

meteorologijas ir hidrologijas problemas XXI a. išvakarėse (konferencijos medžiaga), (1998) 40-44.

Шведовский П.В., Волчек А.А.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЛАНДШАФТНО-МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Аннотация: Дана методика прогноза экологической надежности агротехнических и ландшафтно-мелиоративных систем. Приведена система критериев (признаков-свойств) экологической надежности. Описаны результаты моделирования экологической надежности и дополняющей ее функции эстетичности для перспективных и наиболее распространенных в республике систем.

Ключевые слова: Экология, преобразование, надежность, эстетичность, системы, функции, объект, изменение, нарушение, интенсивность, пределы, прогноз.

Сегодня, как никогда, независимо от типа объекта преобразования или освоения наиболее проблемной является экологическая надежность антропогенизирующих систем.

Экологическая надежность определяет способность системы выполнять характерные ей функции экологического аспекта, с сохранением основных параметров при антропогенных воздействиях на нее.

Основные параметры надежности по исследованиям [2,3,6] должны определяться соотношением в системе и объекте самовосстанавливающихся и не восстанавливающихся элементов (цепей), структурно-функциональной связанностью их (последовательное, параллельное, наложенное, с последствием и др.), степени их управляемости, продолжительностью эксплуатационных циклов и наличием слабых "звеньев" (степенью контроли-

Шведовский Петр Владимирович. Профессор, кандидат технических наук. Кафедра оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии БГТУ.
Волчек Александр Александрович. Доцент, кандидат географических наук. Кафедра сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций БГТУ.

руемости и прогнозируемости). Рассмотрим модель живой функции

С математической точки зрения параметрическая функция экологической надежности есть вероятность того, что за время функционирования системы T параметры ее состояния и состояния объекта (среды) не выйдут за допустимые пределы, т.е.

$$P = \text{Вер}(R_{n1} < \bar{Z}_n < R_{n2}),$$

где R_{n1} — допустимые пределы, являющиеся координатами по поверхности предельных экологических состояний системы (объекта) и среды;

Если базировать экологическую надежность на обобщенных сопротивляемости (живучести) R и нагрузке P_n то вероятность экологической надежности системы можно выразить соотношением — вероятности события $P_r = P(R - R) > 0$, при $P_r + Q = 1$

где Q — вероятный риск.

Соответственно непараметрическая функция будет иметь вид —

$$F(t) = n^t \cdot (1 - \bar{h}_j) \quad (2)$$

где \bar{h}_j — оценка функции максимального правдоподобия; t — время функционирования системы; n — число независимых цензурируемых (неконтролируемых) и цензурируемых систем.

Для агротехнических и ландшафтно-мелиоративных систем экологическая надежность должна аспектироваться относительно функций эколого-социальных последствий (F_1) и экологической надежности (F_2), определяющих параметры и степень экологических нарушений среды обитания (Π_1) и изменения социально-экономических условий проживания (Π_2).

Количественное определение этих параметров предлагает осуществлять через самые различные критерии. Например,

П.И. Закржевский [1] – через среднюю продолжительность жизни населения, как в целом, так и по возрастным и социальным группам (критерий влияния качества воды и экосостояния почвы), а И.В. Минаев [4] – уровни обеспеченности комфортности. Но независимо от системы определяющих критериев понятие «отказ» для систем всегда будет случайным событием, вызывающим разного рода эколого-социальные и экономические последствия, как материально осязаемые, так и ценностно-неосязаемые.

Так как параметры экологической надежности всегда случайные величины, то их количественную оценку необходимо определять с позиций теории вероятности и выбросов (флуктуации) случайных функций.

Однако специфичность отказов (социально-экономические последствия для общества и экологические – для агроценозов и биогеосистем) требует разработки новых методов статистического анализа данных; так как они формируют специфическую группу – данные типа времени жизни. Наиболее целесообразно использовать суммарные статистики на базе теории векторов с анализом покомпонентных воздействий и внутренних и внешних свойств систем, которые позволяют учесть накопленную меру воздействий (K_j) и их сдвиг во времени (t_j).

Необходимо также отметить, что структурная сложность и неоднородность природных объектов позволяют создать только формализованные методы прогноза и оценки их состояний, ибо в принципе любое изменение абиотических параметров вызывает изменения всех систем.

