

УДК 551.510.42

**ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ И ПРИЕМЛЕМОСТИ РИСКА В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ГЕО- И АГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ**

Канд. геогр. наук

М.Ж. Бурлибаев

Канд. геогр. наук

А.А. Волчек

Канд. техн. наук

П.В. Шведовский

*В современных условиях функционирование геоэкосистем изучается только на основе данных антропогенного периода, тогда как это необходимо было бы делать и с учетом периода до начала антропогенного воздействия. Для выяснения всех составляющих изменения естественного природного комплекса, в том числе возникающих критических ситуаций в функционировании экосистем нам приходится решать эвристические задачи. При этом агроландшафты, как искусственно созданные экосистемы являются отличным подспорьем в деле изучения естественных экосистем.*

Сегодня оптимальность функционирования гео- и агроландшафтных систем обычно определяют параметрами экологической надёжности и экологической устойчивости [4, 5].

Стандартная совокупность имеющихся мониторинговых данных позволяет определять только точечные оценки экологических параметров. Но, так как, в практике чаще всего требуется знание не точечных, а интервальных оценок параметров экологической надёжности и экологической устойчивости, то возникает необходимость определения доверительных границ, степени и границ максимального риска и их приемлимости. При этом под риском нужно понимать любое нарушение устойчивости системы, которое может проявиться при определённых условиях и иметь негативные последствия для всей системы в целом, либо её структурных составляющих и компонент.

Анализ имеющихся рискологических исследований [1, 2, 3] требует предварительного постулирования для гео- и агроландшафтных систем, аксиом приемлемости, всеохватности и неповторимости.

Приемлемость определяет границы изменения показателей во времени и закономерности происходящих изменений, с точки зрения экологических и социально-экономических последствий, всеохватность — объ-

ективность рисков и их обязательность (присутствие) для любого ранга управляемости функционированием систем, а неповторимость — невозможность формирования тождественных полей риска даже для близких ситуаций сходных систем, независимо от степени их идентичности.

Наиболее важным в исследованиях приемлемости риска являются границы и тип изменчивости показателей. В целом, следует различать детерминированную (с постоянным или меняющимся средним значением), стохастическую, импульсивно-разделяющуюся и циклическую изменчивость.

Что касается исследований всеохватности и неповторяемости, то наиболее существенными являются знания параметров рискозащитности систем, определяющие надёжность структурных элементов системы и вероятность сохранения работоспособности внутрисистемных связей, при воздействии, поствоздействии и взаимодействии экстремальных факторов. Следует отметить, что и для рискозащищённости важны не сами параметры, а их пороговые (предельно- допустимые) значения.

Так как уровень рискозащищённости характеризуется риском возникновения опасных природных и социальных катастроф и явлений, риском перерастания эколого-социальной проблемы в кризисную и катастрофическую и возникновение чрезвычайных ситуаций самого различного уровня, — степенью воздействия на окружающую среду и социально-экономические условия при сохранении на макроуровне равновесных состояний систем различной природы, то уровень риска можно описать зависимостью вида —

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3, \quad (1)$$

где  $R_1$  — вероятность (частота) формирования опасных факторов;  $R_2$  — вероятность формирования определённых уровней действия факторов на различные объекты биосферы;  $R_3$  — вероятность того, что уровни действия сформировавшихся факторов обуславливают долгосрочные последствия и значимые социальные, экономические, экологические, эстетические и другие виды ущербов.

В качестве же пороговых уровней рискозащищённости систем целесообразно оперировать предельно допустимым снижением уровня и качества жизни населения, за границами которого возникает опасность проявления неконтролируемых процессов и кризисных ситуаций и предельно допустимым уровнем снижения затрат на поддержание и воспроизводство природно-экологического потенциала, за пределами которого возникает опасность необратимого разрушения элементов природной среды и нанесения ущерба здоровью нынешнего и особенно будущего поколений.

Отсюда приемлемый риск — это компромисс между реальным уровнем рисков (социально-экономических, технических и экологических) и возможностями их достижения, что и определяет необходимость выделения двух рисковых категорий — экологический вред (кризисная ситуация) и экологическая гибель (катастрофическая ситуация).

Всё это, с точки зрения рискозащищённости и приемлемости риска, позволяет все гео- и агроэкосистемы отнести к одному из следующих типов: самоорганизующиеся и саморазвивающиеся как целостность; динамические; с целенаправленным развитием; с определённой стратегией развития; с детерминированным развитием; спонтанно развивающиеся; гомеостатические; адаптивные.

