

мы, когда  $\frac{1}{m(m-1)} \geq \frac{\lambda}{\ell}$ , двух компонент, если –  
 $\frac{1}{m(m-1)} < \frac{\lambda}{\ell} \leq \frac{3m-1}{m(m-1)(m-2)}$  и т.д.

Заметим, что  $\lambda/\ell = E(\theta)/E(\tau)$ , где  $E(\theta)$  – математическое ожидание времени  $\tau$  оптимального функционирования систем с компонентой, не достигшей критического уровня, а  $E(\tau)$  – математическое ожидание времени  $\theta$  необходимого для восстановления эконадежности системы.

Исходя из среднестатистических значений для типовых агроландшафтных систем, имеем:  $E(\tau) = 15$  лет,  $E(\theta) = 3$  года и  $m = 12$ . Тогда для  $m = 1$  расчетное соотношение  $1/132$ , для  $m = 2 - 1/40$ ,  $m = 3 - 1/25$ ,  $m = 4 - 1/8$ ,  $m = 5 - 1/4$  и  $m = 6 - 1/2$ .

Так как  $\lambda/\ell = 1/5$ , то оптимизационный период для повышения эконадежности системы будет при достижении кри-

УДК 630.116

**Химин П.Ф., Химица Н.Т.**

## ОПТИМИЗАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ

Производственная, в том числе и сельскохозяйственная деятельность человека осуществляется в границах целостных природных образований – ландшафтов, рассматриваемых как ресурсосодержащими и ресурсопроизводящими системами, обладающими механизмом воспроизводства биомассы. Агроландшафты представлены различными сельскохозяйственными угодьями, приспособленными к получению максимальной продукции и не всегда, к сожалению, предусматривают сохранение и развитие природных основ ландшафта, а нередко даже противостоят задачам охраны окружающей среды. Между тем забота о сохранении земли, ее качестве, плодородии должна быть ведущей при конструировании агроландшафтов, организации их использования, разработке систем земледелия и рационального животноводства. Крайне важным является поддержание таких свойств ландшафтов, как постоянное воспроизводство условий, необходимых для жизни и деятельности людей.

Сегодня со всей остротой стоит вопрос оптимизации агроландшафтов, т. е. достижения такого экологического оптимума в соотношении угодий, который бы обеспечивал в условиях интенсификации сельского хозяйства (применение возрастающих доз минеральных удобрений, химических средств защиты растений, разного рода мелиораций, новых способов обработки почв и посевов, сбора урожая и его переработки, концентрация скота, загрязнение окружающей среды) существование природных экосистем с протекающими в них биологическими жизненными циклами разных форм, восстановление нарушенных, создание искусственных, выполняющих свою планетарную функцию не хуже естественных экосистем. По мнению академика С.С. Шварца [1], весьма актуальной проблемой современного этапа взаимодействия общества и природы является конструирование окружающей среды по образцу и подобию природной, достижение гармоничного развития природы и экономики единых географических систем. Издавна лесостепные ландшафты отличались наиболее

высокой продуктивностью и устойчивостью, поэтому стаби-

лизация экосистемы зависит от степени разнообразия ее компонентов и даже сравнительно незначительные изменения ландшафта с привлечением лесной растительности, сохранением его мозаичности способствуют обогащению видовым разнообразием даже самые скудные антропогенные комплексы. Экологическое значение лесной растительности давно и хорошо известно. Ни с чем не сравнима ее роль в круговороте воды в природе, переносе и накоплении твердых осадков, изменении поверхностного стока, ветрового и температурного режима, защите почв от эрозии, полей от суховея.

Необходимость лесомелиорации как фактора пространственной организации агроландшафта, долгосрочного мелиоративного воздействия очевидна прежде всего на осушенных землях, где наблюдается ветровая эрозия, а обширные холмистые возвышенности с легкими супесями и суглинками моренного происхождения предопределяют высокую потенциальную опасность проявления водной эрозии и ее развитие. Многофункциональность лесомелиоративных насаждений принимается во внимание при конструировании аграрного ландшафта в тесной увязке с другими элементами природного комплекса и его структурой, с почвозащитными мероприятиями и организацией сельскохозяйственного производства в целом. При оптимизации агроландшафта с целью обеспечения устойчивости и длительности сельскохозяйственного пользования при достижении наибольшей хозяйственной продуктивности и получения продукции высокого качества, основными требованиями к использованию лесных полос – оптимальное количество и размещение, их состав и строение, создающие условия для наилучшего выполнения предназначенных функций наряду с поддержанием общего экологического равновесия и биологического благоустройства территории.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пэнтол Л. Методы и системы окружающей среды // Пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 389 с.
2. Хевиленд Р. Инженерная надежность и расчет на долговечность. – М.-Л.: Энергия, 1966. – 392 с.
3. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А. Информационная экология. – С.-П.: Нордметиздат, 1998. – 201 с.