При этом степень допустимости (недопустимости) изменений их состояния имеет всегда внеэкономическую компоненту, связанную с уникальностью, т.е. оценка изменений состояния природных объектов, а, соответственно и антропогенизирующих систем должна проводиться на основе теории полезности, включающей как "материально осязаемые", так и "неосязаемые полезности".

Отсюда функция экологической надежности (P_c) должна охватывать три области: собственно систему (P_1), ее элементы (P_2) и процессы (P_3), т.е. $P_c = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$. При этом, если не наступает катастрофического разрушения системы, P_1 - определяет вероятность ее функционирования в пределах допустимого, P_2 - вероятность того, что основные элементы системы, в течение определенного периода, не выйдут за пределы допустимого, а P_3 - вероятность того, что технология природопользования не вызовет катастрофических изменений основных элементов системы и среды.

Анализ единичных графиков функции экологической надежности $[P_c(t)]$, функции интенсивности нарушения элементов природной Среды $[\lambda(t)]$ и функции "резервной" надежности $[f(t)]$, определяющей длительность периода до неблагоприятных изменений (рисунок 1), показывает, что интенсивность отказов в период формирования критического уровня экологической надежности, должна определяться уровнем начальной надежности и изменчивостью во времени внутренних процессов системы и внешних факторов. Итак, необходим достоверный учет созидательных антропогенных факторов (последствий условных значений ошибок и упущений) и непредвиденных геоклиматических и георегиональных факторов. Выбор же начальной "резервной" надежности является, при этом, чисто экономической задачей, так как она определяет, в итоге, стоимость создания экологически надежных систем.

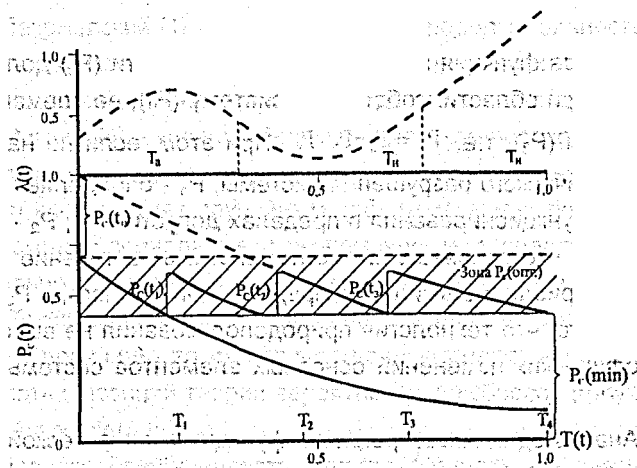


Рис. 1 Временные графики изменения экологической надежности $[P_c(t)]$ и интенсивности нарушений $[\lambda(t)]$

где T_n — начальный период воздействия (период эксплуатации системы); T_n — период оптимального функционирования; T_n — период формирования критического уровня экологической надежности; $P_c(t)$ — экологическая надежность при начальном «резервировании»; $P_c(T_1)$ — повышение надежности при поэтапной реализации природовосстановительных и природоохранных мероприятий; P_i^{min} — минимально допустимая экологическая надежность.

Так же очевидно, что оптимальный уровень экологической надежности можно обеспечивать на двух направлениях: начальным «резервированием»; поэтапной реализацией природоохранных и природовосстановительных мероприятий.

С эколого-социальной точки зрения определение оптимального компромисса между приведенными затратами и экологической надежностью требует установления функции экологического ущерба вида

$$Y_i(S) = Y(a_1, a_2, \dots, a_n; b_1, b_2, \dots, b_n) \quad (3)$$

где a_i – параметры, определяющие состояние системы воздействий, влияющих на вероятность появления экологических изменений; b_i – детерминированные величины, определяющие конструктивно-технологические и эколого-экономические характеристики.

Прогнозирование поведения любых гео-, био- и экосистем требует выделения и анализа четырех возможных и несовместимых состояний: S_0 – нормального функционирования; S_1 – некоторой допустимой перегрузки; S_2 – потери способности к самовосстановлению; S_3 – критического состояния.

По принципу формирования возможных реальных состояний системы ее поведение можно описать функцией –

$$S_i = \sum_{j=1}^a \sum_{n=1}^m S_i^{r,n}$$

где i – состояние группы элементов типа $g = 1, 2, \dots, m$, находящихся под воздействием $t = 1, 2, \dots, n$ – факторов, для которых характерно 7 прямых ($S_0 \leftrightarrow S_1$) и 3 контингентных ($S_0 \leftrightarrow S_2, S_3$) рисков.