Что же касается разделения области риска, то целесообразно выделение безрисковой области и областей минимального, повышенного, критического, катастрофического и недопустимого рисков.

При этом всё многообразие периодов жизнедеятельности систем, с позиции рискозащищённости, можно охарактеризовать следующей схемой (Рис. 1).



Рис. 1. Схема периодов жизнедеятельности систем.

Для устойчиво стабильного периода величина рисков настолько незначительна, что их целесообразно учитывать, т. е. для системы характерна полная рискозащищённость. Устойчиво квазистабильному периоду характерны достаточно значительные риски только для отдельных факторов, элементов и процессов, а устойчиво переходному уже характерны качественные изменения риска, т.е. поле рисков системы изменяет как свою структуру, так и элементный состав.

Для математического описания любых переходных периодов целесообразно использовать матрицу и коридор рисков.

Матрица риска имеет вид:

	$\Pi_1$	$\Pi_2$	...	$\Pi_i$	...	$\Pi_n$
$t_1$	$R_{11}$	$R_{21}$	...	$R_{i1}$	...	
$t_2$	$R_{12}$	$R_{22}$	...	$R_{i2}$	...	$R_{n2}$
...	...	...	...	...	...	...
$t_j$	$R_{1j}$	$R_{2j}$	...	$R_{ij}$	...	$R_{nj}$
...	...	...	...	...	...	...
$t_k$	$R_{1k}$	$R_{2k}$	...	$R_{ik}$	...	$R_{nk}$

где  $\Pi_{1,n}$  — факторы жизнедеятельности системы;  $t_{1,k}$  — расчётные моменты времени;  $R_{1,nk}$  — величина риска. Коридор риска, определяющий возможный диапазон изменения риска, при котором система функционирует в устойчиво стабильном или устойчиво квазистабильном режиме, может быть описана в виде

$$R_i^{j\min} < R_i^j < R_i^{j\max}, \quad (3)$$

где  $R_{ij}^{min,max}$  — соответственно минимально и максимально допустимые значения приемлемого риска.

Матрицы и коридор риска позволяют описать все уровни структуры устойчивого переходного периода. Для первого уровня, где изменения отражаются только на величине рисков (номенклатура рисков постоянна) имеем:

$$\left. \begin{array}{l} i \in I \text{ нпу } I = const \\ R_i^{j\min} \leq R_i^j \leq R_i^{j\max} \end{array} \right\} \quad (4)$$

Второй уровень характерен для случая, когда изменения отражаются и на величине рисков и на их номенклатуре и

$$\left. \begin{array}{l} i \in I \text{ нпу } I \neq const(I + \Delta i) \\ R_i^{j\min} - \xi_{\min} \leq R_i^j \leq R_i^{j\max} + \xi_{\max} \end{array} \right\}, \quad (5)$$

где  $\xi_{\min}$  и  $\xi_{\max}$  — величины изменения минимального и максимального рисков в переходной период.

Третий уровень связан с такими изменениями, которые не только меняют систему поэлементно-структурно, но и выводят её в другую область (поле) риска. В этом случае

$$\left. \begin{array}{l} i_a \in I_a \rightarrow i_b \in I_b \\ R_{i_a}^{j_a\min} \leq R_{i_a}^{j_a} \leq R_{i_a}^{j_a\max} \rightarrow R_{i_b}^{j_b\min} \leq R_{i_b}^{j_b} \leq R_{i_b}^{j_b\max} \end{array} \right\}, \quad (6)$$

где  $i_a$  и  $i_b$  — соответственно элемент [a, b] множества  $[I_a, I_b]$ ;  $R_{i_a}^{j_a}$  и  $R_{i_b}^{j_b}$  — соответственно риски системы по показателям  $i_a, i_b$  в моменты  $I_a$  и  $I_b$ ;  $R_{i_a}^{j_a^{min}}$  и  $R_{i_a}^{j_a^{max}}$  — риски соответствующие нижней и верхней границе, когда система находится в состоянии [a];  $R_{i_b}^{j_b^{min}}$  и  $R_{i_b}^{j_b^{max}}$  — риски соответствующие нижней и верхней границе, когда система находится в состоянии [b]. При этом состояние [b] определяет устойчивое, а [a] — слабоустойчивое поле рисков.