Биологическое благоустройство региона характеризуется показателем защищенности территории лесными полосами от

**Химин Павел Федорович.** Доцент каф. инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

**Химица Нина Тихоновна.** Доцент каф. естественных и математических наук Брестского государственного университета им. А.С. Пушкина.

Беларусь, БрГУ им. А.С. Пушкина, 224665, г. Брест, бульвар Космонавтов 21.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология

неблагоприятных факторов среды определяемого по формуле:

$$P_3 = \frac{L_0 \cdot 25H \sin \alpha + L_e \cdot 25H \cos \beta}{S_n + S_l} \cdot 100\%,$$

где  $P_3$  – показатель защищенности региона, %;

$L_0, L_e$  – длина основных и вспомогательных лесных полос, м;

$S_n, S_l$  – площадь поля и лесных полос, м<sup>2</sup>;

$H$  – проектная высота лесных полос, м;

$\alpha, \beta$  – углы между направлениями ветра и основными и вспомогательными лесными полосами.

Таким образом, создавая системы лесных полос, привязанных к особенностям рельефа, почв, гидрологии, климата, хозяйственной организации территории, дорожной сети, расположению производственных и коммунальных объектов, можно конструировать полноценные лесооградные ландшафты.

Система лесных полос воздействует на ветровой и гидрологический режимы местности прежде всего как механическое препятствие, в результате чего изменяется скорость ветра, распределение снега на территории системы, тепловой режим воздуха и почвы и ряд других показателей микроклимата. Вместе с этим лесные полосы своей биомассой способствуют усилению биологического круговорота веществ, активизации почвообразовательного процесса в лесооградном ландшафте.

Систему лесных полезащитных полос в равнинных условиях создают из ветроломных насаждений, соответствующих данным лесорастительным условиям породного состава (тополь, береза, дуб, сосна и др.) и конструкции (плотная, ажурная, продуваемая). Конструкция как основной параметр, регулирующий пространственное влияние защитных функций лесных полос зависит от их ширины, определяемой по формуле [2]:

$$Ш = N \cdot n, м$$

где  $N$  – число рядов,

$n$  – ширина междурядий, м

$$N = (0,5V_p + 5,5) \cdot \sin \alpha$$

где  $V_p$  – расчетная скорость ветра, м/с;

$\alpha$  – угол подхода ветра к лесной полосе.

Однако ветропроницаемость лесных полос из разного числа рядов можно изменять в широких пределах, регулируя площадь питания деревьев при их посадке и с помощью рубок. Поэтому рассматривать вопрос о влиянии числа рядов на ветропроницаемость лесной полосы можно лишь при условии однозначности площадей питания. Ветропроницаемость лесных полос существенно зависит от количества деревьев на погонном километре полосы, уменьшаясь до определенного предела, которым является 10 тыс. деревьев, что соответствует ширине лесной полосы 18-20 м при междурядьях 1,5 м [3]. Исследованиями установлено, что дальность ветроуменьшающего эффекта хорошо связана с высотой ( $H$ , м) и конструкцией, которая зависит от ветропроницаемости лесных полос. Так лесные полосы плотной конструкции уменьшают скорость ветра на расстоянии до 20Н, ажурной – до 25Н, продуваемой – до 35Н. У других авторов [4] эти показатели достигают следующих параметров 25-30Н; 30-35Н; 35-40Н соответственно. Эти данные относятся к подходу ветра к лесным полосам под прямым углом (нормальное размещение). Снижая скорость ветра, полезащитные полосы препятствуют его разгону до величины, способной поднимать и переносить снежные и пылевые частицы почвы, а в летний период это приводит к изменению водного баланса сельскохозяйственных культур и почвы. При нормальном размещении полеза-

щитных полос, дефляция за полосами плотной конструкции (ветропроницаемость 10-20%) отсутствует до расстояния 2-5Н. При отклонении эрозионного ветра до 50°, перенос мелкозема начинался сразу за полосой. За ажурными полосами (ветропроницаемость 30-40%) дефляция отсутствует на межполосном пространстве. За продуваемыми полосами (ветропроницаемость более 60%) выдувание мелкозема начиналось сразу за полосой и резко усиливалось на расстоянии 24Н от полосы. Кроме того система полезащитных лесных полос уменьшает опасность полегания хлебов, улучшает условия уборки и снижаются потери зерна.

