

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ, ЭКОНОМИКИ И ФИНАНСОВ

Кафедра природообустройства и водопользования

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ

Учебно-методическое пособие

по дисциплине

«Экологическая оценка территории»

Казань - 2023

Утверждено на заседании кафедры природообустройства и водопользования КФУ протокол № 8 от 11 апреля 2023 г.

Печатается по решению Учебно-методической комиссии Института управления, экономики и финансов КФУ

Рецензенты:

Кандидат биологических наук, заведующий кафедрой общей экологии
ИнЭП КФУ, В.Е. Прохоров

Кандидат географических наук, доцент кафедры природообустройства
и водопользования ИУЭФ КФУ И.С. Шигапов

Экологическая оценка территории: учебно-методическое пособие по дисциплине «Экологическая оценка территории»; авт.-сост.: Н.Г. Назаров, О.В. Палагушкина. – Казань: КФУ, 2023. – 46 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов кафедры природообустройства и водопользования Института управления, экономики и финансов КФУ, изучающих дисциплину «Экологическая оценка территории» (бакалавры по направлению 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», профиль «Природообустройство», 3 курс). Разработка может использоваться при проведении практических занятий по дисциплине.

В учебно-методическом пособии предлагаются различные способы экологической оценки территории, предлагаются конкретные инструменты для проведения оценки, варианты экологических ситуаций в виде практических заданий, алгоритмов расчетов с примерами их решения. Практические задания учебно-методического пособия подкрепляют лекционные материалы по дисциплине «Экологическая оценка территории», по темам 3, 4, 5 (Экологические проблемы и ситуации, Классификация экологических проблем и ситуаций, Методы экологической оценки территории и значимости оказываемого антропогенного воздействия) и иллюстрируют возможность применения полученных теоретических знаний на практике.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 4 |
| ТЕМА 1. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИНТЕГРАЦИЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ..... | 7 |
| ТЕМА 2. РАСЧЕТ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЕЕ СОСТОЯНИЕ | 21 |
| ТЕМА 3. ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ | 35 |
| ТЕМА 4. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ТЕРРИТОРИИ ... | 39 |
| Список цитируемой литературы..... | 46 |

Введение

Для безопасного проживания людей и эффективного ведения ими хозяйственной деятельности существует необходимость в оценке состояния компонентов окружающей среды и степени их благоприятности.

Окружающая природная среда может рассматриваться по отдельным компонентам (атмосфера, вода, почва, биота) и как ландшафт в целом. Одним из критериев при оценке состояния экосистем является степень выполнения ландшафтом своих средо- и ресурсовоспроизводящих функций.

В полной мере эти функции способны выполнять ландшафты, находящиеся в нормальном, ненарушенном состоянии. Если природные компоненты оказываются нарушенными, то выполнение названных функций становится неполным или совсем прекращается. Это приводит к экономическим потерям и экологическому ущербу: снижению урожайности, истощению природных ресурсов, росту заболеваемости населения и т.д. Степень нарушения природных компонентов ландшафта значительно влияет на степень удовлетворения человеческих потребностей. Это означает, что все свойства природной среды, свидетельствующие о степени ее благополучия или неблагополучия, оказываются экологически значимыми и для человека. Экологическая оценка территорий представляет собой определение степени пригодности ландшафтно-экологических условий для проживания человека и ведения какого-либо вида хозяйственной деятельности.

Информационной базой для экологической оценки территории является экологическая диагностика – выявление и изучение признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние окружающей среды, экосистем и ландшафтов, а также разработка методов и средств обнаружения, предупреждения и ликвидации негативных экологических явлений и процессов.

Экологическая оценка территории включает:

- установление типа природного ландшафта;
- определение состояния ландшафтов и их отдельных компонентов;
- установление антропогенных воздействий на ландшафт;
- выяснение потенциальных возможностей ландшафтов противостоять антропогенным нагрузкам;
- определение экологических ситуаций и оценку степени их остроты;
- разработку рекомендаций по улучшению экологической ситуации.

Проведение такой оценки, по существу, означает анализ качества окружающей природной среды и ее изменения под воздействием антропогенных факторов.

Любая оценка основывается на отношении между свойствами субъекта и объекта. Субъектом экологической оценки территории, как правило, выступает человек, объектом в любом случае является экологическая ситуация, которая формируется в пределах ландшафта, измененного в разной степени в результате хозяйственной деятельности человека.

