

УДК 504 (075.8) + 911

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

А.Г. Емельянов

Тверской государственный университет, Тверь

В статье анализируется содержание понятия «экологическое состояние геосистем», рассматриваются способы определения суммарной количественной оценки этого состояния, приводится ориентировочная шкала оценки, полученная на основе ландшафтно-экологических исследований геосистем региона.

Ключевые слова: природно-антропогенные геосистемы, мониторинг, экологическое состояние.

Оценка экологического состояния природных и природно-антропогенных комплексов является одним из важнейших элементов системы комплексного экологического мониторинга окружающей человека среды. Под экологическим состоянием в данной работе понимается совокупность показателей, характеризующих последствия антропогенного воздействия на природные комплексы и компоненты и их естественные изменения за определенный более или менее длительный промежуток времени (чаще всего не менее 3 – 5 лет) [3]. Поскольку антропогенное воздействие часто ведет к негативным изменениям среды, оценка позволяет выявить степень благоприятности или неблагоприятности последствий трансформации гео- и экосистем с точки зрения жизни и деятельности населения. Цель оценки состоит в том, чтобы определить в первую очередь возможный ущерб от негативных последствий вмешательства человека в природные процессы с тем, чтобы выбрать наилучший вариант хозяйственного использования территории и акватории и их ресурсов. Сущность оценки состоит в сравнении показателей измененного состояния окружающей среды (т.е. совокупности природных и природно-антропогенных комплексов и их компонентов) с заранее определенными критериями – признаками, на основе которых проводится сравнение. В качестве критериев могут выступать показатели исходного состояния наблюдаемых объектов, их естественные (фоновые) характеристики, а также различные нормативные показатели, определяющие допустимые меры воздействия человека на природные системы.

По характеру выражения оценка экологического состояния может быть качественной или количественной, по своему содержанию – по-

компонентной (или поэлементной) и интегральной. Наибольший теоретический и практический интерес представляют количественные оценки, поскольку они более конкретно, наглядно и объективно выражают последствия трансформации природных и природно-антропогенных комплексов под влиянием деятельности человека.

Необходимость использования покомпонентных оценок связана с тем, что во многих случаях оценить природный или природно-антропогенный комплекс трудно, не оценив его отдельных составляющих. Покомпонентные оценки определяются на основе сопоставления фоновых региональных (или исходных и нормативных) показателей и фактически измеренных в процессе мониторинга результатов состояния отдельных компонентов среды (прежде всего воздуха, вод и почв). Подобные оценки широко используются в практике наблюдений и научных исследований. Их методы описаны в многочисленных изданиях и нормативных документах [2; 4; 5 и др.].

Однако покомпонентные оценки могут характеризовать лишь отдельные составляющие природных и природно-антропогенных комплексов, они не учитывают основные связи в геосистемах между их наиболее важными компонентами или подсистемами. Поэтому в последние десятилетия исследователи все чаще обращаются к так называемым интегральным оценкам состояния геосистем. В идеале, на наш взгляд, они должны интегрировать совокупность физико-географических (ландшафтных), экологических (геоэкологических), санитарно-гигиенических, медико-демографических показателей (признаков) состояния природных и природно-антропогенных комплексов.

Физико-географические признаки должны отражать состояние мезорельефа (в ряде случаев микрорельефа) территории, увлажнения почв, состава и продуктивности фитоценоза. К экологическим (геоэкологическим) показателям относятся критерии, характеризующие изменение условий среды, прежде всего показатели проявления деградиционных природно-антропогенных процессов (потеря почвенного плодородия, уменьшение биологической продуктивности экосистем, евтрофирование водоемов и др.) и антропогенных (изменения запасов и качества ресурсов, загрязнение среды и др.) процессов. Эти показатели должны быть дополнены санитарно-гигиеническими нормативами, т.е. величинами кратности предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в воздухе, водах, почвах, продуктах питания. Наконец, важное значение имеют характеристики здоровья населения (прежде всего данные по детской смертности и заболеваемости людей болезнями так называемого техногенного происхождения). Естественно, что в разных природных и социально-экономических условиях формирования ландшафтов и в зависимости от степени инфраструктурного обеспечения

объекта мониторинга состав и набор показателей (признаков) не может быть одним и тем же. Однако желательно, чтобы их общее количество было бы приблизительно одинаковым, но составляло бы не менее 15 – 20 показателей.

К сожалению, описанные выше «идеальные» показатели оценки экологического состояния природных и природно-антропогенных комплексов пока не разработаны. В качестве интегральных критериев состояния и антропогенного изменения геосистем предложен ряд «усеченных» показателей, которые лишь частично отвечают описанному «идеалу». Среди них выделим интенсивность обмена веществ и энергии (отношение запасов мертвого органического вещества в экосистемах к суммарному опад), способность ландшафтов к самоочищению в процессе их загрязнения, сравнение реальной структуры использования земель с оптимальным соотношением природных ландшафтов и угодий для данного региона и др. При оценке экологического состояния городских ландшафтов рекомендуется привлекать также данные о состоянии здоровья населения. Однако следует отметить, что методика расчета перечисленных показателей трудоемка и недостаточно разработана. Поэтому в последние годы все чаще используются так называемые суммарные критерии оценки экологического состояния геосистем, основанные на расчете отношений суммы фактических показателей к аналогичным показателям исходного состояния этих геосистем, нормативным или региональным фоновым величинам, а также данным, полученным в условиях так называемых «эталонных», т.е. неизменных или слабо измененных подобных ландшафтов.

