислород воздуха является окислителем и обеспечивает внутриклеточное дыхание сообщества бактерий, составляющих активный ил, а также поддерживает ил во взвешенном состоянии для более полного сорбирования загрязнений. Интенсивная аэрация суспензии активного ила кислородом приводит к восстановлению его способности сорбировать органические примеси [2].

Активный ил на 70 % состоит из живых организмов, в основном бактерий, и на 30 % – из твердых частиц неорганической природы. Живые организмы вместе с твердым носителем образуют зооглей – симбиоз популяций микроорганизмов, покрытый общей слизистой оболочкой. Микроорганизмы, выделенные из активного ила, относятся к различным родам: *Actinomyces*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Corynebacterium*, *Desulfomonas*, *Pseudomonas*, *Sarcina* и др. В зависимости от внешней среды, которой в данном случае является сточная вода, та или иная группа бактерий может оказаться преобладающей, а остальные становятся спутниками основной группы [3].

Существенная роль в формировании биоценоза и ферментации активного ила принадлежит простейшим. Функции простейших достаточно многообразны; они сами не принимают непосредственного участия в потреблении органических веществ, но регулируют возрастной и видовой состав микроорганизмов в активном иле, поддерживая его на определенном уровне. Поглощая большое количество бактерий, простейшие способствуют выходу бактериальных экзоферментов, концентрирующихся в слизистой оболочке, и тем самым принимают участие в деструкции загрязнений. В активных илах встречаются представители четырех классов простейших: саркодовые (*Sarcodina*), жгутиковые инфузории (*Mastigophora*), реснитчатые инфузории (*Ciliata*), сосущие инфузории (*Suctorina*).

Показателем качества активного ила является коэффициент протозойности, который отражает соотношение количества клеток простейших микроорганизмов к количеству бактериальных клеток. В высококачественном иле на один миллион бактериальных клеток приходится 10–15 клеток простейших. При изменении состава сточной воды может увеличиться численность одного из видов микроорганизмов, но другие культуры все равно остаются в составе биоценоза.

На формирование ценозов активного ила могут оказывать влияние сезонные колебания температуры, обеспеченность кислородом, присутствие минеральных компонентов. Все это делает состав ила сложным и практически невозпроизводимым. Эффективность работы очистных сооружений зависит также от концентрации микроорганизмов в сточных водах и возраста активного ила. В обычных аэротенках текущая концентрация активного ила не превышает 2–4 г/л [4].

Увеличение концентрации ила в сточной воде приводит к росту скорости очистки, но требует усиления аэрации для поддержания концентрации кислорода на необходимом уровне. Аэробная переработка стоков включает в себя следующие стадии: 1) адсорбцию субстрата на клеточной поверхности; 2) расщепление адсорбированного субстрата внеклеточными ферментами; 3) поглощение растворенных веществ клетками; 4) рост и эндогенное дыхание; 5) высвобождение экскретируемых продуктов; 6) "выедание" первичной популяции организмов вторичными потребителями. В идеале это должно приводить к полной минерализации отходов с получением простых солей, а также газов и воды. На практике очищенная вода и активный ил из аэротенка подаются во вторичный отстойник, где происходит отделение активного ила от воды. Часть активного ила возвращается в систему очистки, а его избыток, образовавшийся в результате роста микроорганизмов, поступает на иловые площадки, где обезвоживается и вывозится на поля. Избыток активного ила можно также перерабатывать анаэробным путем. Переработанный активный ил может служить и как удобрение, и как корм для рыб, скота [5].

Система полной доочистки может состоять из множества элементов, которые определяются дальнейшим назначением сточной воды. Возможно использование биологических прудов, где биологически

очищенная вода проходит осветление и насыщается кислородом. Пруды также относятся к системе биологической очистки, в которой под воздействием биоценоза активного ила происходит окисление органических примесей. Состав биоценозов биологических прудов определяется глубиной нахождения данной группы микроорганизмов в толще воды. В верхних слоях развиваются аэробные культуры, в придонных – факультативные аэробы и анаэробы, способные осуществлять процессы метанового брожения или восстановление сульфатов. Насыщение воды кислородом происходит за счет процессов фотосинтеза, осуществляемого водорослями, из которых особенно распространены *Clorella*, *Scenedesmus*, встречаются эвгленовые, вольвоксовые и т.д. В прудах также широко представлена микро- и макрофауна: простейшие, черви, колдоватки, насекомые и др. В биопрудах эффективно удаляются нефтепродукты, фенолы и другие органические соединения. В некоторых случаях воду после биологической очистки подвергают реагентной обработке – хлорированию или озонированию.