Экологическая ситуация рассматривается как территориальное сочетание различных, в том числе негативных и позитивных с точки зрения проживания и состояния здоровья населения, природных условий и факторов, создающих на территории определенную экологическую обстановку разной степени благополучия и неблагополучия.

Целью изучения дисциплины "Экологическая оценка территории" является овладение знаниями о методах выявления экологических проблем, критериях остроты экологических ситуаций, методах картирования и прогнозирования экологических проблем и ситуаций, концепции эколого-хозяйственного баланса территории.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

- понятие, задачи и методы экологической оценки территории;
- основные типы природных ландшафтов, особенности их использования при проживании и ведении хозяйственной деятельности;
- критерии оценки остроты экологических ситуаций как результата хозяйственной деятельности, основания для выделения экологически бедственных территорий;
- понятие и концепцию эколого-хозяйственного баланса территорий.

2) Уметь:

- использовать кадастровые сведения о природных ресурсах в системе ландшафтного планирования и устройства территорий;
- оценивать антропогенные нагрузки на ландшафт, степень остроты экологической ситуации, определять ее ареал через использование картографических методов;
- прогнозировать экологические ситуации;

3) Владеть:

- навыками применения на практике знаний по теоретическим основам экологической оценки территории; проведения экологической оценки территории;
- выделения экологически бедственных территорий; проведения географического прогнозирования экологических ситуаций.

При подготовке учебно-методической разработки автором использованы работы Н.Г. Курамшиной, Б.И. Кочурова, Т. А. Акимовой, В.Р. Битюковой, Ю.П. Демакова, А.С. Курбатовой, В.Н. Луканина и И. С. Коротченко.

ТЕМА 1

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИНТЕГРАЦИЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Цель работы. Изучить существующие подходы к оценке экологического состояния территорий. Знать общие цели такой оценки, показатели и их характеристику, уметь применять их при решении практических заданий.

Теоретическая часть. Экологический анализ и оценка состояния территории проводятся с целью:

- определения степени напряженности медико-биологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения;
- составления экологического паспорта территории;
- организации рационального использования природных ресурсов и регламентации производственной деятельности в регионе,
- определения необходимости и разработки комплекса региональных природоохранных мер.

В настоящее время существует несколько подходов в проведении таких исследований: 1) пофакторная оценка состояния окружающей среды с дальнейшей интеграцией показателей 2) использование комплексных показателей, характеризующих состояние реципиентов, воспринимающих негативное воздействие факторов окружающей среды 3) определение и сопоставление ресурсных потенциалов территории с антропогенным давлением (Курбатова, 2004).

Учет воздействия на территорию возможен по показателям качества основных природных сред (атмосферного воздуха, воды, почвы). Система определения напряженности медико-экологической ситуации территории включает оценку качества среды обитания по показателям эколого-гигиенического состояния окружающей среды. Показатели санитарно-экологического состояния объектов окружающей среды должны быть приведены к единой шкале, отражающей возможную степень изменения качества среды обитания. Переход на безразмерную шкалу оценок может быть произведен как с учетом гигиенических регламентов (стандартов), так и обобщенных показателей загрязнения отдельных объектов среды обитания (индекса загрязнения воды водоемов ИЗВ, индекса загрязнения атмосферы ИЗА, показателей суммарного загрязнения атмосферного воздуха Р, суммарного показателя загрязнения почв Z_c , показателя химического загрязнения воды поверхностных водоемов ПХЗ и др.).

Медико-экологическую ситуацию в регионе (любом населенном пункте) по показателям загрязнении основных природных сред можно отнести к любой из 5 категорий: удовлетворительная; относительно напряженная; существенно напряженная; критическая; условно катастрофическая (Акимова, 2000).

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – 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.

Чтобы значения были сравнимы для разных городов или за разные интервалы времени в одном городе, необходимо рассчитывать их для одинакового количества (n) веществ. Для этого предусматривается особый подход к расчету ИЗА. По парциальным значениям I_i для отдельных примесей вначале составляется вариационный ряд, в котором $I_1 > I_2 > \dots > I_n$. Далее рассчитывается $I(n)$ для заданного и одинакового числа n . Из анализа данных наблюдений за загрязнением атмосферы получено, что в атмосфере городов России имеется 4-5 веществ, которые определяют основной вклад в создание высокого уровня загрязнения. Поэтому обычно принимается $n=5$.