Систему почвозащитных (водорегулирующих) лесных полос на полевых склонах по горизонталям местности выше зоны ускоренного смыва и размыва почвогрунта создают плотной конструкции из дуба, березы, клена и др. для обеспечения распыления и перевода поверхностного склонового стока в подземный, скрепления почвогрунта корнями растений. С этой целью рассчитывают их ширину по формуле (2):

$$Ш = \frac{L \cdot M \cdot K}{m}, м$$

где  $L$  – расстояние до водораздела или лесной полосы, м;

$M$  – запас воды в снеге (10% обеспеченности), м<sup>3</sup>/га;

$K$  – коэффициент поверхностного стока;

$m$  – безразмерный коэффициент зависящий от глубины подстилки почвы мореной (при глубине 2м и больше  $m = 8000$ ; при 1,5м – 6000; 1,0м – 4000; 0,5м – 2000).

Определенная по этой формуле ширина лесной водорегулирующей полосы должна полностью переводить поверхностный склоновый сток талых и ливневых вод во внутритрунтовый.

Зимой в условиях пересеченной местности со склонов, не защищенных лесными водорегулирующими полосами, в гидрографическую сеть сдувается большое количество снега. Коэффициент сноса снега редко снижается меньше, чем на 30%. При их наличии сохранность снега на полях достигает 90-95%, что оказывало значительное влияние на замерзание и оттаивание почвы, увлажнение ее и развитие эрозионных процессов. Весеннее снеготаяние в поле и лесной полосе идет с различной интенсивностью. Замедленное таяние в лесных насаждениях обусловлено пониженным притоком солнечной радиации. Коэффициент освещенности при полноте водорегулирующего насаждения около единицы равен примерно 0,5. Поэтому полное стаяние снега в поле происходит на 5-20 дней раньше, чем в полосе. Обладая меньшей теплопроводностью, снежный покров затрудняет теплообмен между почвой и воздухом и тем самым предохраняет ее от глубокого промерзания. Так при мощности снежного покрова 66см почва в насаждениях к началу снеготаяния была талой, в то время как на безлесном склоне глубина промерзания достигала 35см. В поле полное оттаивание почвы наступает на 4-11 дней позже полного схода снега. Таким образом почва под лесными полосами способна поглощать талую воду в течении всего периода весеннего стока. Кроме того, корневые системы растений, образуя корневую арматуру, хорошо скрепляют почвогрунт и предохраняют его от размыва.

Почвоскрепляющие свойства корневых систем растительности характеризуются коэффициентом ( $l$ ), определяющим размер почвенной частицы, заключенной между корнями, который определяется по формуле [5]:

$$l = \sqrt{\frac{3(a \cdot b \cdot c - V_k)}{D}}, мм$$

где  $l$  – коэффициент почвоскрепления, мм;

$a, b, c$  – размеры образца почвенного монолита, мм;

$V_k$  – объем корней в почвенном монолите, мм<sup>3</sup>;

$D$  – протяженность корней в почвенном монолите, мм.

При  $l < 31$  мм для почвогрунта слоем 30 см размыва почвы не наблюдалось.

Таким образом, система защитных лесных насаждений, обеспечивающая длительную полную защиту сельскохозяйственных угодий, способствует улучшению экологических условий для выращивания культур. Кроме того, лесная растительность в ландшафте выполняет и санитарно-гигиенические и рекреационные функции. Такие породы, как дуб, ясень, ольха серая способны адсорбировать многие химические вещества, а хвойные породы – озонировать воздух. Поэтому создание новых насаждений, сохранение существующих посадок как геохимических барьеров является необходимым условием формирования полноценного культурного лесоаграрного ландшафта.

УДК 628.3

*Яромский В.Н., Яковчиц М.В.*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ В ПУЛЬСАЦИОННЫХ БИОРЕАКТОРАХ

В настоящее время одним из главных инженерно-технических направлений деятельности предприятий молочной промышленности является внедрение эффективных систем очистки сточных вод [1].