Интенсифицировать процессы биологической очистки можно путем аэрации суспензии активного ила чистым кислородом. Этот процесс можно осуществить в модифицированных аэротенках закрытого типа – окситенках с принудительной аэрацией сточной воды. В отличие от аэротенков в биофильтрах (или перколяционных фильтрах) клетки микроорганизмов находятся в неподвижном состоянии, так как прикреплены к поверхности пористого носителя. Образованную таким образом биопленку можно считать иммобилизованными клетками. В этом случае иммобилизована не монокультура, а целый консорциум, оригинальный по качественному и количественному составу и различный в зависимости от его местонахождения на поверхности носителя. Очищаемая вода контактирует с неподвижным носителем, на котором иммобилизованы клетки, и за счет их жизнедеятельности происходит снижение концентрации загрязнений [6].

Преимущество применения биофильтров состоит в том, что формирование конкретного ценоза приводит к практически полному удалению всех органических примесей. Недостатками этого метода можно считать то, что высококонцентрированные воды негативно влияют на процесс биофильтрации – интенсифицируют увеличение

толщины биопленки, что затрудняет обработку стоков; организация процесса подачи воды с постоянной скоростью равномерного орошения поверхности биофильтра довольно сложна, кроме того, необходимо максимально подготовить воды к фильтрации, исключив содержание взвешенных частиц или доведя его до минимально допустимых концентраций.

В качестве носителей можно использовать керамический бой, щебень, гравий, керамзит, металлический или полимерный материал с высокой пористостью. Для биофильтров характерно наличие противотока воды, которая поступает сверху, и воздуха, подающегося снизу. Оторвавшиеся частицы микробной пленки после отделения их во вторичном отстойнике не возвращаются обратно в биофильтр, а идут на иловые площадки или в анаэробную переработку [7].

Существуют также системы, сочетающие в себе как биофильтры, так и аэротенки. Это так называемые аэротенки-вытеснители. В аэрируемую сточную воду помещают либо стеклоерши, либо создают систему сеток внутри тенка, в которые вкладываются прокладки из пористого полиэфира. В пустотах этих прокладок и на поверхности стеклоершей происходит накопление биоценоза активного ила. Носитель периодически удаляется из резервуара, биомасса снимается, после чего носитель возвращается в реактор [8].

Система с иммобилизованными на подвижном носителе клетками отличается от биофильтров своей экономичностью, так как здесь используются высокие концентрации микроорганизмов, и нет необходимости осажать конечные продукты. Такая система может найти применение в очистке локальных стоков с узким спектром загрязнений. Их целесообразно очищать в самостоятельных биологических системах, не смешивая со стоками других производств. Это позволяет получить биоценозы микроорганизмов, адаптированные к данному узкому спектру загрязнений, при этом скорость и эффективность очистки резко возрастают [9].

В данной монографии была проанализирована система биотехнологических методов, применяемых для соблюдения экологической безопасности человека, разработаны новые методы совершенствования очистки сточных вод, позволяющие сохранить для человечества чистоту ручьев, рек, озер, водоемов, морей и океанов.

Глава 1. Экологические аспекты функционирования водохозяйственных систем

В современном общественно-политическом словаре прочно укрепилось понятие «качество жизни», которое объединяет представление о различных сторонах жизнедеятельности тех или иных слоев или групп населения. Имеется в виду социально-экономическая, политическая, культурная, нравственная и экологическая обстановка, в которой существует конкретная общность людей.

Особенности расселения людей с первых этапов становления человеческого общества определялись факторами природной среды. А в настоящее время постоянное проживание людей в неблагоприятной социальной и экологической обстановке (стресс, недоброкачественные продукты питания, загрязненный воздух, не соответствующая санитарно-гигиеническим требованиям вода) приводит к значительному ухудшению их здоровья. Можно сказать, что показатель здоровья населения отражает качество среды обитания людей.

