

мой 1, при этом $m_{кр} \cdot T = T_c$, т.е. при равенстве периода эконадежного функционирования всей системы и основных групп элементов ($T = T_c$) допустимая степень увеличения затрат (m_{np}) достигнет предельного уровня в точке В, где $Y_m = L_1$.

Повышение расчетного периода и уровня эконадежности можно обеспечить и за счет повышения совершенства основных групп элементов, но при этом повышение расчетного периода и уровня эконадежности в n раз обуславливает возрастание уровня технического совершенства, который асимптотически приближается к своему предельному значению в точке Д ($\alpha_k = 1$). А это означает, что показатель затрат на природоохранно-восстановительные мероприятия в процессе функционирования системы, уменьшается по мере увеличения периода оптимального функционирования. При небольшом расчетном периоде эконадежного функционирования затраты на повышение расчетного периода и уровня эконадежности незначительны (в точке А, $L_1 = L_2$).

Точка Р характеризует равенство показателей затрат на повышение эконадежности в процессе функционирования и обеспечения ее расчетного периода начальным резервированием.

Точка М пересечения линий 2 и 3, характеризующая оптимальность ($Y_m = L_2$) периода функционирования с заданной степенью (уровнем) эконадежности определяет соответственно и пределы экономической целесообразности повышения уровня эконадежности начальным резервированием (если повышение расчетного периода эконадежности основной группы элементов менее чем в $m_{онм}$ раз) и поэтапной реализации природоохранно-восстановительных мероприятий при других условиях.

Исходя из этого, определение достигнутого показателя совершенства системы для любой степени (расчетного периода и уровня) можно производить графически, проектируя точку $m_{онм}$ на кривую 4 (K'_m), а затем на ось ординат (K_m).

Анализ дополнительных зависимостей (5, 6, 7) позволяет отметить, что повышение степени эконадежности определяет возрастание сопутствующих капитальных вложений (L_c), затрат в сопряженной области (L_c^0) и уменьшения затрат на эксплуатационные службы (L_p^δ).

Эти показатели определяются соотношениями –
 $L_c = (L_1 - I)/(L_2 - I)$; $L_c^0 = L_1 / L_2$ и
 $L_p^\delta = Y_m \cdot (L_2 - I)/(L_2 - I)$.

Проводя через определенные значения m ; вертикальные линии, можно определить значения вышеопределенных показателей и тем самым более полно и достоверно оценить эф-

фективность мероприятий по повышению расчетного периода и уровня эконадежности.

Проанализируем все эти показатели и расчетные зависимости для объекта «Верховье р. Ясельды», характеризующегося следующими показателями: проектный срок службы системы – 30 лет; период функционирования системы до формирования критического уровня эконадежности по I варианту $T_1 = 10$ лет и по II – $T_2 = 15$ лет; удельные капитальные вложения $C_1 = 4500$ руб/га и $C_2 = 6000$ руб/га; норматив для приведения разновременных затрат $E = 0,1$. Запланируем увеличение расчетного периода функционирования с расчетным уровнем экологической надежности по I варианту до 15, 20, 25 и 30 лет и по II – до 20, 25 и 30 лет.

Анализ построенной диаграммы эффективности капитальных вложений в повышение экологической надежности систем позволяет отметить следующее:

- оптимальная степень увеличения срока функционирования начальным резервированием составляет $m_{онм}^I = 1,46$ и $m_{онм}^{II} = 1,38$;
- показатель допустимой степени повышения капвложений на строительство объекта $Y_m^I = 1,186$ и $Y_m^{II} = 1,162$;
- оптимальный показатель совершенства систем $\alpha_k^I = 0,809$ и $\alpha_k^{II} = 0,829$;
- оптимальный срок функционирования с расчетной эконадежностью, исходя из условия минимизации начальных капвложений $T_{онм}^I = 12,3$ года и $T_{онм}^{II} = 16,9$ года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шведовский П.В., Валуев В.Е. и др. Эколого-социальные аспекты освоения водно-земельных ресурсов и технологий управлений режимами гидромелиораций. – Минск.: Ураджай, 1998, – 364с.
2. Лукша В.В., Акулич Я.А., Шведовский П.В. Особенности оптимизации структуры и моделирования генетической эволюции гео-, эко- и агроэкологических систем. Сб. трудов регион. конф. «Современные проблемы математики и вычислительной техники». – Брест.: БПИ, 1999, с.43-47.
3. Филипенко В.С. Использование метода динамического программирования при определении срока реконструкции мелиоративных систем. Тр. межд. научно-практ. конф. «Экономическая эффективность оптимизации функционирования АПК в условиях Белорусского Полесья». – Мн.: БГЭУ, 2001. – с. 133-136.

УДК 551.579+631.6:696.3.06

Лукша В.В., Шведовский П.В.

К ПРОБЛЕМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ДО ФОРМИРОВАНИЯ КРИТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ

Знание оптимальных сроков реализации природоохранных и восстановительных мероприятий приобретает сегодня как экономическое, так и социальное значение.

Так как любые антропогенные системы [1,2] являются

многоподсистемными, с непрерывным временем и непрерывными состояниями, то в основу определения оптимальных периодов должна ложиться теория восстановления с исполь-

Лукша Владимир Валентинович. Ассистент каф. сельскохозяйственной гидротехнической мелиорации Брестского государственного технического университета.

