

Мыларщиков Антон Михайлович
Mylarschikov Anton M.
Тюменский Государственный университет
Tyumen State University
Аспирант Тюменского Государственного университета
Graduate student of the Tyumen State University
E-mail: mylanton@mail.ru

Систематизация методов оценки антропогенного воздействия на окружающую среду

Systematics of methods to assess human impacts on the environment

Аннотация: В настоящее время, число показателей оценки состояния экосистем измеряется сотнями. Несмотря на это, актуален вопрос разработки перечня наиболее значимых показателей, с помощью которых станет возможным без особых затруднений оценить экологическое состояние исследуемых территорий, в т.ч. с учётом прошлого ущерба. Автор обосновывает набор из 10 показателей, на основе анализа 28 наиболее используемых показателей. Выделены составляющие экосистем, состояние каждой из которых можно оценить с помощью предложенных к рассмотрению показателей: воздух, вода, земля, социум, растительность, животный мир.

Ключевые слова: Антропогенное воздействие, окружающая среда, методы оценки ущерба, прошлый ущерб.

The Abstract: At present, the number of indicators to assess the state of ecosystems in the hundreds. Despite this, the pressing question of establishing a list of the most important indicators by which it will be possible without much difficulty to assess the ecological status of the studied areas, including based on past damages. The author proves a set of 10 indicators, based on the analysis of the 28 most commonly used indicators. Identified components of ecosystems, the status of each of which can be assessed by consideration of the proposed indicators: air, water, earth, society, flora and fauna.

Keywords: Anthropogenic influence, the environment, methods of assessment of damage, previous damage.

Антропогенное воздействие, оказываемое предприятиями на состояние окружающей среды (ОС) необходимо оценивать в разрезе конкретных территорий. Данные оценки связаны с решением вопросов очередности и объемов финансирования природоохранных мероприятий в первую очередь для наиболее проблемных с экологической точки зрения территорий. Для выявления приоритетности выделения средств на экологическую реабилитацию территорий необходима комплексная информация об их экологическом состоянии. Эти сведения позволяют выделить наиболее приоритетные для инвестирования территории и оптимальным образом распределить средства, предназначенные для экологической реабилитации.

Выбор оптимального набора показателей, возможность на их основе комплексно оценить состояние экосистемы любой территории, является сегодня одной из самых актуальных проблем управления природопользованием и охраной окружающей среды. Оценка экологической обстановки и «качества» окружающей среды является непростой задачей. Число показателей, которые могут быть использованы для оценки экологического состояния территорий разного масштаба, измеряются сотнями. Восприятие такого массива данных, его анализ для комплексной оценки экологической ситуации на местном, региональном и федеральном уровне весьма затруднительно. Поэтому актуален вопрос разработки перечня наиболее значимых показателей, отобранных из огромного массива данных, с помощью которых станет возможным без особых затруднений оценить экологическое состояние исследуемых территорий.

В различных экологических отчетах и ежегодных аналитических обзорах публикуются сведения о загрязнении ОС – выбросах в атмосферу от передвижных и стационарных источников, сбросах в водные объекты, приводятся данные о размещении отходов и прочее. Территории можно ранжировать по различным воздействиям и показателям – по наиболее загрязненным воздушным бассейнам, по объему поступающих в объекты окружающей среды выбросов и сбросов, по интенсивности транспортных потоков, по величине причиненных ущербов и др.

Далее рассмотрены показатели, которые разными авторами и источниками предлагаются для использования с целью оценки экологического состояния территорий. Количество рассмотренных в работе показателей незначительно по сравнению с тем массивом данных, который имеется в настоящее время. Но, следует отметить, что при анализе были рассмотрены наиболее значимые и часто используемые показатели состояния ОС или воздействия на неё, поэтому изучение малой их доли в общем объеме имеющихся показателей не оказало значительного влияния на качество предложенной системы показателей.

Из широкого спектра самых различных показателей необходимо выбрать те, которые наилучшим образом смогут охарактеризовать экологическую обстановку отдельных территорий. Чтобы упростить задачу анализа, были выделены составляющие экосистем, состояние каждой из которых можно оценить с помощью предложенных к рассмотрению показателей: воздух, вода, земля, социум, растительность, животный мир.

Воздух

Загрязнение атмосферы является наиболее опасным по своим последствиям, оно приобрело глобальный характер и может повлечь за собой изменения в биосфере в целом. Значительное ухудшение качества водной среды, почвы имеет вторичный характер – оно происходит при осадении и вымывании поллютантов из нее. Опасность загрязнения атмосферы повышается и в результате большей чувствительности к ним организмов.