Для неустойчивого переходного периода характерно наличие различных подсистем с переходными процессами, которые не связаны между собой и разнонаправлены.

Что касается устойчивого квазипереходного периода, то для него характерно наличие закономерной смены системоциклов, а неустойчиво квазипереходного — случайная смена системоциклов, что достаточно полно можно описать случайной выборкой из любого множества (набора) альтернатив.

Для неустойчиво стабильных и неустойчиво квазистабильных периодов характерно наличие перенасыщенной стабильности всей системы или отдельных подсистем, т. е. система или её подсистемы готовы к переходу в новое (другое стабильное) состояние, но период перехода строго недетерминирован.

Следует отметить, что периоды жизнедеятельности систем, связанные с неустойчивостью, являются кризисными и обладают большой неопределённостью и высокими рисками.

Что касается множества факторов, влияющих на величину риска, то их целесообразно классифицировать по четырём категориям направленности воздействия — глобальные (фоновые), прямого воздействия, косвенного воздействия и внутрисистемные, и четырём категориям возможности реализации — природные, техногенные, постэкологические и социальные.

Самая неопределённая категория — это факторы косвенного воздействия, которые очень часто способны трансформироваться в факторы прямого воздействия и даже глобальные.

Каждая из категорий факторов специфически влияет на риск функционирования систем, формируя общую величину риска —

$R_{общ} = f(R_k, R_n, R_p, R_c)$ , где  $R_i$  – соответственно величины рисков, которые формируются соответствующими категориями факторов.

Общая модель изменения величины риска функционирования систем в квазистабильный период, который наиболее характерен для практики, представима в виде –  $R_k > R_n > R_p > R_c$  (рис. 2).

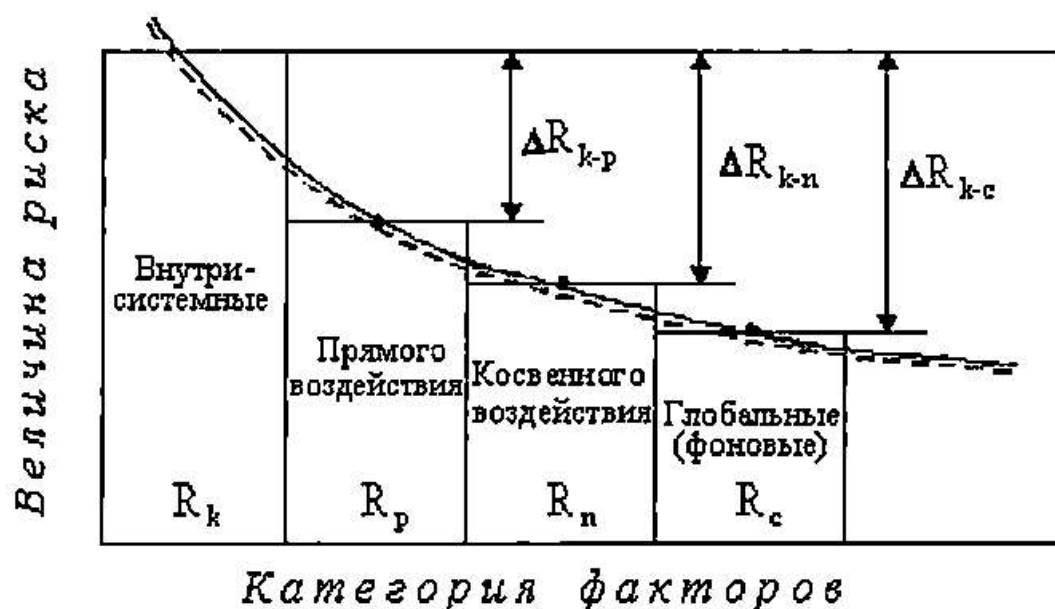


Рис. 2. Модель изменения величины риска как функция категории факторов в квазистабильный (наиболее желательный) период функционирования систем.

Зная же динамику источников риска можно достаточно легко и достоверно прогнозировать степень критичности (категорию ситуации и уровень уязвимости) оптимального функционирования любой гео- и агроландшафтной систем.

В таблице приведены наиболее типичные модели рискозащищённости (приемлемости риска) для гео- и агроландшафтных систем.

Бесспорно, что прогнозируя для конкретной гео- или агроландшафтной системы ее состояние и особенности функционирования в определенный период, недостаточно знать только категорию ситуации и уровень уязвимости (например, ситуация критическая, уровень уязвимости – минимальный). Поэтому следующим этапом исследований должны быть принципы оценки рисков функционирования, качественный и количественный анализ рисков, исходя из функциональной неопределенности гео- и агроландшафтных систем, и проблемы их минимизации.