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

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология

зованием функции предельного распределения возраста

$$\psi(y) = \frac{1}{E(t)} \int_0^y \exp\left(-\int_0^t \lambda(x) dx\right) dt, \quad (1)$$

где $E(t)$ – математическое ожидание времени функционирования системы до критического уровня эконодежности и

$$E(t) = \int_0^{\infty} \tau f(\tau) d\tau; \quad \tau - \text{время оптимального функционирования основных подсистем; } \lambda(T) - \text{средняя интенсивность формирования предкритических состояний системы.}$$

Считая, что эконодежность системы в равной степени определяется эконодежностью всех m компонент [3], то вероятность достижения ею критического уровня в промежутке от T до $T+\Delta t$ равна $\gamma = \lambda \cdot \Delta_t + O(\Delta_t)$, где λ – постоянная величина, не зависящая от времени и числа компонент, определяющих требуемую эконодежность; $O(\Delta_t)$ – величина, имеющая порядок малости более высокий, чем Δ_t .

Тогда приняв, что система достигает критического уровня эконодежности, если число определяющих компонент достигает K , можно описать соответствующие переходы состояний экосистемы следующим образом

$$E_0 \rightarrow E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow \dots \rightarrow E_{K-1} \rightarrow E_K \rightarrow E_0, \quad (2)$$

где E_0 – начальное состояние системы; E_K – состояние системы при критическом уровне эконодежности; E_n – со-

стояние системы с критическими уровнями эконодежности n компонент.

Переход системы из состояния E_0 в состояние E_n за время $[0, T+\Delta_t]$ может осуществляться одним из двух взаимно исключающих друг друга способов:

- за время $[0, T]$ имеет место переход $E_0 \rightarrow E_n$, а за время $[T, T+\Delta_t]$ не было формирования компонент с критическими уровнями с вероятностью совместности этих событий – $P_n(T)[1 - (m-n)(\lambda \cdot \Delta_t + O(\Delta_t))]$;
- за время $[0, T]$ имеет место переход $E_0 \rightarrow E_{n-1}$, а за время $[T, T+\Delta_t]$ – переход $E_{n-1} \rightarrow E_n$ с вероятностью совместности этих событий – $P_{n-1}(T)(m-n+1)(\lambda \cdot \Delta_t + O(\Delta_t))$.

$$\begin{aligned} \text{Таким образом –} \\ P_n(T+\Delta_t) = P_n(T)[1 - (m-n)(\lambda \cdot \Delta_t + O(\Delta_t))] + \\ + P_{n-1}(T)(m-n+1)(\lambda \cdot \Delta_t + O(\Delta_t)) \end{aligned} \quad (3)$$

и соответственно –

$$\frac{dP_n(T)}{dT} = -(m-n) \cdot \lambda P_n(T) + (m-n-1) \cdot \lambda \cdot P_{n-1}(T). \quad (4)$$

Отсюда в целом процесс достижения системой критического уровня можно описать системой уравнений вида:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_n(T)}{dT} &= -(m-n) \cdot \lambda P_n(T) + (m-n-1) \cdot \lambda \cdot P_{n-1}(T) \\ \frac{dP_K(T)}{dT} &= -\ell \cdot P_K(T) + (m-K-1) \cdot \lambda \cdot P_{K-1}(T) \\ \frac{dP_0(T)}{dT} &= -m \cdot \lambda \cdot P_0(T) + \ell \cdot P_K(T) \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

причем $P_0(T) + P_1(T) + \dots + P_K(T) = 1$, а ℓ – постоянная, не зависящая от числа определяющих компонент.

Вероятность того, что система в момент T находится в состоянии E_n равна вероятности перехода $P_n(T)$, при этом при $T \rightarrow \infty$ существует предел $\lim_{t \rightarrow \infty} P_{ij}(t, T) = u_j$, где u_j – постоянное число, не зависящее от начального состояния E_i и от времени t .

Для определения числа компонент K определяющих критический уровень эконодежности системы, при $T \rightarrow \infty$ система (5) преобразуется в следующую систему

$$\left. \begin{aligned} (m-n) \cdot u_n - (m-n+1) \cdot u_{n-1} &= 0 \\ \ell \cdot u_K - (m-K+1) \cdot \lambda \cdot u_{K-1} &= 0 \\ m \cdot \lambda \cdot u_0 - \ell \cdot u_K &= 0 \\ u_0 + u_1 + \dots + u_K &= 1 \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где $u_n = \lim_{T \rightarrow \infty} P_n(T)$ – предельная вероятность нахождения системы в состоянии E_n .

Решая систему (6) имеем

$$\left. \begin{aligned} u_n &= \frac{1}{(m-n)} \cdot \left[\sum_{i=0}^{k=1} \left(\frac{1}{m-i} + \frac{\lambda}{\ell} \right) \right]; \\ u_K &= \frac{\lambda}{\ell} \cdot \left[\frac{1}{\sum_{i=0}^{K-1} \left(\frac{1}{m-i} \right)} + \frac{\lambda}{\ell} \right]; \quad 0 \leq n \leq K \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

С каждым из состояний E_n связано число определяющих компонент $(m-n)$, что позволяет отыскать математическое ожидание числа компонент с некритическим состоянием –

$$A_K = \frac{K}{\sum_{i=0}^{K-1} \left[\left(\frac{1}{m-i} \right) + \frac{\lambda}{\ell} \right]}.$$

Если $A_K > A_{K+\nu}$, то это значит, что реализуя природоохранно-восстановительные мероприятия при K критических компонентах, мы значительно увеличим период оптимального функционирования системы по сравнению с реализацией этих же мероприятий в период формирования $(K+\nu)$ критических компонент.

А так как, если $A_K > A_{K+1}$, то $A_K > A_{K+\nu}$, что соответственно и определяет число компонент, обуславливающих достижения системой критического уровня эконодежности.

Отсюда период реализации природоохранно-восстановительных мероприятий будет оптимальным при достижении критического уровня одной компонентой систе-

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 τ оптимального функционирования систем с компонентой, не достигшей критического уровня, а $E(\tau)$ – математическое ожидание времени θ 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