При наличии количественных показателей отдельных компонентов и элементов природы суммарная оценка экологического состояния геосистемы (X_s) может быть рассчитана по следующей формуле:

$$X_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{E_i} \right) K_i ,$$

где n – использованное число покомпонентных или поэлементных критериев; C_i – величина i -го показателя в условиях измененного ландшафта; E_i – величина i -го показателя в условиях «эталонного» (неизмененного или слабо измененного) ландшафта; K_i – «весовой» коэффициент i -го показателя в долях единицы, определяемый с помощью экспертов.

Значительный недостаток этого способа расчета суммарной оценки экологического состояния геосистем заключается во-первых, в субъективности и возможно в недостаточной обоснованности определения «весового» коэффициента показателя природного компонента; во-вторых, в трудности подбора «эталонной» геосистемы. В результате

суммарная оценка последствий антропогенного воздействия может быть преуменьшена или, наоборот, преувеличена.

Возможен и несколько другой подход – определение обобщающей суммарной оценки экологического состояния геосистемы (X_s) относительно подобной величины ее конкретного «эталона». Другими словами, X_s рассматривается как разность между суммой отношений исследуемого объекта и состоянием самого «эталона», которое условно принимается за 1,0. Величина X_s может быть определена по формуле

$$X_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{E_i} - 1,0 \right),$$

где n – использованное число покомпонентных или поэлементных признаков геосистем; C_i – количественная величина i -го признака, характеризующего изменение геосистемы в результате антропогенного воздействия; E_i – величина того же признака «эталонной» геосистемы аналогичной иерархической размерности или исходного состояния изучаемой геосистемы.

К недостаткам данной формулы можно отнести: во-первых, возможные трудности подбора «эталона»; во-вторых, формула не предусматривает определение «веса» показателей состояния геосистем. Поэтому не исключены погрешности при получении обобщающей суммарной оценки. Однако в любом случае при повышении антропогенной нагрузки на ландшафт увеличиваются величины отношений C_i/E_i , в связи с чем возрастает показатель X_s и одновременно чаще всего ухудшается состояние наблюдаемой геосистемы.

Рассмотренные выше способы определения суммарной оценки экологического состояния геосистем были апробированы на материалах ландшафтно-экологических исследований, которые проводились сотрудниками кафедры физической географии и экологии Тверского государственного университета в 2007 – 2008 гг. на территории бассейна Верхней Волги. Объектами исследований служили территориальные и аквальные природно-антропогенные комплексы в ранге урочищ, типичные для этого региона: рекреационные ландшафты зоны влияния Калининской АЭС, комплексы выработанных торфяников, аквальные геосистемы Иваньковского водохранилища, городские ландшафты г. Твери. Пример расчета суммарной оценки экологического состояния природно-антропогенной системы в условиях рекреационной дигрессии (зона влияния Калининской АЭС) на основе второй из предложенных выше формул показан в таблице.

При расчете X_s в случае, если какой-либо признак изучаемой геосистемы в абсолютном выражении оказывается меньше того же призна-

ка в геосистеме – «эталоне», использовалась формула, предложенная К. Н. Дьяконовым [1]:

$$K_c = \frac{A_{max}}{A_{max} - \Delta P},$$

где K_c – мера сходства двух сравниваемых величин; A_{max} – наибольшая из двух сравниваемых величин; ΔP – разность между этими величинами. Использование этой формулы позволяет однозначно определить изменение состояния геосистемы независимо от повышения или понижения величины показателя, выбранного для описания компонента.

Как видно из таблицы, в зоне рекреационного влияния крупных инженерных сооружений антропогенная нагрузка возросла и соответственно экологическая обстановка ухудшилась в 2 – 3 раза. По данным наблюдений в значительно большей степени негативное влияние деятельности человека проявилось на осушенных выработанных болотных геосистемах.

В значительно большей степени негативное влияние деятельности человека проявилось на осушенных выработанных болотных геосистемах. В результате осушения, добычи торфа, почти полного исчезновения исходного почвенно-растительного покрова, возникновения пожаров и других изменений практически полностью перестал функционировать прежний природный комплекс. Величина показателя X_s по сравнению с «эталонном» возросла в 7 – 9 раз.