Таблица

Сформировавшаяся модель динамики рисков	Особенности условий функционирования систем	Категория ситуации и уровень уязвимости систем	
$R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_n > R_n^{\Gamma}$	Факторы прямого воздействия переходят критическую границу и изменяют условия функционирования	К Р И Т И Ч Е С К А Я	Низкий
$R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_p > R_p^{\Gamma}$	Факторы косвенного воздействия переходят критическую границу, частично переходя в прямые и изменяют условия функционирования		Минимальный
$R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_c > R_c^{\Gamma}$	Факторы фонового воздействия переходят критическую границу, частично переходя в более низкие категории и изменяют условия функционирования		Повышенный
$R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_n > R_n^{\Gamma}$ $R_p > R_p^{\Gamma}$	Факторы прямого и косвенного воздействия переходят критическую границу, становятся трудноразличимыми и изменяют условия функционирования		Средний
$R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_p > R_p^{\Gamma}$ $R_c > R_c^{\Gamma}$	Факторы косвенного и фонового воздействия переходят критическую границу, становятся трудноразличимыми и изменяют условия функционирования		Сильный
$R_k > R_n > R_p > R_c$ $R_n > R_n^{\Gamma}$ $R_p > R_p^{\Gamma}$ $R_c > R_c^{\Gamma}$	Факторы прямого, косвенного и фонового воздействия переходят критическую границу, становятся трудноразличимыми и изменяют условия функционирования		Недопустимый

Сформировавшаяся модель динамики рисков	Особенности условий функционирования систем	Категория ситуации и уровень уязвимости систем	
$R_k > R_p > R_c$ $R_k < R_n$	Факторы прямого воздействия становятся более значимы чем внутрисистемные	КАТАСТРОФИЧЕСКАЯ	Минимальный
$R_k < R_n < R_p$ $R_k > R_c$	Факторы прямого и косвенного воздействия становятся более значимы чем внутрисистемные		Средний
$R_k < R_n < R_p < R_c$	Факторы прямого, косвенного и фонового воздействия становятся более значимы чем внутрисистемные		Повышенный

Примечание:  $R_i^f$  — граничное значение рисков  $i$ -го воздействия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов П. Г. Способ системного прогнозирования технического риска. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. ВИНТИ. Вып. 4. — М., 1994, с. 26-33.
2. Измалков В. И., Измалков А. В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. — С.-Пб, НИЦЭБ РАМ, 1998, 482 с.
3. Ивченко Г. П. Мартыщенко Л. А. Информационная экология. — С.-Пб, Нордмед-издат, 1998, 201 с.
4. Лукша В. В., Шведовский П. В. К проблеме определения срока функционирования агроландшафтных систем до формирования критических уровней экологической надёжности. Вестник БГТУ // Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и экология, №2, Брест, 2002, с. 51-53.
5. Шведовский П. В. Особенности оптимизации экологической надёжности агроландшафтов. Вестник БГТУ // Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и экология, №2, Брест, 2002, с. 49-51.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

Научно-исследовательский институт проблем Полесья НАН РБ



## ГЕО- ЖӘНЕ АГРОЛАНДШАФТЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ҚЫЗМЕТІНДЕ ҚАУІПТІ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ТУЫНДАУЫ ЖӘНЕ ТӘУЕКЕЛДІҢ МҮМКІНДІГІ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Геогр. ғылымд. канд.

М.Ж. Бүрлібаев

Геогр. ғылымд. канд.

А.А. Волчек

Техн. ғылымд. канд.

П.В. Шведовский

*Қазіргі жағдайда геоэкожүйелердің қызметін зерттеу тек антропогендік кезең мәліметтері негізінде ғана жүргізіледі. Алайда бұл зерттеулерді антропогендік ықпалға дейінгі кезеңдерді де ескере отырып жүргізу қажет. Табиғи кешен өзгеруінің барлық бөліктерін, соның ішінде экожүйелердің қызметінде пайда болып тұратын қауіпті жағдайларды анықтау үшін бізге эвристикалық мәселелерді шешуге тура келеді. Бұл орайда жасанды экожүйелер ретінде агроландшафтар табиғи экожүйелерді зерттеуге көп көмегін тигізе алады.*