ИЗА показывает, какому уровню загрязнения атмосферы (в единицах ПДК диоксида серы) соответствуют фактически наблюдаемые концентрации n веществ в городской атмосфере, т.е. показывает, во сколько раз суммарный уровень загрязнения воздуха превышает допустимое значение по рассматриваемой совокупности примесей в целом.

$$ИЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{Gi}}{ПДК_{с.с.i}} \right)^C \quad (1)$$

где i – загрязняющее вещество; q_{Gi} – среднегодовая концентрация примеси; $ПДК_{с.с.i}$ – соответствующая среднесуточная предельно допустимая концентрация i -го вещества; C – константа, принимающая значения 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 для соответственно I, II, III, IV классов опасности веществ; n - число примесей.

В соответствии с существующими методами оценки уровень загрязнения считается низким при ИЗА ниже 5, повышенным при ИЗА от 5 до 6, высоким при ИЗА от 7 до 13 и очень высоким при ИЗА от 14 и больше.

По критерию ИЗА можно выделить следующую градацию медико-экологической ситуации в любом регионе или населенном пункте:

- удовлетворительная при ИЗА < 5

- относительно напряженная при 6-15
- существенно напряженная при 16-50
- критическая при 51-100
- условно катастрофическая при ИЗА>100 (ГН 2.1.6.695-98, 1998).

Показатель суммарного загрязнения атмосферного воздуха (P).

Оценка степени опасности загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии нескольких вредных химических веществ в воздухе проводится по величине суммарного показателя загрязнения, учитывающего кратность превышения ПДК, класс опасности вещества, количество совместно присутствующих загрязнителей в атмосфере. Показатель *P* учитывает характер комбинированного действия вредных веществ по типу неполной суммы.

Следует иметь в виду, что этот показатель является условным, вследствие того, что при длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм человека характер их комбинированного действия в большинстве случаев остается пока неизвестным и такое количественное его выражение максимально приближено к возможному биологическому воздействию. Расчет комплексного показателя *P* проводится по формуле:

$$P_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i} \quad (2)$$

где P_i – суммарный показатель загрязнения, K_i — «нормированные» по ПДК концентрации веществ 1, 2, 4 классов опасности и «приведенные» к таковой биологически эквивалентного 3-ого класса опасности, по коэффициентам изоэффективности.

Современный алгоритм расчета комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха использует для «приведения» нормированных по ПДК_{с.с.} концентраций веществ разных классов опасности к таковым 3-го класса опасности следующие коэффициенты изоэффективности: 1 класс – 2; 2 класс – 1,5; 3 класс – 1; 4 класс – 0,8.

Фактическое загрязнение атмосферного воздуха населенных мест оценивается в зависимости от величины показателя *P* по пяти степеням: I – допустимая, II – слабая, III – умеренная, IV – сильная, V – опасная. Загрязнение I степени является безопасным для здоровья населения, при загрязнении II-V степени возникновение негативных эффектов возрастает с увеличением степени загрязнения атмосферы (Методическое..., 2002).

При расчете *P* используются фактические концентрации и ПДК одинаковых периодов осреднения. При этом данный показатель имеет такую

же временную характеристику. Пример расчета суммарного показателя загрязнения атмосферного воздуха приведен в таблице 1.

Составляется список вредных веществ, определяемых на данной территории, указываются класс опасности каждого вещества, среднегодовая концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$), устанавливается кратность превышения ПДК_{с.с.}, затем с помощью коэффициентов изоэффективности превышения ПДК_{с.с.} веществ разных классов опасности «приводятся» к превышениям ПДК_{с.с.} веществ 3-го класса опасности (ГН 2.1.5.689-98, 1998).

Таблица 1. Пример расчета суммарного показателя загрязнения атмосферного воздуха P по среднегодовым концентрациям

| Загрязняющее вещество | Фактическая средняя концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$ | ПДК _{с.с.} , $\text{мг}/\text{м}^3$ | Класс опасности | Кратность превышения ПДК _{с.с.} | |
|-----------------------|--|--|-----------------|--|-------------------------------------|
| | | | | фактическая | приведенная к 3-му классу опасности |
| Бенз(а)пирен | 0,0000008 | 0,000001 | 1 | 0,8 | 1,6 |
| Диоксид азота | 0,1 | 0,1 | 2 | 1 | 1,5 |
| Формальдегид | 0,014 | 0,003 | 2 | 4,66 | 6,99 |
| Оксид азота | 0,08 | 0,06 | 3 | 1,33 | 1,33 |
| Диоксид серы | 0,14 | 0,2 | 3 | 0,7 | 0,7 |
| Оксид углерода | 2 | 3 | 4 | 0,67 | 0,5 |

В заключении вычисляется суммарный показатель загрязнения P по формуле 2 и по оценочной таблице 2 устанавливается степень опасности загрязнения атмосферы в зависимости от количества вредных веществ и величины комплексного показателя загрязнения P .