Возникла необходимость в создании интенсивно работающих локальных очистных сооружений, позволяющих снижать концентрацию загрязнений сточных вод молокоперерабатывающих предприятий до предельно-допустимых норм сброса в городскую канализацию.

Важное место среди существующих методов очистки занимает биологическая очистка, которая широко используется при обработке промышленных и бытовых стоков. Этот метод является эффективным и надежным в санитарном отношении. Наиболее широкое распространение получили методы аэробной очистки. Биологическая аэробная очистка сточных вод предполагает использование способности микроорганизмов к разложению органических веществ.

Биологическое окисление составляет основу этого процесса и является следствием протекания большого комплекса взаимосвязанных процессов различной сложности. На скорость биологического окисления оказывает влияние множество факторов: концентрация загрязнения (субстрата)  $S_0$ , концентрация микроорганизмов  $X$ , температура, давление, pH, концентрация растворенного кислорода и ряд других параметров.

Сточные воды молокоперерабатывающих предприятий характеризуются высокими концентрациями загрязнений по органическим веществам, поэтому микроорганизмы, участвующие в процессе аэробной биологической очистки должны быть адаптированы к данным условиям. Скорость окисления к моменту завершения адаптационной перестройки микроорганизмов оказывается прямо пропорциональной начальной концентрации субстрата [2]. Основную роль в процессе аэробной биохимической очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий играют кислотолюбивые бактерии.

При больших значениях концентрации загрязнения в очищенной воде  $S_e$ , а соответственно и  $S_0$  – исходной концентрации загрязнения, в реакторе происходит “насыщение”

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. – М.: «Наука», 1980, с. 277.
2. Орловский В.Б., Поджаров В.К., Воробьев В.Н. Защитное лесоразведение в Беларуси. – Мн.: «Урожай», 1980, с. 135.
3. Долгилевич М.И., Химица Н.Т. Агродинамические и почвозащитные свойства лесных полос из разного чмсла рядов при различном направлении ветра. – Бюллетень ВНИАЛМИ, вып. 3 (19), Волгоград, 1975, с. 3-9.
4. Павловский Е.С. Экологические и социальные проблемы агролесомелиорации. – М.: Агропромиздат, 1988, с. 182.
5. Химин П.Ф., Баданов А.П. К вопросу характеристики почвоскрепляющей роли насаждений. Сборник трудов Воронежского ЛТИ, т. XXXIII. – М.: «Лесная промышленность», 1971, с. 136-139.

микроорганизмов наиболее широко представленными компонентами субстрата-загрязнителя [3]. Для производственных сточных вод молокоперерабатывающих заводов параметры локальных очистных сооружений таковы, что величина  $S_e$  оказывается близкой к “насыщению”. В случае величины  $S_e$  близкой к “насыщению” спектр “перерабатываемых” соединений смещается в сторону легкоокисляемых. При этом скорость очистки значительно зависит от концентрации микроорганизмов  $X$  и температуры, кроме того она может лимитироваться концентрацией растворенного кислорода [3].

В сооружениях биологической очистки поддерживается определенная концентрация микроорганизмов  $X$ , существующих либо в виде взвешенных частиц активного ила (аэротенки), либо в виде биопленки, прикрепленной к поверхности загрузки (биофильтры). Для биопленки  $X$  будет пропорциональна удельной площади поверхности загрузки в реакторе (площадь поверхности, отнесенная к единице объема реактора). Использование комбинированных сооружений позволяет повысить их окислительную мощность.

Все жизненные функции микроорганизмов зависят от температуры окружающей среды. Температура определяет не только интенсивность, но и возможность развития микроорганизмов. Реакция микроорганизмов на изменение температуры окружающей их среды имеет очень большое значение при очистке производственных сточных вод. Температура сточных вод молокоперерабатывающих предприятий составляет в среднем 23 °С. Для большинства бактерий, участвующих в процессе аэробной очистки, оптимальной является температура 20-25 °С, для некоторых 30 °С и выше. При повышении определенного уровня температуры способность микроорганизмов к разложению загрязнений снижается. Изменение температуры влияет также на другие параметры процесса очистки – растворимость кислорода, вязкость, осмотическое давление [4].

Величина pH среды оказывает большое влияние на жизнедеятельность микроорганизмов, что объясняется влиянием активной реакции на ход ферментативных процессов в клетке, а также на проницаемость клеточных мембран [5]. Для

*Яковчиц Михаил Владимирович. Аспирант каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*