1. Экономическая оценка ущерба, причиненного загрязнением атмосферного воздуха стационарными источниками:

$$Y_r^a = Y^a y d_r \times M^a \times K^a \varepsilon \times I d \quad (1)$$

$$M^a = \sum_{i=1}^n m_i^a \times K^a \varepsilon_i ,$$

где Y_r^a – экономическая оценка годового ущерба от выбросов в атмосферный воздух

стационарными источниками для г-го экономического района РФ, тыс.руб/год;

$Y^a y d_r$ – величина экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в воздух для г-го экономического района РФ, руб/усл. т;

M^a – приведенная масса выбросов загрязняющих веществ в рассматриваемом регионе, усл.т/год;

$K^a \varepsilon$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий экономических районов РФ;

$I d$ – индекс-дефлятор по отраслям промышленности;

m_i^a – масса выброса в атмосферный воздух i-го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом эколого-экономической опасности, т/год;

$K^a \varepsilon_i$ – коэффициент относительной эколого-экономической опасности i-го загрязняющего вещества или группы веществ, усл.т/т;

i – индекс загрязняющего вещества или группы веществ.

2. Экономическая оценка ущерба, причиненного загрязнением атмосферного воздуха транспортными средствами:

$$Y_{r mp}^a = Y^a y d_r \times \sum_{k=1}^m M^a_{Kmp} \times K^a \varepsilon_r \quad (2)$$

$$M^a_{Kmp} = \sum_{i=1}^n (M^a_{i Kmp} \times K^a \varepsilon_i),$$

где Y^a_{mp} – экономическая оценка годового ущерба причиненного загрязнением атмосферного воздуха транспортными средствами в г-том регионе, тыс.руб/год;

$Y^a y d_r$ – показатель удельного ущерба атмосферному воздуху, наносимого выбросами единицы приведенной массы загрязняющих веществ на конец отчетного периода времени г-го экономического района РФ, руб/усл.т;

M^a_{Kmp} – фактический выброс всех загрязняющих веществ в атмосферу от k-той единицы передвижного транспорта в течение отчетного периода времени, усл.т/год;

$K^a \varepsilon_i$ – коэффициент относительной эколого-экономической опасности i-го загрязняющего вещества или групп загрязняющих веществ, усл.т/т;

$M^a_{i Kmp}$ – фактический выброс i-го загрязняющего вещества от k-той единицы передвижного транспорта в течение отчетного периода времени, т;

$K^a \varepsilon_r$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территории в составе экономических районов РФ;

i – индекс загрязняющего вещества или группы загрязняющих веществ;

K – количество единиц передвижного транспорта.

3. Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)

Для интегральной оценки состояния воздушного бассейна применяют индекс загрязне-

ния атмосферы. Это комплексный показатель загрязнения атмосферы, который рассчитывается по сумме пяти главных загрязнителей при переводе абсолютных значений каждого в число ПДК. Перевод абсолютных значений в ИЗА позволяет более реально учесть экологический вред, который наносится загрязнителями разной степени вредности:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i}{ПДК_{iMP}} \right)^{a_i}, \quad (3)$$

где q_i – концентрация i -го вещества, мг/м³;

$ПДК_{iMP}$ – максимальная разовая ПДК i -го вещества, мг/м³;

a_i – коэффициент соотношения вредности i -го вещества с вредностью вещества III класса опасности (a_i I класса = 1,7; a_i II класса = 1,3; a_i III класса = 1,0; a_i IV класса = 0,9);

n – количество примесей, учтенных при расчете.

ИЗА является упрощенным показателем и рассчитывается обычно для $n=5$ – наиболее значимых концентраций веществ, определяющих суммарное загрязнение воздуха. В эту пятерку чаще других попадают такие вещества, как бенз(а)пирен, формальдегид, фенол, аммиак, диоксид азота, сероуглерод, пыль. Индекс загрязнения атмосферы изменяется от долей единицы до 15-20 – чрезвычайно опасных уровней загрязнения.

Вода

Одна из наиболее острых экологических проблем – состояние поверхностных вод, она имеет два аспекта: количественный и качественный. Главным источником загрязнения водных объектов являются сточные воды (в том числе и разной степени очистки) промышленных предприятий, хозяйственно-бытовые сточные воды городов и населенных пунктов, стоки систем орошения, поверхностные стоки с полей и других сельскохозяйственных объектов. Загрязнение водных объектов в настоящее время приобрело глобальный характер и существенно уменьшило доступные эксплуатационные ресурсы пресной воды.

4. Экономическая оценка ущерба причиненного загрязнением водных объектов:

$$Y_r^e = Y^e \text{уд}_{rj} \times M_r^e \times K^e \text{э} \times Id \quad (4)$$

$$M_r^e = \sum_{i=1}^n (m_i^e \times K^e \text{э}_i),$$

где Y_r^e – экономическая оценка величины нанесенного ущерба водным ресурсам в рассматриваемом r -том регионе, тыс.руб./год;

$Y^e \text{уд}_{rj}$ – показатель удельного ущерба водным ресурсам, наносимого единицей приведенной массы загрязняющих веществ на конец расчетного периода для j -го водного объекта в рассматриваемом r -том регионе, руб/усл.т;

M_r^e – приведенная масса сбросов загрязняющих веществ в водные объекты рассматриваемого региона, усл.т/год;

$K^e \text{э}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния

водных объектов по бассейнам основных рек;

I_d – индекс-дефлятор по отраслям промышленности;

m_i^a – масса фактического сброса i -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом эколого-экономической опасности в водные объекты рассматриваемого региона, т/год;

$K^a \varepsilon_i$ – коэффициент относительной эколого-экономической опасности i -го загрязняющего вещества или группы веществ, усл.т/т;

i – индекс загрязняющего вещества или группы веществ.