В передовых странах Европы и Америки уже более 50 лет изучают патогенное влияние среды обитания на человека. Здания и системы жизнеобеспечения – тоже элемент этой среды обитания.

За рубежом в технически развитых странах разработаны научно обоснованные нормативы, директивные материалы и регламенты, определяющие экологичность используемых при строительстве зданий и сооружений материалов. Промышленность строительных материалов, где удельный вес сырья достигает 50 %, является лидером среди потребителей промышленных отходов: их использование позволяет обеспечить до 40 % потребности отрасли в сырьевых ресурсах. Применение промышленных отходов позволяет на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья. Кроме этого, из промышленных отходов можно создавать новые строительные материалы с достаточно высокими технико-экономическими показателями.

С момента своего появления человек задумывается о собственной безопасности, борется за продолжение жизни. При этом он неизбежно для удовлетворения своих жизненных потребностей исключает часть окружающей среды обитания из естественного природного круговорота, создавая тем самым искусственную среду обитания – биосферу, превращая ее, по определению В.И. Вернадского, в ноо-

сферу. Развивая различные производства, в том числе и строительных материалов, человек забирает из среды обитания воду, воздух, выбирает горную или земляную массу, вырубает леса, нарушая экологическое природное равновесие.

Таким образом, решение проблемы по обеспечению экологической безопасности человека при производстве строительных материалов должно базироваться на биологических, экологических, экономических и инженерно-технических исследованиях, включающих в себя:

- классификацию компонентов окружающей среды, влияющих на экологическую безопасность человека;
- классификацию воздействия человека на окружающую природную среду и прогноз в связи с этим воздействием возможных изменений в среде обитания;
- методы и средства ликвидации отрицательных последствий негативных воздействий;
- анализ конструктивных и технологических решений, уменьшающих пагубное воздействие на окружающую среду;
- методику оценки ущерба, наносимого природе в процессе строительства и эксплуатации коммуникаций;
- методику выбора оптимальных инженерно-технологических решений производства строительных материалов с учетом состояния окружающей среды, влияющей на экологическую безопасность человека.

Задача осложняется тем, что все изменения в состоянии окружающей среды при использовании ее человеком могут быть как прямыми, так и косвенными, как краткосрочными, так и длительными. Они могут проявляться в виде механического разрушения, загрязнения, теплового влияния и т.д. Последствия от этих воздействий делятся на первичные и вторичные, обратимые и необратимые. Прямое воздействие на окружающую среду, например, добыча руды для производства чугуна, – это нарушение микро- и макрорельефа, а косвенное – сокращение сельскохозяйственных угодий, изменение гидрологии подземных вод и т.д. В этом случае первичные последствия – это развитие эрозии почв, образование оврагов, а вторичные – ухудшение среды обитания человека и, как следствие, нарушение состояния его здоровья. Всё это – факторы, влияющие на экологическую безопасность проживания.

Глава 2. Проблема повышения эффективности биологической доочистки сточных вод, сбрасываемых в открытые водные объекты

Оздоровление окружающей среды требует больших капиталовложений в строительство и эксплуатацию очистных сооружений, обеспечивающих снижение уровня загрязнений в сбрасываемых в природные водные бассейны водах до норм, установленных службами санитарно-эпидемиологического надзора. Существующие сооружения аэробной биологической очистки традиционно включают в себя последовательно расположенные по ходу технологического процесса первичные отстойники, аэротенки и вторичные отстойники. Анализ многолетней работы этих сооружений показывает, что аэробная биологическая очистка сточных вод активным илом в аэротенках обеспечивает достаточно полное усвоение микроорганизмами примесей органического происхождения, в основном загрязняющих коммунальные и промышленные сточные воды.

Комплексная очистка сточных вод представляет собой комбинацию нескольких различных по своей природе технологических процессов. Вначале обеспечивается удаление всех взвешенных дисперсно-коллоидных частиц загрязнений на участке механической очистки, затем биохимическое окисление растворенных загрязнений микроорганизмами активного ила в аэротенках и, наконец, доочистка выводимых из очистных сооружений сточных вод от оставшихся органических и минеральных примесей в биофильтрах или биологических прудах.