Общий закон вероятности разрушения системы или отдельных ее элементов, исходя из предельных состояний и способности к самовосстановлению и нормальному воспроизводству, имеет вид

$$Q = F_0(T_{CP}) = \int_0^{\beta_1/\beta_2} \varphi_1(S) \cdot \left[\int_0^{\beta_1/\beta_2} \varphi_2(r) dr \right] dS \quad (4)$$

где β_1/β_2 – суперпозиция функций; $\beta_1 = f(r, S)$ и $\beta_2 = \lambda(r, S)$; r – характеристика устойчивости системы к преобразованию; S – резерв экологической надежности; T_{CP} – период функционирования; F_0 – функция экологической надежности; $\varphi_1(S)$ –

плотность вероятности действующих антропогенных воздействий; $\varphi_2(r)$ – плотность вероятности критических (разрушающих) воздействий; f и γ – соответственно, функции "резервной" надежности и интенсивности нарушений.

Проведенный анализ показывает, что функция экологической надежности вполне определима номенклатурой следующих критериев (признаков-свойств): k_1 – степень обратимости и взаимодействия природных и производственных процессов; k_2 – степень пригодности и качество выполнения социально-экологических функций; k_3 – направленность и интенсивность развития основных компонент; k_4 – величина критического воздействия (нагрузки) на отдельные компоненты; k_5 – реакция на систему мероприятий по предупреждению и (или) устранению негативных последствий; k_6 – степень воспроизводства природных (биосферных) ресурсов; k_7 – степень удовлетворения общественных потребностей в качестве природной Среды; k_8 – показатель репродукционной продуктивности; k_9 – степень окультуренности ландшафтов; k_{10} – степень изъятия биосферных ресурсов; k_{11} – величина удельных капиталовложений; k_{12} – степень совершенства технологических процессов (геохимической локально-региональной активности территории).

Численное определение этих критериев описано в нашей работе ранее [5,7].

Необходимо отметить, что дополнением к функции экологической надежности (F_0) является и функция эстетичности (P_0), определяющая психолого-эстетические качества системы и среды (k_p^1 – коэффициент натуральности облика; k_p^2 – степени антропогенности элементов среды; k_p^3 – степени композиционной значимости визуальных пространств; k_p^4 – степени разнообразия территории по структуре и компонентам).

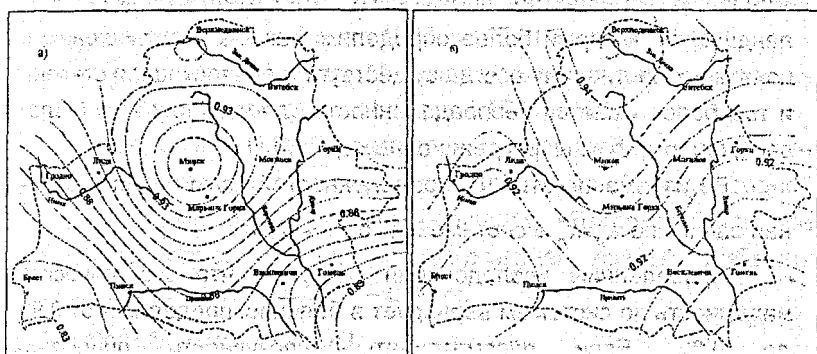


Рис. 2 Функция экологической надежности: а – для большинства существующих; б – для экологически совершенных систем.

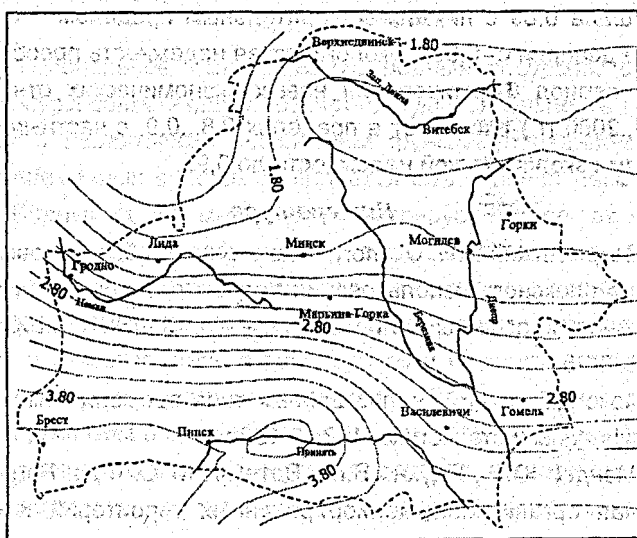


Рис. 3 Функция эстетичности систем.