5. Индекс загрязнения воды (ИЗВ):

$$ИЗВ = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (5)$$

где C_i – концентрация i -го компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра), мг/дм³;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества мг/дм³;

n – число показателей, используемых для расчета индекса (для оценки качества вод расчеты ведут для $n = 6...7$ загрязняющих веществ, включая: биологическое потребление кислорода $БПК_5$, синтетические поверхностно-активные вещества СПАВ, водородный показатель рН, концентрация растворенного кислорода O_2).

ИЗВ был установлен Госкомгидрометом СССР и относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов. Этот индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов.

Модификация данного метода: УКИЗВ – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды, рассчитывается по двадцати пяти ингредиентам, вносящим наибольший вклад в загрязнение вод.

Помимо качественного истощения водных ресурсов важным представляется применение для оценки экологического состояния территорий показателя, позволяющего оценить количественное истощение водных объектов. Таким показателем является величина дефицита речного стока.

6. Дефицит речного стока

Данную величину определяют по результатам водохозяйственного баланса, который может характеризоваться наличием резервов или дефицитом стока. Водохозяйственный баланс – количественное соотношение между поступлением (приходная часть) и расходом (расходная часть) воды в границах речных бассейнов и подбассейнов.

$$B = W_{ВХ} + W_{БОК} + W_{ПЗВ} + W_{ВВ} + W_{ДОТ} \pm \Delta V \pm W_L - W_{ИСП} - W_{Ф} - W_{У} - W_{ПЕР} - W_{ВДП} - W_{КП} \quad (6)$$

где B – результирующая составляющая (избыток или дефицит водных ресурсов) исследуемого участка;

W_{BX} – объем стока, поступающий за расчетный период с вышележащих участков рассматриваемого водного объекта, млн. м³;

$W_{БОК}$ – объем воды, формирующийся на расчетном участке;

$W_{ПЗВ}$ – объем водозабора из подземных водных объектов;

$W_{ВВ}$ – возвратные воды: подземные и поверхностные воды, стекающие с орошаемых территорий, сточные и (или) дренажные воды, отводимые в водные объекты;

$W_{ДОТ}$ – дотационный объем воды, поступающий на участок из систем территориального перераспределения стока;

$\pm \Delta V$ – сработка или наполнение прудов и водохранилищ;

$\pm W_{Л}$ – потери воды при оседании льда на берега и/или возврат воды в результате таяния льда весной;

$W_{ИСП}$ – потери на дополнительное испарение с акватории водоемов;

W_{Φ} – фильтрационные потери из водных объектов;

$W_{У}$ – уменьшение речного стока, вызванное водозабором из подземных водных объектов;

$W_{ПЕР}$ – переброска части стока (объема воды) за пределы расчетного участка;

$W_{ВДП}$ – суммарные требования всех водопользователей данного расчетного участка;

$W_{КП}$ – требуемая величина стока в замыкающем створе расчетного водохозяйственного участка.

Земля

Поверхность земли испытывает самую значительную по массе и очень опасную антропогенную нагрузку. Основными источниками загрязнения земли являются твердые и жидкие отходы промышленности, отходы потребления и сельскохозяйственные отходы.

7. Экономическая оценка ущерба, причиненного в результате деградации почв и земель:

$$Y_{\partial}^n = H_C \times S \times K_{\partial} \times K_{П}, \quad (7)$$

где Y_{∂}^n – экономическая оценка годового ущерба от деградации почв и земель, тыс.руб/год;

H_C – норматив стоимости земель (то же самое, что и норматив стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд), тыс.руб/га;

S – площадь деградировавших почв и земель за отчетный период в результате хозяйственной деятельности, га/год;

K_{\ominus} – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

$K_{\text{ООПТ}}$ – коэффициент для особо охраняемых природных территорий.

8. Коэффициент концентрации загрязнения почвы (КЗЗ)

В качестве показателя степени загрязнения почв применяется коэффициент концентрации загрязнения почвы, вычисляемый по формуле:

$$KKZ_i = x_i / ПДК_i, \quad (8)$$

или, если ПДК не установлена, по формуле:

$$KKZ_i = x_i / x_{\phi},$$

где KKZ_i – коэффициент концентрации загрязнения для i -го вещества;

x_i – содержание i -го загрязняющего вещества;

x_{ϕ} – фоновое содержание этого вещества.

