

РАЗДЕЛ 4. ОХРАНА ТРУДА

УДК 574(006.015.8)027.541

Федоркин С. И., Ветрова Н. М.

О МЕТОДЕ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА ПРИ ДЕЙСТВИИ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

У статті розглянуто метод оцінки рівня екологічної безпеки регіону на заставі групування техногенних загроз екологічній безпеці. Метод апробовано на прикладі Кримського регіону.

Ключові слова: екологічна безпека регіону, загрози, метод оцінки.

В статье рассмотрен метод оценки уровня экологической безопасности региона на основе группировки техногенных угроз экологической безопасности. Метод апробирован на примере Крымского региона.

Ключевые слова: экологическая безопасность региона, угрозы, метод оценки

In the article the method of estimation of ecological strength of region security has been considered on the basis of classification of technological threats of ecological safety. The method is approved on the example of the Crimean region.

Key words: ecological safety of a region, threats, method of estimation.

Постановка проблемы. Обеспечение сбалансированности экономики и экологических возможностей окружающей природной среды предполагает определение ограничений при эксплуатации природных ресурсов, связанных со способностью биосферы восстанавливаться в условиях деятельности человека. В целом территориальная организация экономической системы должна удовлетворять ряду условий, к которым относятся соответствие масштабов экономической деятельности при обеспечении совокупных потребностей населения уровню экологической безопасности территории и природно-ресурсному потенциалу региона. Решение данных задач требует управленческих воздействий, в основе которых должны лежать оценки реальных параметров экологической безопасности в соответствии с совокупностью экологических угроз. Подходы к оценке уровня экологической безопасности региональных систем разрабатывались многими учеными [1–6], хотя на данный момент имеются различные подходы, которые трудно адаптировать к системе управления.

Цель данной статьи – обосновать метод оценки уровня экологической безопасности региональных систем в рамках механизма управления экологическим состоянием.

Изложение основного материала. Широко известны работы зарубежных и отечественных ученых по проблемам оценки уровня экологического состояния среды. Н. Ф. Реймерс выделял подход к оценке предельных нагрузок на природную среду по проявлению реакции системы на антропогенную нагрузку [2, с. 293]. В. И. Вернадский [1] рассматривал устойчивость при-

родного ландшафта как производную экологического взаимодействия четырех сфер: атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы и для степени изменения антропогенных ландшафтов оценивал асимметрию распределения центров геосфер в зависимости от особенностей трансформации их под влиянием загрязнителей или нарушений экологических параметров. В. И. Коробкин и Т. В. Передельский [7] в целях оценки общей устойчивости экосистем к антропогенным нагрузкам обосновывают целесообразность использования показателей запаса живого и мертвого органического вещества, эффективность обновления органического вещества (продуктивность растительности территории), видовое и структурное разнообразие территории. Т. А. Акимова, В. В. Хаскин вводят критерий безопасности и связанные с ним понятия: U – природоёмкость территории (совокупность объемов хозяйственного изъятия и поражения местных возобновимых ресурсов, включая загрязнения среды и другие формы техногенного угнетения реципиентов, в том числе ухудшение здоровья людей); T_3 – экологическая техноёмкость территории (обобщенная характеристика территории, отражающая самовосстановительный потенциал природной системы и количественно равная максимальной техногенной нагрузке, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность всех реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных свойств) [8, с. 374].

Критерий безопасности $U \leq T_3$ означает, что техногенная нагрузка не может превышать самовосстановительный потенциал природных

систем территории. Количественный показатель экосистем в исследованиях зарубежных ученых характеризуется процентом территории, которая не меняется за период исследования. Качественный показатель отражает степень изменчивости на территории за период исследования ключевого набора растений и животных (по соотношению текущих показателей к базовым). Характеристикой устойчивости экосистем является степень вариации индекса природного капитала.