Из многих возможных направлений целесообразного использования биологических прудов в практике очистки сточных вод следует считать доочистку стоков после станции аэрации. При этом важно согласовать режимы работы аэрационных сооружений и прудов доочистки таким образом, чтобы обеспечить максимальную эффективность обработки сточных вод в целом.

Анализ работы современных комплексных систем очистки показывает, что каждый из ее структурных элементов имеет самостоятельное функциональное назначение, причем от эффективности их работы зависит и результат очистки в целом. Однако не менее важной оказывается и оптимальное согласование режимов работы элементов системы в общей технологической схеме, т.к. между параметрами отдельных функциональных узлов существует тесная взаимосвязь и взаимовлияние. Так, качество осветления сточной во-

ды в первичных отстойниках оказывает непосредственное влияние на эффективность и надежность работы аэротенков. В то же время, параметры биохимического процесса окисления загрязнений в аэротенках существенно влияют на качество разделения смеси сточной воды и активного ила во вторичных отстойниках. А от эффективности осаждения активного ила во вторичных отстойниках зависит концентрация рециркулируемой и работающей в аэротенках биомассы микроорганизмов активного ила и, следовательно, окислительная мощность аэротенков. Процесс очистки сточных вод не заканчивается сбросом их после осветления во вторичных отстойниках на рельеф, т.к. в ряде случаев требуется их дальнейшая очистки (доочистка) с целью приведения параметров в соответствие с требованиями, предъявляемыми к водам, поступающим в хозяйственное использование. Поэтому при анализе эффективности работы системы комплексной очистки в целом необходимо учитывать корреляционную связь между составляющими ее функциональными звеньями, функционирующими на протяжении всего технологического цикла «подача на обработку – механическая очистка – аэробная биологическая очистка – доочистка – обеззараживание – сброс в природный водоем».

Практика применения распространенных сооружений аэробной биологической очистки промышленных и коммунальных стоков показывает, что очищенные в них и сбрасываемые в открытые водоемы и водотоки сточные воды по своим физико-химическим и санитарно-эпидемиологическим показателям не отвечают требованиям природоохранных органов. В результате этого имеет место прогрессирующее загрязнение природных водных бассейнов органическими и минеральными веществами, что опасно для здоровья людей и сельскохозяйственных животных.

Поэтому в настоящее время, наряду с широким использованием в практике современных индустриальных методов очистки стоков сложных аэрационных сооружений, все большее внимание специалистов привлекает способ очищения в открытых водоемах – биологических прудах как наиболее надежный и дешевый.

Биологические пруды служат ярким примером естественных биологических систем самоочищения, использующих даровую энергию солнца. Естественные способы очистки стоков не противопоставляются «индустриальным» методам и поэтому нашли широкое применение в самых разнообразных сочетаниях. Возможность эффективного сочетания искусственных и естественных способов очи-

стки стоков позволяет прогнозировать создание гибких и рациональных систем с одновременной утилизацией биогенных элементов. Из многих возможных направлений целесообразного использования биологических прудов в практике очистки сточных вод следует назвать доочистку стоков после станции аэрации, сочетание биологических прудов с полями орошения или рыбными прудами. Использование биологических прудов оставляет много нерешенных вопросов относительно условий, обеспечивающих наибольшую эффективность и технико-экономическую целесообразность такого способа очистки. Решение этих проблем требует дальнейших углубленных исследований в области биологии, санитарии, гигиены, гидрохимии и охраны водных бассейнов.

В прудах в массовом количестве развиваются планктонные водоросли, которые играют роль важнейшего агента самоочищения. Благодаря интенсивному развитию фитопланктона в биологических прудах только фотосинтезная, а не атмосферная аэрация доставляет кислород, необходимый для бактериального окисления нестабильных органических веществ загрязнений.

В начале прошлого века на Люблинских полях орошения г. Москвы были проведены в большом масштабе исследования, показавшие возможность эффективной очистки городских стоков в проточных серийных прудах. Позднее было показано, что четвертая и последующие секции этих прудов могут служить также и для выращивания карпа.