Состояние ОС в районе или городе зависит от состояния ландшафта, т.е. структуры использования земель, которая отражается в земельном кадастре. Уровень и направленность антропогенного воздействия, степень устойчивости ландшафтов на разные виды антропогенной нагрузки оцениваются в характеристиках эколого-хозяйственного состояния территории.

Эколого-хозяйственный баланс – это система показателей, характеризующих изменение соотношения участков площадей с разным уровнем антропогенного воздействия к общей площади территории района и баланс использования природных ресурсов на данной территории.

Эколого-хозяйственный баланс территории есть сбалансированное соотношение различных видов деятельности и интересов различных групп населения на территории с учетом потенциальных и реальных возможностей природы, что обеспечивает устойчивое развитие природы и общества.

На основании земельного кадастра можно рассчитать коэффициент естественной защищенности ($K_{ез}$), коэффициенты абсолютной (K_a) и относительной (K_o) антропогенной напряженности, для расчета которых достаточно иметь сведения о площадях земель, занятых тем или иным видом деятельности. Система данных об использовании земель представлена в табл. 1.

Коэффициенты абсолютной и относительной напряженности эколого-хозяйственного состояния территории позволяют оценить антропогенную преобразованность территории.

9. Коэффициент абсолютной антропогенной напряженности:

$$K_a = \frac{S_{j1}}{S_{j8}} \quad (9)$$

Коэффициент K_a показывает отношение площади сильно нарушенных застройкой, промышленностью и транспортом земель к площади малотронутых или нетронутых территорий.

Таблица 1

Система данных об использовании земель в j-ом регионе, районе или городе

Вид использования земель	Площадь данного вида использования
1. Земли застройки, в том числе промышленных зданий и сооружений	S_{j1}
2. Земли под дорогами	S_{j2}
3. Нарушенные и прочие земли (полигоны отходов, пески, овраги и др.)	S_{j3}
4. Земли под водой	S_{j4}
5. Сельскохозяйственные угодья	S_{j5}
6. Болота	S_{j6}
7. Земли под древесно-кустарниковой растительностью, не входящие в лесной фонд	S_{j7}
8. Лесные земли	S_{j8}
Общая площадь j-ого района	S_j

10. Коэффициент относительной антропогенной напряженности

Это отношение площади земель с высокой антропогенной преобразованностью к площади земель с более низкой антропогенной преобразованностью.

$$K_o = \frac{S_{j1} + S_{j2} + S_{j3}}{S_{j4} + S_{j5} + S_{j6} + S_{j7} + S_{j8}} \quad (10)$$

В целом, эколого-хозяйственное состояние территории в наибольшей степени характеризуется коэффициентом относительной напряженности, т.к. при этом охватывается вся рассматриваемая территория. Коэффициент относительной напряженности может использоваться в качестве интегрального показателя ЭХС территории, определяемый как соотношение площади земель с низкой антропогенной нагрузкой в районе к площади земель с высокой нагрузкой.

Снижение напряженности ситуации уменьшает значение коэффициентов, а при K_o равном или близком к 1,0, напряженность ЭХС территории оказывается сбалансированной по степени антропогенной преобразованности и потенциалу устойчивости природы.

11. Коэффициент естественной защищенности:

$$K_{ezj} = \frac{S_{j8} + 0,8S_{j7} + 0,6S_{j6} + 0,4S_{j5} + 0,2S_{j4}}{S_j} \quad (11)$$

Каждому антропогенному воздействию или их совокупности соответствует свой предел устойчивости природных и природно-антропогенных ландшафтов. Чем разнообразнее ландшафт, тем он более устойчив. Выражается это, прежде всего, большим количеством и равномерным распределением естественных биогеоценозов, природоохранных зон и особо охраняемых природных территорий, совокупность которых составляет экологический фонд

территории. Чем он больше, тем выше естественная защищенность территории и выше устойчивость ландшафта.

Вместе с тем уровень естественной защищенности так же зависит от распределения земель по степени антропогенной преобразованности. Земли, характеризующиеся высокой степенью антропогенной нагрузки, как правило, имеют низкую естественную защищенность.

12. Объемы отходов на душу населения, т/чел.

13. Уровень нагрузки на литосферу, т/км²

14. Площадь земель, загрязненных опасными отходами, га

Социум

15. Плотность населения, чел/км²

Демографический фактор (численность и плотность населения), распределение его по территории региона прямо воздействует на экосистемы, по нему можно судить и о степени промышленной и сельскохозяйственной нагрузок и связанных с ними уровнях загрязнения (атмосферы, воды, почвы).

16. Заболеваемость:

- общая заболеваемость на 1000 чел.;
- новообразования на 1000 чел.;
- болезни органов дыхания на 1000 чел.;
- болезни органов пищеварения на 1000 чел.;
- инфекционные и паразитарные заболевания на 1000 чел.