Учитывая исследования особенностей формирования угроз экологической безопасности антропогенного характера [9; 10] и одновременно рассматривая цель управления как обеспечение безопасности в регионе, целесообразно для осуществления и контроля оценивать именно уровень экологической безопасности региональных систем. При этом логически возможно оценивать экологическую безопасность регио-

нальных систем по уровню снижения попадания антропогенных веществ в среду (в натуральных показателях за период и в динамике изменений объемов попадания) и по степени снижения изменений качества природных систем. Для подтверждения гипотезы о возможности использования показателей уровня экологической безопасности по снижению техногенных угроз экологической безопасности наиболее соответствующими математическими методами [11; 12] являются методы многомерного статистического анализа, что подтверждено результатами анализа факторов экологической безопасности Украины [13].

Для проверки выбранной гипотезы была сформирована база данных по результатам исследований изменения угроз экологической безопасности по АР Крым в целом, а также городам, районам за 2003–2005 гг. (табл. 1).

Таблица 1.

Показатели элементов экологической безопасности.

№ п/п	Наименование показателя	Краткое содержание показателя
По группе снижения угроз ЭБ попадания в среду антропогенных веществ		
1	X_1	снижение показателя концентрации вредных веществ в атмосфере
2	X_2	снижение показателя концентрации вредных веществ в воде
3	X_3	снижение объемов токсичных отходов производства
4	X_4	снижение объемов ТБО
По снижению угроз ЭБ изменения природных систем при потреблении природных ресурсов и действии пространственно-планировочных факторов		
5	X_5	снижение потерь воды при транспортировке в системах
6	X_6	снижение площади вырубки лесов для целей производства
7	X_7	снижение площади вырубки лесов под застройку и при пожарах
8	X_8	увеличение площади лесовосстановления
9	X_9	оптимизация площади дорожных систем
10	X_{10}	сокращение площади оползневых, эрозийных и других форм нарушения геологических массивов
11	X_{11}	увеличение площади рекультивации карьеров

Математическим аппаратом исследования поставленной проблемы выбран метод главных компонент (использующий возможности корреляционно-регрессионного анализа), задачей которого является выбор из множества показателей наиболее существенных (главных) компонент, характеризующих исследуемую проблему. Суть метода главных компонент заключается в следующем: имеем m случайных переменных X_1, \dots, X_m с многомерным, необязательно нормальным, совмещенным распределением, вектором средних μ и ковариационной матрицей σ_{ij} .

Взаимосвязь между переменными X_1, \dots, X_m называется структурой зависимости и может быть измерена ковариациями или, что эквивалентно, дисперсиями и корреляциями между X_1, \dots, X_m . Можно найти линейные комбинации Y_1, \dots, Y_q переменных X_1, \dots, X_m ($q < m$), на осно-

вании которых возможно получить структуру зависимости между X_1, \dots, X_m . Таким образом, получаем краткое описание структуры зависимости, которое содержит практически всю информацию, содержащуюся в самих переменных.

Главные компоненты – это такие нормативные линейные комбинации итоговых переменных:

$$Y_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} X_j, \quad (1)$$

где X_j – показатели;

Y_i – главные компоненты;

$i = 1, \dots, m$;

$$\sum_{j=1}^m a_{ij}^2 = 1, \quad j = 1, 2, \dots, m;$$

$$\text{cov}(Y_i, Y_j) = 0, \quad i, j = 1, \dots, m, i \neq j$$

дисперсия компонент – $V(Y_1) \geq V(Y_2) \geq \dots \geq V(Y_m)$.

Первая главная компонента Y_1 определяется из условия максимальности дисперсии среди всех нормированных комбинаций $X_i, i = 1, 2, \dots, m$ (m – число показателей); вторая главная компонента Y_2 определяется из условия максимальности дисперсии среди всех нормированных комбинаций $X_i, i = 1, 2, \dots, m$, которые не коррелируют с Y_1 ; третья главная компонента Y_3 определяется из условия максимальности дисперсии среди всех нормированных комбинаций $X_i, i = 1, 2, \dots, m$, которые не коррелируют с Y_1 и Y_2 .

Подмножество первых q переменных Y_i объясняет большую часть общей дисперсии показателей, и, таким образом, получаем краткое описание структуры зависимости выходных переменных.

Метод главных компонент заключается в определении коэффициентов $a_{ij}, i, j = 1, \dots, m$ по корреляционной матрице выходных показателей. Были рассчитаны (выполнены по програм-

ме с использованием средств EXCEL) собственные значения по показателям и соответствующие им собственные векторы корреляционной матрицы переменных, а также коэффициенты a_{ij} модели, и по ним вычислялись значения главных компонент для каждого показателя.