Уже несколько десятилетий ведутся исследования условий и эффективности самоочищения сточных вод в одиночных непроточных прудах, заполняемых неочищенной сточной водой. Наибольшее распространение биологические пруды как средство очистки сточных вод небольших населенных пунктов получили в США. Первоначально пруды служили для накопления осветленных сточных вод. В дальнейшем накопительные лагуны с относительно малой проточностью, т.е. большим периодом пребывания и, соответственно, небольшими нагрузками на единицу площади, стали использоваться достаточно широко, особенно в Канаде с ее суровым континентальным климатом.

Большое внимание очистным прудам уделяется в ЮАР, Южной Родезии и Израиле, где пруды рассматриваются как наиболее подходящий метод очистки вод, используемых в дальнейшем для орошения. Выращенные в прудах водоросли используются как ценный дополнительный корм для скота и птицы.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
Глава 1. Экологические аспекты функционирования водохозяйственных систем	8
Глава 2. Проблема повышения эффективности биологической доочистки сточных вод, сбрасываемых в открытые водные объекты	10
2.1. Общая характеристика и систематизация водорослевых культур открытых природных водоемов.	16
2.2. Обеззараживание сточных вод в биологических прудах.	24
2.3. Интенсификация природных процессов самоочищения в биологических прудах.	26
Глава 3. Методология прогнозирования ремедиации открытых водных объектов.	34
Глава 4. Повышение эффективности аэробной биологической очистки путем регулирования амплитудно-частотных колебаний параметров водно-иловых смесей	41
Глава 5. Эффективные системы очистки сложных по составу смесей сточных вод нефтехимических производств.	50
5.1. Результаты экспериментальных исследований процессов очистки нефтесодержащих сточных вод.	51
5.2. Кинетическая модель обработки сточных вод во флотационной колонке.	59
Глава 6. Комплексная система очистки сточных вод от плавающих, эмульгированных и растворенных жиров	75
6.1. Исследования гидродинамических и массообменных процессов при псевдооживлении гомогенных систем в присутствии плавающих и эмульгированных жиров.	76
6.2. Разработка математической модели конвективных потоков, возникающих при микрофлотации	85
6.3. Исследования теории и механизма удаления из воды плавающих и эмульгированных жиров флотационными методами.	90
6.4. Результаты исследования составов и концентраций жиров на разных стадиях обработки на станциях очистки сточных вод.	92

6.5. Оценка эффективности жироловок на локальных станциях очистки стоков предприятий перерабатывающей промышленности.	95
6.6. Исследование процессов удаления жиров методами флотационной обработки сточных вод.	97
6.7. Результаты исследований по расщеплению жиров при помощи селекционированной бактериальной популяции.	108
6.8. Исследование процессов биохимической обработки жиросодержащих сточных вод.	113
6.9. Результаты биохимической обработки жиросодержащих сточных вод	114
Глава 7. Энергетические характеристики анаэробных систем очистки сточных вод и обработки осадков	116
Глава 8. Борьба с биологическими обрастаниями в охлаждающих сооружениях и коммуникациях водного хозяйства различных отраслей промышленности	125
8.1. Виды биологических обрастаний и механизм их образования в конструктивных элементах водного хозяйства.	125
8.2. Индексация степени загрязненности воды.	127
8.3. Методы борьбы с биологическими обрастаниями.	129
8.4. Программы дезинфекции технической воды.	132
8.5. Нормативная эффективность очистки отработанных вод на биохимических сооружениях заводских водоочисток.	134
8.6. Рекарбонизация известкованием биологически очищенных сточных вод при подпитке ими оборотных систем	136
Выводы	145
Библиографический список	146

Научное издание

Павлинова Ирина Игоревна
Алексеев Леонид Сергеевич
Неверова Мария Андреевна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Редактор *Е.В. Смородинова*
Корректор *В.К. Чупрова*
Верстка *О.В. Суховой*

Подписано в печать 07.03.2014. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
И-33. Усл.-печ. л. 8,83. Уч.-изд. л. 6,56. Тираж 100 экз. Заказ № 160

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

«Московский государственный строительный университет»

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95,

e-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Отпечатано в типографии Издательства МИСИ – МГСУ.

E-mail: info@mgsuprint.ru

Тел. (499) 183-91-90, (499) 183-67-92, (499) 183-91-44

129337, г. Москва, Ярославское ш., д. 26