Заболеваемость населения выступает как один из многих биоиндикаторов, характеризующих экологическое состояние территории и является интегральным показателем качества среды, отражает суммарный эффект влияния нескольких факторов в их взаимодействии, включающим синергизм (взаимное усиление), антагонизм (ослабление, нейтрализация), кумуляцию (накопление во времени).

Указанный перечень предложенных показателей экологически обусловленных заболеваний был предложен Европейским агентством по охране окружающей среды.

Растительность

Растительность – такой компонент окружающей среды, который регулирует нормальное функционирование всех остальных составляющих.

Важное значение для создания благоприятных экологических условий играют леса, наличие которых и их восстановление является приоритетной задачей на национальном и мировом уровне. Санитарно-гигиенические функции леса проявляются в улучшении микроклимата, оздоровлении воздуха, шумопоглощении.

17. Годовое обезлесение, км²/год

18. Лесистость, в % к общей земельной площади

19. Озеленение территории, м²/чел.

20. Доля заповедных территорий к общей площади, %

Сеть особо охраняемых природных территорий создается для предотвращения деградации, восстановления и сохранения уникальных природных комплексов, флоры, фауны.

21. Состояние растительного мира

Оценки воздействия любого вида антропогенной деятельности на растительный покров затруднены тем, что отсутствуют какие-либо определенные количественные нормативы состояния растительности. Здесь возможны только экспертные оценки, позволяющие получить комплексную оценку состояния и устойчивости растительности. Такая оценка в разных ситуациях может опираться на разные оценочные показатели (например, степень повреждения растительности, биоразнообразие, ухудшение видового состава и характерных видов флоры и др.).

Животный мир

22. Состояние животного мира

Для оценки состояния животного мира отсутствуют четкие и определенные, в т.ч. количественные критерии и нормы, в связи с чем наиболее часто используется метод экспертных оценок, как и в ситуации с оценкой состояния растительности (оценочные показатели – биоразнообразие, плотность популяции вида-индикатора антропогенной нагрузки и др.).

Прочие комплексные показатели

23. Эргодемографический индекс (ЭДИ)

Отражает масштаб технической энергетики и плотность населения, а также биотический потенциал территории:

$$J_{\text{ЭДИ}} = (7 \times 10^{-6} \rho \times \varepsilon) / (\rho_0 \times R_s \times S), \quad (12)$$

где ρ , ρ_0 – средняя плотность населения территории и средняя плотность населения страны соответственно, чел/км²;

ε – общий расход топлива и топливных эквивалентов электроэнергии на рассматриваемой территории, т усл. топл/год;

R_s – суммарная солнечная радиация, т усл. топл/км² год;

S – площадь территории, км².

24. Предельно допустимая техногенная нагрузка

Предельно допустимая техногенная нагрузка (ПДТН) – величина максимального нарушения естественной среды территории в результате изъятия природных ресурсов и загрязнения среды, не выходящая за пределы экологической техноемкости территории. ПДТН измеряет природоемкость производства и экологическую техноемкость территории. ПДТН сводится к тому, что допустимость нагрузки учитывает также социальную ценность объектов, испытывающих техногенный пресс. Расчет основан на ограничении техногенной нагрузки предельной возможностью природного комплекса территории сохранять целостность экосистем и качество среды путем преобразования солнечной энергии для процессов самоочище-

ния и регенерации¹.

Расчет предельно допустимой техногенной нагрузки выполняется на основе применения энергетического подхода по методике Т.А. Акимовой, по формуле:

$$E = p(72R + 132W + 0,6P) \times S - k_E N, \quad (13)$$

где E – предельно допустимое потребление топлива и энергии (в топливных эквивалентах) на данной территории на нужды производства и транспорта, т усл. топл/год;

p – коэффициент, учитывающий антропогенную насыщенность территории, равный $p = 1 + \lg J_{эд}$, где $J_{эд}$ – эргодемографический индекс;

R – радиационный баланс территории (по материалам климатического описания), ккал/(см² · год);

W – средний модуль поверхностного стока, м³/(га · сут) (для большинства районов РФ $W \approx 0,01w$, где w – годовое количество осадков, мм;

P – удельная продукция сухого вещества биомассы, т/км² · год:

$$P = P_B / S,$$

где S – площадь территории, км²;

k_E – нормативный минимум бытового расхода энергии на одного человека, т усл. топл/(чел. · год) (по Российской Федерации $k_E = 1$ т усл.топл/чел · год);

N – общая численность населения территории, чел.

25. Комплексный показатель воздействия на окружающую среду

$$K_\kappa = \left(\frac{M_B}{S_m} + \frac{V_3 - V_C}{S_m} + \frac{M_{от}}{S_m} \right) \times P_{ж}, \quad (14)$$

где M_B - масса выброса загрязняющих веществ, т/год;

S_m - площадь территории области, га;

V_3 - масса забираемой воды на нужды потребителей, м³/год;

V_C - масса сброса сточных вод, м³/год;

$M_{от}$ - масса отходов, образовавшихся на данной территории, т;

$P_{ж}$ - число жителей, проживающих на данной территории, тыс.чел.