Таблица 2. Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха

| Степень загрязнения | Величина комплексного показателя P при числе загрязнителей атмосферы | | | |
|---------------------|--|----------|----------|------------|
| | 2-3 | 4-9 | 10-20 | 20 и более |
| I - допустимая | до 1,0 | до 1,9 | до 3,1 | до 4,4 |
| II - слабая | 1,1-2,0 | 2,0-3,0 | 3,2-4,0 | 4,5-5,0 |
| III - умеренная | 2,1-4,0 | 3,1-6,0 | 4,1-8,0 | 5,1-10,0 |
| IV - сильная | 4,1-8,0 | 6,1-12,0 | 8,1-16,0 | 10,1-20,0 |

| | | | | |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| V - опасная | 8,1 и выше | 12,1 и выше | 16,1 и выше | 20,1 и выше |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) – условный комплексный показатель качества воды, учитывающий наиболее распространенные загрязняющие вещества. ИЗВ характеризует общесанитарное состояние воды водоема (его кислородный режим и баланс биогенных веществ), а также наличие вредных химических веществ (Битюкова, 2004).

ИЗВ рассчитывается по следующей формуле:

$$ИЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{ПДК_i} \right) \quad (3)$$

где n – число веществ, по которым имеют место превышения ПДК; C_i – концентрация i -го вещества за соответствующий период осреднения; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде водоемов.

В зависимости от величины ИЗВ водные объекты и их участки подразделяют на классы по качеству воды (табл.3). Индексы загрязнения воды сравнивают для водных объектов одной биогеохимической провинции и сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, во времени, и так далее) (Луканин, 2001).

Таблица 3. Классы качества в зависимости от значения индекса загрязнения воды

| Значения ИЗВ | Классы качества воды | Степень загрязненности |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| до 0,2 | 1 | Очень чистые |
| 0,2-1,0 | 2 | Чистые |
| 1,0-2,0 | 3 | Умеренно загрязненные |
| 2,0-4,0 | 4 | Загрязненные |
| 4,0-6,0 | 5 | Грязные |
| 6,0-10,0 | 6 | Очень грязные |
| >10,0 | 7 | Чрезвычайно грязные |

Суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c). Оценка уровня загрязнения почв населенных пунктов проводится по двум показателям: коэффициенту концентрации отдельного вещества K_c и суммарному показателю загрязнения Z_c при наличии в почве нескольких загрязняющих компонентов.

Коэффициент концентрации загрязняющих веществ определяется соотношением:

$$K_c = \frac{C_i}{C\phi_i} \quad (4)$$

C_i и $C\phi_i$ – фактическая в данной точке и фоновая для типа почв концентрация (мг/кг) i -го загрязняющего вещества соответственно.

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций загрязняющих почву химических элементов (Луканин, 2001):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_i - (n - 1) \quad (5)$$

где n – число учтенных в данной точке веществ.

Оценка опасности загрязнения почв по найденному суммарному показателю Z_c проводится с помощью табл. 4.

Таблица 4. Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю

| Категория загрязнения почв | Показатель Z_c | Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения |
|----------------------------|------------------|---|
| I. Допустимая | Менее 16 | Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимум функциональных отклонений |
| II. Умеренно опасная | 16-32 | Увеличение общего уровня заболеваемости |
| III. Высоко опасная | 32-128 | Увеличение общего уровня заболеваемости, числа часто болеющих детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционирования сердечно-сосудистой системы |
| IV. Чрезвычайно опасная | Более 128 | Увеличение заболеваемости детей нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение случаев токсикоза беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных) |

Суммарный показатель антропогенной нагрузки (СПАН), определяемой с антропоцентрических позиций, может быть реализован на основе оценки воздействия на здоровье человека состояния отдельных компонентов окружающей среды, которое может быть охарактеризовано через показатели, отнесенные к гигиеническим нормативам, с учетом значимости влияния отдельных факторов, определяемого методом экспертных оценок (Коротченко, 2021).

СПАН рассчитывается по следующей формуле:

$$СПАН = 0,30ИЗА_{с.-г} + 0,20ИЗВ_{хим} + 0,20\frac{П_{иу}}{П_{иу}_{ПДУ}} + 0,15ИЗА_{макс} + 0,15ИЗВ_{бак} \quad (6)$$

где $ИЗА_{с.-г.}$, $ИЗА_{макс}$ – комплексные индексы загрязнения атмосферы, среднегодовой и максимальный соответственно; $ИЗВ_{хим}$, $ИЗВ_{бак}$ – индексы загрязнения воды, химического и бактериологического соответственно; $Пи$, $Пи_{ПДУ}$ – средний и предельно допустимый уровни шума соответственно, определяющие шумовую нагрузку на территории (см. формулу 7).