Расчет оценки экологического состояния (X_s) природно-антропогенной геосистемы в зоне рекреационного влияния Калининской АЭС

Показатели геосистемы, характеризующие ее экологическое состояние*	Рекреационная геосистема	Геосистема – «эталон»	Отношение показателей C_i/E_i	Рекреационная геосистема		Отношение показателей C_i/E_i
				Геосистема – «эталон»	Геосистема – «эталон»	
	2007 г.			2008 г.		
Запас древесины, м ³ /га	158,2	200,2	1,26	142,4	180,0	1,27
Подрост высотой более 1,0 метра, дер/га	30	46	1,53	28	45	1,61
Площадь сохранившейся лесной подстилки, %	96,0	99,0	1,03	95,0	98,0	1,03
Сомкнутость крон	0,6	0,7	1,16	0,6	0,7	1,16
Сухость, % на га	12	2	6,0	11	2	5,5

Сегетальные травянистые растения, покрытие в %	8,0	2,0	4,0	9,0	3,0	3,0
Механические повреждения и вырубка древостоя, % от площади	40,0	2,0	20,0	43,0	2,0	21,5
Сеть тропинок, % площади	0,2	0,1	2,0	0,2	0,1	2,0
Плотность почвы на тропинках и полянах, г/см ³	1,2	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2
Площадь кострищ, %	0,7	0,5	1,4	0,8	0,5	1,6
Площадь свалок бытового мусора, %	6,0	2,0	3,0	7,0	2,0	3,5
Оценка $X_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{E_i} - 1,0 \right)$			2,64			2,71

* Фактические величины показателей геосистем получены С. Н. Кузнецовой.

При оценке экологического состояния измененных аквальных комплексов (пойменно-террасовые пелагиальные урочища Иваньковского водохранилища) учитывались такие показатели, как гидродинамическая активность водоемов, площадь эродированного дна, площадь зарастания урочища, содержание некоторых тяжелых металлов (Zn, Cu и др.) в воде и донных отложениях, биомасса высшей водной растительности и др. Под влиянием затопления и других факторов экологическое состояние изученных аквальных экосистем резко изменилось (в основном ухудшилось). Величина показателя X_s по сравнению с величиной «эталона» (руслового комплекса в самой верхней части водохранилища) увеличилась в 7 – 16 раз.

Наиболее сложной и практически наименее разработанной оказалась проблема оценки экологического состояния городских ландшафтов. Сложность ее решения связана с многофункциональностью урбогеосистем, недостаточной разработанностью классификации городских ландшафтов с учетом исторического развития территории, трудностью выбора комплекса – «эталона», скудностью мониторинговых наблюдений (за исключением слежения за состоянием воздуха) и другими факторами. Для решения конкретной задачи на примере г. Твери были выбраны урбодиагностические выделы – комплексы историко-ландшафтных единиц, объединенных одной мезоформой рельефа (участком II надпойменной террасы реки Волги) и однородным субстратом. По своей

размерности выделы близки к сложным урочищам, измененным деятельностью человека. В качестве «эталона» был выбран пригородный участок надпойменной террасы, площадь которого более чем на 65% занята массивами парковых и вторичных хвойных и хвойно-мелколиственных лесов. Для оценки были выделены два центральных выдела с сохранившейся усадебной застройкой. Величина показателя X_s выделов превысила величину показателя «эталона» в 19 – 22 раза. К сожалению, в процессе оценки не удалось найти достаточно полноценного «эталона» и не был определен ряд загрязнителей воздуха, вод, почвы и некоторых других признаков экологического состояния городской геосистемы, что вероятно снизило величины полученных показателей X_s по сравнению с реальными.

Одна из важных задач оценки – построение на основе мониторинговых наблюдений оценочных шкал экологического состояния, характеризующих геосистемы, прежде всего элементарного и локального уровня. Для построения таких шкал необходимо проведение специальных ландшафтно-экологических исследований природных и природно-антропогенных комплексов с учетом региональных особенностей территории, естественной дифференциации природной среды, социально-экономических функций, степени и направленности измененных человеком геосистем. При этом не исключается некоторая «размытость» и несоответствие полученных оценок экологического состояния антропогенных и естественных факторов формирования современной окружающей среды.

Список литературы

1. Дьяконов К. Н. Прогнозирование по аналогиям (о влиянии проектируемых гидротехнических сооружений на природную среду) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. «География». 1979. №1. С. 39 – 47.
2. Дьяконов К. Н., Дончева А. В. Экологическое проектирование и экспертиза: учебник для вузов. М., 2002. 384 с.
3. Емельянов А. Г. Основы природопользования. М., 2004. 304 с.
4. Опекунов А. Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: учеб. пособие. СПб., 2006. 261 с.
5. Хоружая Т. А. Методы оценки экологической опасности. М., 1998. 224 с.

**ASSESSMENT OF THE NATURAL ENVIRONMENT AND
NATURAL-ANTHROPOGENIC COMPLEX ON THESE
MONITORING OBSERVATIONS**

A.G. Emeljanov

Tver State University, Tver

The meaning of the notion «ecological state of geosystems» is analyzed. Methods of its quantitative assessment are presented. Preliminary scale is worked out on the basis of landscape-ecological approach to the regional geosystems investigation.

Keywords: *natural-antropogenic geosystems, monitoring, ecological state.*

Об авторе:

ЕМЕЛЬЯНОВ Александр Георгиевич – профессор кафедры физической географии и экологии Тверского госуниверситета, e-mail: fisgeo@mail.ru