26. Коэффициент суммарной антропогенной нагрузки:

$$K_{экол\ i} = KСАН_{норм\ i} / KСАН_{ср.норм} \quad (15)$$

¹ Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития. – М.: Изд-во Рос. экон. акад., 1994; Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для студентов вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. – 495 с.

где $KCAH_{НОРМ\ i} = KCAH_i$ нормированный в интервале (1;6);

$K_{ЭКОЛ\ i}$ – коэффициент экологической ситуации в i -том муниципальном образовании;

$KCAH_{НОРМ\ i}$ – нормированный в i -том муниципальном образовании коэффициент суммарной антропогенной нагрузки;

$KCAH_{СР,НОРМ}$ – средний по всем муниципальным образованиям нормированный коэффициент суммарной антропогенной нагрузки.

$$KCAH_i = KHA_i + KHB_i + KHP_i$$

$$KHA_i = KНСИ_i + KНПИ_i + KТВ_i$$

$$KНСИ_i = 1 / РНСИ_i; KНПИ_i = 1 / РНПИ_i; KТВ_i = 1 / РТВ_i$$

$$KHB_i = 1 / РНВ_i; KHP_i = 1 / РНП_i,$$

где $KCAH_i$ – коэффициент суммарной антропогенной нагрузки в i -том муниципальном образовании;

KHA_i – коэффициент нагрузки на атмосферный воздух;

KHB_i – коэффициент нагрузки на водные объекты в i -том муниципальном образовании;

KHP_i – коэффициент нагрузки на почву в i -том муниципальном образовании;

$KНСИ_i$ – коэффициент нагрузки на атмосферу от стационарных источников в i -том муниципальном образовании;

$KНПИ_i$ – коэффициент нагрузки на атмосферу от передвижных источников в i -том муниципальном образовании;

$KТВ_i$ – коэффициент токсичности выбросов в i -том муниципальном образовании;

$РНСИ_i$ – ранг нагрузки на атмосферу от стационарных источников в i -том муниципальном образовании;

$РНПИ_i$ – ранг нагрузки на атмосферу от передвижных источников в i -том муниципальном образовании;

$РТВ_i$ – ранг токсичности выбросов;

$РНВ_i$ – ранг нагрузки на водные объекты в i -том муниципальном образовании;

$РНП_i$ – ранг нагрузки на почву в i -том муниципальном образовании.

Ранги территорий по нагрузкам на природные среды ($РНСИ_i, РНПИ_i, РНВ_i, РНП_i$) определяются местом территории среди муниципальных образований по данным государственной статистической отчетности о загрязнении природных сред.

27. Коэффициент антропогенного давления (энергетический критерий)

Достаточно простой комплексный показатель. Рассчитывается исходя из потребления

энергии на единицу рассматриваемой территории:

$$K_j^a = (P_j / S_j) / \left[\sum_{j=1}^n P_j / S_j \right] / n, \quad (16)$$

где P_j - потребление энергии в регионе j , ПДж/год;

S_j - площадь региона j , млн. га;

n - число регионов.

28. Индекс устойчивости экосистем

Отражает степень устойчивости наземных экологических систем к воздействию антропогенных факторов². Энергетическое выражение индекса устойчивости экосистем находится по формуле:

$$ИУЭ = ПБМ_{\ominus} \times УБП_{\ominus} / R_n, \quad (17)$$

где $ПБМ_{\ominus}$ – энергетическое выражение плотности размещения биомассы, Дж/м²;

$УБП_{\ominus}$ – энергетическое выражение удельной биопродуктивности, Дж/м²;

R_n – энергия поглощенной радиации, Дж/м.

Отражение экологическими показателями состояния составляющих экосистемы представлено в табл. 2.

Таблица 2

Отражение экологическими показателями состояния составляющих экосистемы

Показатель	Атмосфера	Вода	Земля	Социум	Растительный мир	Животный мир
1. Ущерб от загрязнения атмосферы стационарными источниками	+					
2. Ущерб от загрязнения атмосферы передвижными источниками	+					
3. Индекс загрязнения атмосферы	+					
4. Ущерб от загрязнения водных объектов		+				
5. Индекс загрязнения воды		+				
6. Дефицит речного стока		+				
7. Ущерб от деградации почв и земель			+			

² Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Экономика природопользования: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 501 с.