При расчете шумовой нагрузки необходимо учитывать долю населения, проживающего в зоне акустического дискомфорта и превышение предельно допустимых уровней в ночное и дневное время. Тогда шумовую нагрузку можно оценить следующим образом (Курамшина, 2021):

$$\frac{Пи}{Пи_{ПДУ}} = \frac{1}{2} \left(\frac{L_{дн}}{ПВУш_{дн}} + \frac{L_{н}}{ПВУш_{н}} \right) \cdot \frac{n}{100} \quad (7)$$

где $L_{дн}$ и $L_{н}$ – средние значения уровней шума в дневное и ночное время; $ПДУш_{дн}$ и $ПДУш_{н}$ – их предельно допустимые уровни; n – доля населения (%), проживающего в зоне акустического дискомфорта.

Практические задания

Задача 1. Рассчитайте индекс загрязнения атмосферы и суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха для крупных промышленных городов Республики Татарстан по данным из таблицы 5. Дайте сравнительную характеристику степени загрязнения атмосферы городов, с указанием перечня приоритетных загрязнителей в каждом городе. Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Таблица 5. Средний уровень загрязнения атмосферного воздуха в некоторых городах РТ ($q_{Г}$, $мг/м^3$)

| Загрязняющие вещества | $q_{Г}$, $мг/м^3$ | | | | | ПДК _{с.с.} , $мг/м^3$ | Класс опасности |
|-----------------------|--------------------|------------|------------|-----------|-------------|--------------------------------|-----------------|
| | Казань | Наб. Челны | Нижнекамск | Чистополь | Альметьевск | | |
| Пыль | 0,18 | 0,26 | 0,22 | 0,13 | 0,16 | 0,15 | 3(4) |
| Диоксид серы | 0,011 | 0,019 | 0,039 | 0,008 | 0,02 | 0,05 | 3 |
| Оксид углерода | 3,8 | 4,2 | 4,6 | 2,3 | 3,5 | 3,0 | 4 |
| Диоксид азота | 0,08 | 0,1 | 0,12 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 3 |
| Оксид азота | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 3 |

| | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|--------|--------|-------|---|
| Сероуглерод | - | 0,002 | 0,01 | - | 0,002 | 0,005 | 2 |
| Сероводород | 0,03 | 0,05 | 0,21 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 2 |
| Фенол | 0,007 | 0,006 | 0,02 | 0,002 | 0,005 | 0,003 | 2 |
| Сажа | 0,03 | 0,07 | 0,08 | 0,02 | 0,08 | 0,05 | 3 |
| Углеводороды предельные C ₁ -C ₅ | 2,1 | 3,3 | 9,4 | 1,6 | 8,7 | 1,5 | 4 |
| Аммиак | 0,11 | 0,03 | 0,28 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 4 |
| Формальдегид | 0,005 | 0,003 | 0,015 | 0,001 | 0,003 | 0,003 | 2 |
| Бензол | 0,23 | 0,42 | 0,34 | 0,12 | 0,27 | 0,1 | 2 |
| Водород цианистый | 0,0013 | 0,001 | 0,002 | 0,0006 | 0,001 | 0,001 | 1 |
| Водород фтористый | 0,0036 | 0,003 | 0,0072 | 0,0021 | 0,0026 | 0,005 | 3 |
| Ксилол | 0,16 | 0,19 | 0,26 | 0,21 | 0,22 | 0,2 | 3 |
| Толуол | 0,53 | 0,68 | 0,77 | 0,49 | 0,54 | 0,6 | 3 |
| Бенз(а)пирен, 10 ⁻⁶ | 1,32 | 1,08 | 1,92 | 0,85 | 0,89 | 1,0 | 1 |
| Ртуть, 10 ⁻³ | 0,01 | 0,03 | 0,17 | 0,04 | 0,02 | 0,3 | 1 |
| Свинец, 10 ⁻³ | 0,09 | 0,26 | 0,15 | 0,06 | 0,35 | 0,3 | 1 |

Задача 2. Рассчитайте индекс загрязнения воды рек в трех створах по данным из таблиц 6-8. Сделайте выводы о классе качества воды на каждом створе и охарактеризуйте изменения уровня загрязненности воды рек от створа к створу. Опишите для каждого случая возможные причины таких изменений.