Оптимальность диапазонов критериев экологической надежности (F_0) и психолого-эстетических качеств системы и среды (P_3) должна обеспечивать их биосферную совместимость. Фактические значения функций (F_0) и (P_3) приведены на рисунках 2 и 3.

Следует отметить, что оценку критерия эстетичности И.В. Минаев [4] предлагает производить относительно наихудшего ландшафта, который более определим, так как по отношению к понятию «наилучший» всегда существует и превосходная степень и тем более имеется неопределенность для чего или кого (человека, флоры, фауны, рекреационных целей).

Во избежание этих неопределенностей нами принята бальная оценка по $k_p^1 - k_p^4$ в системе $0 \rightarrow 5 \Rightarrow 4$ [7].

Проведенные исследования показали, что экологическая надежность по системам варьирует в больших пределах – от 0,99 до 0,82. Если рассматривать совокупность природно-антропогенных систем, как единую систему, то экологическая надежность преобразований, которые проводились до 1990 года не превышала 0,89 с нижним доверительным пределом – 0,85 (на уровне доверия $s=0,95$). Экологическая надежность преобразований в период формирования новых экономических отношений (1991..2000 гг.) варьирует в пределах 0,8...0,9, с частными показателями экологической надежности до 0,95.

Литература

1. Закржевский П.И. Экологические аспекты бассейновых схем комплексного использования водных ресурсов. Сб. «экологические аспекты мелиорации». – Мн.: БелНИИМВХ, 1990 – с. 30-34.
2. Кокс Д.Р. и др. Анализ данных типа времени жизни. – М.: Финансы и статистика, 1988 – 189с.
3. Мандер Ю.Э., Яцухно В.М., Ветемьяэ М.Ю. и др. Рациональная организация мелиорированных территорий и охрана природной среды. – Тарту.: ЭСЭ, 1985 – 32с.
4. Минаев И.В. Экологическое совершенствование мелиоративных систем. – Мн.: Ураджай, 1986 – 150с.
5. Федоров В.Г., Шведовский П.В. Понятийно-логические модели оптимизации природопользования, формирования и управления техноприродными объектами. Тр. межд. конф.

- «Научные аспекты рационального использования природных ресурсов». – Брест, 1998, с.177-183.
6. Чернышев. М.К. и др. Математическое моделирование иерархических систем. – М.: Наука, 1983 – 192с.
 7. Шведовский П.В. Эколого-социальные проблемы мелиоративно-ландшафтных преобразований. Тр. Международной научно-практической конференции "Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды", Биберах-Брест-Ноттингем, 1998 – с.44-49.
- Валуев В.Е., Цилиндь В.Ю.** –

РАСЧЕТЫ ГОДОВОГО СТОКА МАЛЫХ РЕК БЕЛАРУСИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДОСБОРОВ

Рациональное использование водных ресурсов, сочетающее ресурсосберегающую хозяйственную деятельность на водосборах с экологически безопасным функционированием малых рек и временных водотоков, является объективной необходимостью. Водный режим малых рек интегрирует в себе как влияние местных физико-географических факторов, так и многообразные изменения ландшафта в результате хозяйственной деятельности на территориях водосборов. Количественная оценка водных ресурсов и качества воды в русловой сети осуществляются, в основном, с привлечением материалов наблюдений за гидрологическим режимом больших и средних рек. Однако, прямые оценки гидрологического режима малых водотоков достаточно сложны из-за отсутствия или ограниченности рядов данных по измеренным расходам воды. Кроме того, в связи с антропогенной деятельностью на водосборах происходит постоянное изменение ус-

Валуев Владимир Егорович. Профессор, кандидат технических наук. Кафедра сельскохозяйственных и гидротехнических мелиораций БГТУ.
Цилиндь Валерий Юзефович. Старший преподаватель кафедры инженерной экологии и химии. Начальник информационно-вычислительного центра БГТУ