Чтобы определить вклад каждого показателя в главную компоненту, следует проанализировать матрицу компонентных нагрузок. Компонентные нагрузки пропорциональны коэффициентам корреляции соответствующей главной компоненты и анализируемого показателя.

Результаты расчетов выявили, что первые 5 главных компонент объясняют 81,31% общей дисперсии всех показателей, причем на первую главную компоненту приходится 30,45% общего вклада компонент в структуру исследуемого явления, вторая компонента объясняет 17,91% общей дисперсии, третья – 12,31%, четвертая – 11,66%, пятая компонента – 8,98% (рис. 1).

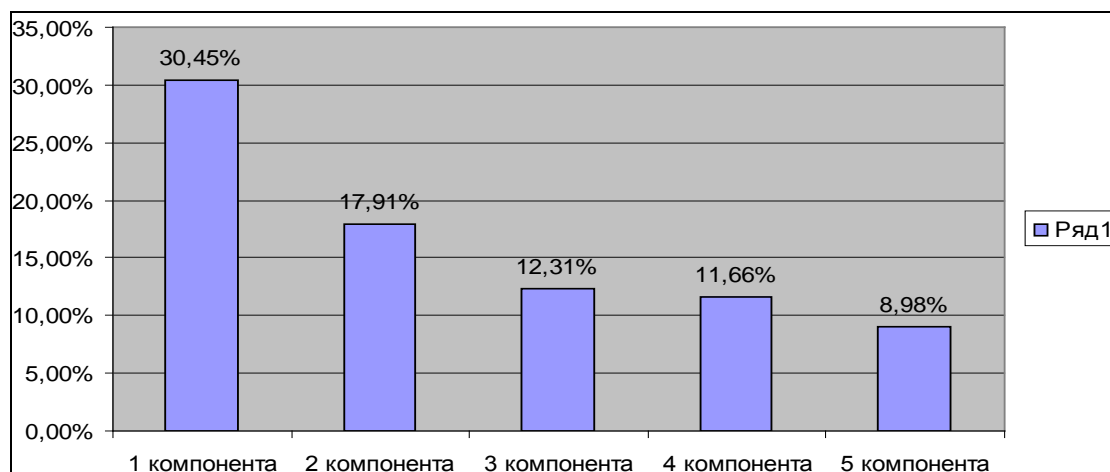


Рис. 1. Численные оценки главных компонент экологической безопасности региона АР Крым.

Поскольку на практике рекомендуется выделять число главных компонент, объясняющих 70–75% их суммарной дисперсии, а для нашей задачи – это достаточная доля дисперсии для описания структуры выходных переменных, то в дальнейшем будем анализировать четыре главные компоненты.

Результаты математической обработки в рамках метода главных компонент на основе общей совокупности показателей по сокращению двух групп угроз экологической безопасности позволили выявить компонентную структуру уровня экологической безопасности АР Крым, которая характеризуется с помощью матрицы коэффициентов корреляции между показателями и главными компонентами.

Первую главную компоненту экологической безопасности региона (y_1) определяют четыре показателя:

- снижение уровня ТБО (коэффициент корреляции равен 0,922);

- снижение уровня загрязнения атмосферы (коэффициент корреляции равен 0,816);
- снижение уровня загрязнения вод (коэффициент корреляции равен 0,805);
- снижение вырубки леса для производства (коэффициент корреляции равен 0,722).

Таким образом, первая главная компонента – основная внутренняя угроза экологической безопасности Крыма, которая объясняет 30,45% общей дисперсии структуры множества первичных данных: загрязнение окружающей среды выхлопными газами, воды – неочищенными стоками и размещение химически опасных производств на территории. В целом первая компонента экологической безопасности региона отражает значение для экологической безопасности региона проблем снижения уровня загрязнения антропогенными веществами сред.

Вторая главная компонента экологической безопасности региона (y_2) определяется тремя показателями:

- снижение потерь леса при пожарах (коэффициент корреляции равен 0,620);
- увеличение площади лесовосстановительных работ (коэффициент корреляции равен 0,617);
- предотвращение оползневых и других нарушений геологических массивов (коэффициент корреляции равен 0,622).