Таблица 6. Среднее содержание загрязняющих веществ в реках Тунгуча и Прость (мг/л)

| Показатели качества | ПДК _{р-х} , мг/л | Средняя концентрация, мг/л | | | | | |
|---------------------|------------------------------|----------------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|
| | | р. Тунгуча | | | р. Прость | | |
| | | створ 1 (фон) | створ 2 | створ 3 | створ 1 (фон) | створ 2 | створ 3 |
| БПК ₅ | 2,0 | 3,15 | 4,28 | 5,47 | 2,19 | 3,29 | 4,22 |
| Взвешенные вещества | фон + 0,75 | 59,4 | 46,5 | 77,0 | 53,7 | 66,5 | 67,0 |
| Фенолы | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,005 | 0,0008 | 0,0004 | 0,0005 |
| Нефтепродукты | 0,05 | 0,22 | 0,27 | 0,52 | 0,18 | 0,17 | 0,12 |
| АПАВ | 0,5 | 0,04 | 0,46 | 0,63 | 0,09 | 0,66 | 0,52 |
| Азот аммонийный | 0,39 | 0,9 | 0,6 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| Азот нитритный | 0,02 | 0,022 | 0,037 | 0,077 | 0,021 | 0,039 | 0,087 |
| Азот нитратный | 9,0 | 0,42 | 0,45 | 0,82 | 0,47 | 0,55 | 0,92 |
| Фосфаты | 0,05 | 0,061 | 0,057 | 0,079 | 0,043 | 0,047 | 0,054 |
| Медь | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 0,016 | 0,003 | 0,004 | 0,006 |
| Формальдегид | 0,01 | 0,02 | 0,065 | 0,1 | 0,004 | 0,008 | 0,011 |
| Железо общее | 0,1 | 0,04 | 0,46 | 0,63 | 0,06 | 0,42 | 0,56 |
| Хлориды | 300,0 | 187,0 | 120,0 | 169,0 | 168,0 | 134,0 | 133,0 |
| ДМФА | 0,05 | 0,038 | 0,044 | 0,085 | 0,019 | 0,054 | 0,072 |
| Бензол | 0,5 | 0,048 | 0,164 | 0,267 | 0,074 | 0,228 | 0,631 |
| Толуол | 0,5 | 0,09 | 0,26 | 0,33 | 0,34 | 0,48 | 0,77 |
| Стирол | 0,1 | 0,022 | 0,056 | 0,065 | 0,032 | 0,041 | 0,098 |
| Метанол | 0,1 | 0,084 | 0,096 | 0,15 | 0,072 | 0,081 | 0,093 |
| Хром 6+ | 0,02 | 0,02 | 0,085 | 0,11 | 0,02 | 0,065 | 0,09 |
| Цинк | 0,01 | 0,021 | 0,062 | 0,105 | 0,013 | 0,059 | 0,078 |

Таблица 7. Среднее содержание загрязняющих веществ в реках Горелка и Толкиш (мг/л)

| Показатели качества | ПДК _{р-х} , мг/л | Средняя концентрация, мг/л | | | | | |
|---------------------|------------------------------|----------------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|
| | | р. Горелка | | | р. Толкиш | | |
| | | створ 1 (фон) | створ 2 | створ 3 | створ 1 (фон) | створ 2 | створ 3 |
| БПК ₅ | 2,0 | 2,18 | 3,06 | 4,09 | 3,17 | 4,24 | 5,41 |
| Взвешенные вещества | фон + 0,75 | 54,0 | 66,5 | 67,3 | 59,8 | 46,9 | 77,2 |
| Фенолы | 0,001 | 0,0008 | 0,0004 | 0,0005 | 0,002 | 0,004 | 0,005 |
| Нефтепродукты | 0,05 | 0,18 | 0,17 | 0,12 | 0,22 | 0,27 | 0,52 |
| АПАВ | 0,5 | 0,09 | 0,66 | 0,52 | 0,04 | 0,46 | 0,6 |
| Азот аммонийный | 0,39 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 0,9 | 0,6 | 1,4 |
| Азот нитритный | 0,02 | 0,021 | 0,039 | 0,087 | 0,02 | 0,037 | 0,077 |
| Азот нитратный | 9,0 | 0,47 | 0,55 | 0,92 | 0,42 | 0,45 | 0,82 |
| Фосфаты | 0,05 | 0,043 | 0,047 | 0,054 | 0,06 | 0,057 | 0,079 |
| Медь | 0,001 | 0,003 | 0,004 | 0,006 | 0,008 | 0,012 | 0,016 |
| Формальдегид | 0,01 | 0,004 | 0,008 | 0,011 | 0,02 | 0,085 | 0,1 |
| Железо общее | 0,1 | 0,04 | 0,46 | 0,6 | 0,04 | 0,46 | 0,6 |
| Хлориды | 300,0 | 287,6 | 308,5 | 596,4 | 287,6 | 308,5 | 596,4 |
| ДМФА | 0,05 | 0,061 | 0,057 | 0,079 | 0,043 | 0,047 | 0,054 |
| Бензол | 0,5 | 0,04 | 0,46 | 0,6 | 0,074 | 0,228 | 0,631 |
| Толуол | 0,5 | 0,04 | 0,46 | 0,6 | 0,34 | 0,48 | 0,77 |
| Стирол | 0,1 | 0,04 | 0,46 | 0,6 | 0,032 | 0,041 | 0,098 |
| Метанол | 0,1 | 0,04 | 0,46 | 0,6 | 0,072 | 0,081 | 0,093 |
| Хром 6+ | 0,02 | 0,027 | 0,045 | 0,081 | 0,019 | 0,054 | 0,072 |
| Цинк | 0,01 | 0,015 | 0,065 | 0,112 | 0,023 | 0,085 | 0,098 |