8. Коэффициент концентрации загрязнения почвы			+			
9. Коэффициент абсолютной антропогенной напряженности			+		+	
10. Коэффициент относительной антропогенной напряженности			+		+	
11. Коэффициент естественной защищенности			+		+	
12. Объемы отходов на душу населения			+			
13. Уровень нагрузки на литосферу			+			
14. Площадь земель, загрязненных опасными отходами			+			
15. Плотность населения			+	+		
16. Заболеваемость населения (общая на 1000 чел., новообразования, органов дыхания, органов пищеварения, инфекционные)				+		
17. Годовое обезлесение					+	
18. Лесистость					+	
19. Озеленение территории					+	
20. Доля заповедных территорий (ООПТ)					+	
21. Состояние растительного мира					+	
22. Состояние животного мира						+
23. Эргодемографический индекс	+	+	+	+		
24. ПДТН	+	+	+		+	+
25. Комплексный показатель воздействия на ОС	+	+	+			
26. Коэффициент суммарной антропогенной нагрузки	+	+	+			
27. Коэффициент антропогенного давления (энергетический критерий)	+	+	+			

28. Индекс устойчивости экосистем	+	+	+		+	+
-----------------------------------	---	---	---	--	---	---

Для характеристики экологического состояния территории необходимо выбрать из списка представленных показателей те, которые наиболее четко и полно описывают состояние территории по каждой из составляющих экосистем: воздух, вода, земля, социум, растительность и животный мир.

Важнейшей является задача оценки накопленного (прошлого) ущерба, величину которого можно использовать в модели распределения средств на экологическую реабилитацию. Загрязнение атмосферы имеет первичный характер и с течением времени загрязняющие вещества осаждаются и вымываются из атмосферы в почву и водную среду (рис. 1), поэтому показатели экологического состояния, характеризующие загрязнение атмосферного воздуха при оценке прошлого ущерба можно не учитывать. Показатели экологического состояния будут выбраны по пяти оставшимся составляющим экосистем.

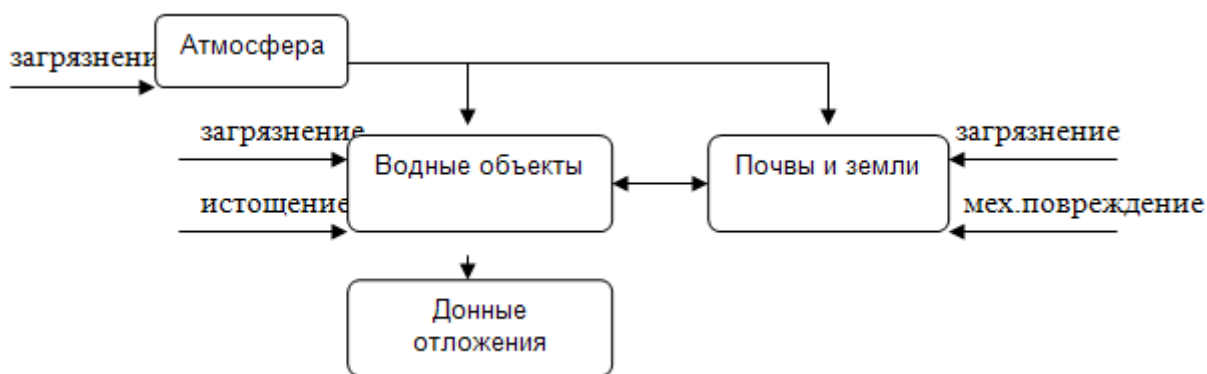


Рис. 1. Схема миграции загрязнений между составляющими экосистем

Для объективной оценки состояния территории необходимо использовать разные виды показателей, опираясь на абсолютное, относительное и удельное значение. Чтобы такая оценка была исчерпывающей необходимо построить такую систему показателей, которая была бы основана на следующих принципах:

- простота и доступность поиска (должны использоваться общественные показатели, которые широко используются в статистической, отчетной и нормативной документации);
- всесторонний охват всех составляющих экосистем;
- достоверность, измеряемость показателей;
- наличие временных рядов (регулярного потока) данных.

Представление показателей в денежном выражении снимает проблему сопоставления данных с точки зрения одинаковых единиц измерения. Величины экономической оценки ущерба позволяют более объективно подойти к вопросу оценки нанесенного вреда. Поэтому из числа показателей, характеризующих состояние водных объектов, предлагается использовать величину экономической оценки ущерба от загрязнения водных объектов. Однако, поскольку сравниваемые территории могут иметь различную площадь, необходимо отнести величины ущерба к площади территорий соответствующих районов и городов. Таким образом, критерий может быть представлен в общем виде следующим образом:

$$Y_{iyud} = Y_i / S_i, \quad (18)$$

где Y_{iyud} – значение удельного ущерба при загрязнении i -ого района (региона), тыс.руб/га;

Y_i – экономическая оценка ущерба окружающей среде, причиняемого загрязнением i -того района (региона), тыс. руб;

S_i – площадь i -ого района (региона), га.

Помимо качественного истощения водных объектов необходимо также учесть количественное, которое можно оценить с помощью показателя дефицита речного стока.

Для оценки состояния земли по тем же причинам (указанным выше для водных объектов) из списка рассмотренных предлагается использовать показатель удельного ущерба от деградации почв и земель.