Интерпретируя вторую главную компоненту, объясняющую 17,91% общей дисперсии структуры множества первичных данных, следует признать важность мер по предупреждению лесных пожаров и нарушений геологических массивов для обеспечения экологической безопасности АР Крым, а также необходимость расширения лесовосстановления. Близкие коэффициенты корреляции отражают важность для полуострова решения всех видов стабилизации изменений природных систем при потреблении ресурсов и пространственно-планировочных воздействий.

Третья главная компонента экологической безопасности региона (y_3) определяется двумя показателями:

- увеличением площадей рекультивируемых карьеров добычи полезных ископаемых (коэффициент корреляции равен 0,614);
- снижением потерь воды при транспортировке в системах водоснабжения (коэффициент корреляции равен 0,566).

Анализ сущности третьей главной компоненты экологической безопасности региона отражает значимость расширения работ по рекультивации карьеров и предотвращение потерь воды при транспортировке к потребителям, что связано со значительным износом сетей.

Четвертая главная компонента экологической безопасности региона (y_4) связана с сокращением токсичных отходов (коэффициент корреляции равен 0,645), а также с наличием проблем оптимизации площади и схемы дорог (коэффициент корреляции равен 0,729). По результатам анализа исходных данных действия практически не осуществляются, а наоборот – дорожные системы развиваются в виду широкого транспортного использования полуострова.

Выводы. Представленный метод оценки уровня экологической безопасности региона позволяет выявить особенности параметров среды для целей управления и может быть использован для прогноза выходных показателей, описывающих основные угрозы экологической безопасности АР Крым.

Исследование закономерностей в каждой из групп показателей и в общей совокупности позволяет сделать вывод о значимости всех показателей для уровня экологической безопасности

региона, а также не опровергает логическую группировку показателей в зависимости от природы экологических угроз.

Снижение угроз попадания антропогенных веществ в среды является комплексной проблемой и формирует первую и частично вторую главные компоненты экологической безопасности региона, снижение степени изменения природной среды при потреблении природных ресурсов и действии пространственно-планировочных факторов формирует третью и четвертую компоненты экологической безопасности региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В. И. Биосфера. Избранные труды по биогеохимии / В. И. Вернадский. – М. : Мысль, 1967. – 232 с.
2. Одум Ю. Экология : в 2 томах / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.
3. Реймерс Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы, гипотезы) / Н. Ф. Реймерс. – М. : Россия молодая, 1994. – 367 с.
4. Мельник А. В. Основи регіонального еколого-ландшафтознавчого аналізу / А. В. Мельник. – Львів : Літопис, 1997. – 229 с.
5. Дмитриев В. В. Оценка устойчивости и чувствительности водных экосистем к антропогенному эвтрофированию / В. В. Дмитриев // Известия РГО. – 1995. – Т. 127, вып. 4. – С. 16–26.
6. Боков В. А. Методология и методика оценки экологической ситуации / [В. А. Боков, А. И. Личак, И. Г. Черванев и др.]. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2000. – 100 с.
7. Коробкин В. И. Экология / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2000. – 576 с.
8. Акимова Т. А. Экология – Человек – Экономика – Биота – Среда : учебник для вузов / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 566 с.
9. Ветрова Н. М. Уровень экологических опасностей и устойчивость окружающей природной среды / Н. М. Ветрова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ : ПДАБА, 2007. – № 5. – С. 43–47.
10. Ветрова Н. М. Особливості формування екологічної небезпеки в регіоні / Н. М. Ветрова // Науковий вісник ІФНТУНІ : зб. наук. праць. – № 2(14). – Івано-Франківськ, 2006. – С. 157–162.
11. Петровский А. Б. Пространства множеств и мультимножеств / А. Б. Петровский. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 248 с.
12. Воронин А. Н. Системный анализ и многокритериальная оценка космических проектов экспертными методами / А. Н. Воронин // Проблемы управления и информатики. – 2004. – № 1. – С. 121–135.
13. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика / А. Б. Качинський, Т. А. Хміль. – К. : НІСД, 1997. – 127 с.