Таблица 8. Среднее содержание загрязняющих веществ в реках Шешма и Зай (мг/л)

| Показатели качества | ПДК _{р-х} , мг/л | Средняя концентрация, мг/л | | | | | |
|---------------------|------------------------------|----------------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|
| | | р. Шешма | | | р. Зай | | |
| | | створ 1 (фон) | створ 2 | створ 3 | створ 1 (фон) | створ 2 | створ 3 |
| БПК ₅ | 2,0 | 1,85 | 2,08 | 3,17 | 2,18 | 3,26 | 4,09 |
| Взвешенные вещества | фон + 0,75 | 59,4 | 46,5 | 77,0 | 59,4 | 46,5 | 77,6 |
| Фенолы | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,002 | 0,004 | 0,004 |
| Нефтепродукты | 0,05 | 0,22 | 0,23 | 0,45 | 0,23 | 0,32 | 0,43 |
| АПАВ | 0,5 | 0,03 | 0,36 | 0,46 | 0,14 | 0,44 | 0,56 |
| Азот аммонийный | 0,39 | 0,32 | 0,61 | 1,04 | 0,29 | 0,58 | 1,15 |
| Азот нитритный | 0,02 | 0,024 | 0,027 | 0,063 | 0,018 | 0,037 | 0,057 |
| Азот нитратный | 9,0 | 0,42 | 0,45 | 0,82 | 0,42 | 0,45 | 0,82 |
| Фосфаты | 0,05 | 0,06 | 0,057 | 0,079 | 0,06 | 0,057 | 0,079 |
| Медь | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 0,016 | 0,008 | 0,012 | 0,016 |
| Формальдегид | 0,01 | 0,014 | 0,045 | 0,021 | 0,011 | 0,035 | 0,018 |
| Железо общее | 0,1 | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,09 |
| Хлориды | 300,0 | 287,6 | 308,5 | 596,4 | 127,0 | 140,3 | 269,2 |
| ДМФА | 0,05 | 0,017 | 0,035 | 0,104 | 0,028 | 0,055 | 0,061 |
| Бензол | 0,5 | 0,41 | 0,59 | 0,86 | 0,34 | 0,56 | 0,75 |
| Толуол | 0,5 | 0,06 | 0,46 | 0,6 | 0,03 | 0,16 | 0,16 |
| Стирол | 0,1 | 0,07 | 0,27 | 0,31 | 0,05 | 0,26 | 0,35 |
| Метанол | 0,1 | 0,08 | 0,66 | 0,6 | 0,09 | 0,43 | 0,68 |
| Хром 6+ | 0,02 | 0,02 | 0,065 | 0,09 | 0,02 | 0,075 | 0,081 |
| Цинк | 0,01 | 0,02 | 0,025 | 0,031 | 0,02 | 0,035 | 0,048 |

Задача 3. Определите категорию загрязнения почвы населенного пункта химическими веществами по суммарному показателю загрязнения. Дайте характеристику показателей здоровья населения, проживающего на данной территории. Исходные данные о содержании загрязняющих веществ в почве приведены в таблице 9.