Коэффициент естественной защищенности позволяет охарактеризовать состояние ландшафта. Кроме всего прочего, по сравнению с такими показателями, как лесистость, озеленение, годовое обезлесение, доля заповедных территорий, показателями абсолютной и относительной антропогенной напряженности, он носит интегральный характер, позволяет говорить о прошлом экологическом ущербе и может быть использован для комплексной экологической оценки территории.

Более полную и четкую оценку состояния растительного и животного мира можно получить благодаря экспертным оценкам, поэтому именно данные показатели предлагается использовать для характеристики экологического состояния территории.

Актуальность и приоритетность проведения мероприятий по экологической реабилитации зависят от численности населения, проживающего на данной территории, поэтому критерий плотности населения следует учитывать при оценке приоритетности природоохранной деятельности, помимо этого необходимо учесть показатели экологически обусловленных заболеваний.

Также, для более корректной оценки экологического состояния требуется использовать комплексные показатели, такие, как предельно допустимая техногенная нагрузка, которая дает более полное представление о состоянии ОС в отличие от энергетического критерия и эргодемографического индекса, а также индекс устойчивости экосистем.

Коэффициенты комплексного воздействия на окружающую среду, суммарной антропогенной нагрузки из перечня предлагаемых к использованию исключаются, т.к. состояние компонент экосистем, которые они характеризуют (в частности, земля и вода) было предложено оценить показателями ущерба.

Итак, для построения обобщенной оценки экологического состояния территорий предлагается использовать 10 показателей, перечень которых представлен в табл. 3.

Таблица 3

Перечень показателей, предлагаемых к использованию при оценке экологического состояния территории

Показатель	Обозначение	Примечание
1. Удельный ущерб, причиненный загрязнением водных объектов	$У^В уд$	Рассматривается величина накопленного ущерба
2. Дефицит речного стока	ΔW	---
3. Удельный ущерб, причиненный в результате деградации почв и земель	$У^З уд$	Рассматривается величина накопленного ущерба
4. Коэффициент естественной защищенности	$Кез$	---
5. Предельно допустимая техногенная нагрузка	$ПДТН$	---
6. Плотность населения	ρ	---
7. Состояние растительного мира	-	Оценки экспертов
8. Состояние животного мира	-	Оценки экспертов
9. Заболеваемость: - общая заболеваемость на 1000 чел.; - новообразования на 1000 чел.; - болезни органов дыхания на 1000 чел.; - болезни органов пищеварения на 1000 чел.; - инфекционные и паразитарные заболевания на 1000 чел.	-	При отсутствии сведений возможно использование только показателя общей заболеваемости
10. Индекс устойчивости экосистем	$ИУЭ$	---

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для студентов вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. – 495 с.
2. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. – М., 1999.
3. Барциц М.Э. Ранжирование регионов по уровню загрязнения объектов окружающей природной среды // Берегиня. – 2003. – № 7.
4. Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Экономика природопользования: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 501 с.
5. Гамм Т.А., Калиев А.Ж. Дифференциация территории по экологическим показателям техногенной нагрузки // Вестник ОГУ. – 2004. – № 9.
6. Индикаторы устойчивого развития России (эколого-экономические аспекты)./ Под ред. С.Н. Бобылева, П.А. Макеенко – М.: ЦПП, 2001. – 220 с.
7. Исследование по теме «Прошлый экологический ущерб в Российской Федерации» // Информационное экологическое агентство ИНЭКА: URL: <http://www.inesa.ru/pub/projects/pel/material/concept.pdf>
8. Региональное природопользование: методы изучения, оценки и управления / П.Я. Бакланов, П.Ф. Боровко, Т.Ф. Воробьева и др.: Под ред. П.Я. Бакланова, В.П. Каракина: Учебное пособие. – М.: Логос, 2002. – 160 с.
9. Рекус И.Г., Шорина О.С. Основы экологии и рационального природопользования: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУП, 2001. – 146 с.
10. Скачкова С.А. Экологические аспекты природопользования урбанизированных территорий // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2003. – № 4-5.
11. Тарасова Н.П. Индексы и индикаторы устойчивого развития // Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации: URL: http://www.mnr.gov.ru/files/part/8048_indikator.doc (2006. 10 июня).
12. Чепурных Н.В., Новоселов А.Л., Дунаевский Л.В. Экономика природопользования: эффективность, ущербы, риски. – М: Наука, 1998. – 253 с.
13. Шеховцов А.А. Масштаб проблемы прошлого (накопленного) экологического ущерба в России // Информационное экологическое агентство ИНЭКА: URL: <http://www.inesa.ru/pub/projects/pel/material/mastab.pdf>
14. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Методы синтетического картографирования территории (на примере эколого-информационной системы «REGION-VOLGABAS») // Количественные методы экологии и гидробиологии (Сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова). – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005.
15. Экология и экономика природопользования: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / Под ред. Э.В. Гирусова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 591 с.