Таблица 9. Среднее содержание загрязняющих веществ в почвах населенных пунктов (мг/кг)

| Вариант | Концентрация загрязняющих веществ в почве, мг/кг | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| | Li | Be | S | V | Cr | Co | Ni | Cu | Zn | Cd | Hg | Pb |
| 1 | 10 | - | - | - | - | - | 46 | 112 | 265 | 41 | 0,1 | 130 |
| 2 | - | 5,4 | - | 448 | 1970 | 83 | - | - | - | 18 | 0,6 | 79 |
| 3 | - | - | 6010 | 408 | 1312 | 76 | 342 | 78 | - | - | 0,02 | - |
| 4 | - | - | 3210 | 525 | - | - | 122 | 196 | 28,6 | - | 0,07 | 313 |
| 5 | 61 | 29 | - | 83 | - | 114 | - | - | - | 40 | 0,08 | 305 |
| 6 | 86 | - | - | - | 974 | 78 | 314 | - | 75 | - | 0,8 | 124 |
| 7 | 55 | - | 5208 | 44,8 | 415 | - | 400 | - | 48 | - | 0,09 | - |
| 8 | 88 | - | - | 360 | 785 | 188 | 69 | 92 | - | 1,2 | - | - |
| 9 | - | 19 | 3610 | - | - | - | 57 | - | 114 | 10 | 0,02 | 118 |
| 10 | 116 | 15 | - | - | 2345 | 132 | - | - | 148 | 29 | - | 31 |
| 11 | - | - | 1024 | 345 | 770 | 170 | 64 | 80 | 300 | - | - | - |
| 12 | 121 | 17,5 | 2840 | - | - | - | 52,1 | - | - | 37 | 0,42 | 252 |
| 13 | - | 23 | 2350 | 630 | 1703 | 66 | 250 | - | - | 2,05 | - | - |
| 14 | 108 | - | - | 524 | 1255 | - | - | 44 | 257 | - | 0,03 | 88 |
| 15 | - | 6,92 | - | - | 3207 | 31 | 195 | 230 | 510 | 12 | - | - |
| Фоновые концентрации, мг/кг | | | | | | | | | | | | |
| Все варианты | 23,7 | 1,65 | 722 | 63,5 | 183 | 8,4 | 23,2 | 16,3 | 40,3 | 0,7 | 0,01 | 11,5 |

Задача 4. Определите суммарный показатель антропогенной нагрузки для крупных промышленных городов Республики Татарстан по данным из таблиц 5 и 10 при условии, что города обеспечиваются водой централизованно (индекс загрязнения воды принять равным 0). Предельно допустимые уровни шума в жилых помещениях в дневное время составляют 40 дБА, в ночное – 30 дБА. Сведения о превышениях максимально разовых концентраций загрязнения воздуха не учитывать.

Таблица 10. Показатели шумовой нагрузки в некоторых городах РТ

| Показатели шумовой нагрузки | Города | | | | |
|---|--------|------------|------------|-----------|-------------|
| | Казань | Наб. Челны | Нижнекамск | Чистополь | Альметьевск |
| Средний уровень шума ночью, дБА | 42 | 40 | 38 | 33 | 38 |
| Средний уровень шума днем, дБА | 67 | 61 | 52 | 48 | 56 |
| Доля населения, проживающего в условиях шумового дискомфорта, % | 55 | 51 | 43 | 36 | 44 |

Вопросы для самостоятельной работы

1. Перечислите виды загрязнений, наиболее часто встречающиеся в атмосферном воздухе.
2. Перечислите основные источники загрязнения водных объектов.
3. Перечислите требования к качеству внешней среды при создании городской инфраструктуры.
4. Перечислите основные этапы комплексной оценки состояния окружающей среды средствами геоинформационных систем.
5. Дайте характеристику шуму как физическому фактору окружающей среды.
6. Перечислите основные источники шумового загрязнения территории.
7. Перечислите основные характеристики шума внешних источников.

Список рекомендуемой литературы

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития.- М.: Изд-во РЭА, 1994.
2. Геоэкологическая оценка территории и реабилитация : учебное пособие/под ред. Н.Г.Курамшиной; [Н.Г.Курамшина и др.]: [Электронный ресурс]/Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2021.
3. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика / Под ред. А. П. Хаустова. – М.: РУДН. – 2006.

4. Стурман В.И. Основы экологического картографирования. – Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1995.

Цит. по Геоэкологическая оценка территории и реабилитация: учебное пособие/под ред. Н.Г.Курамшиной; [Н.Г.Курамшина и др.]: [Электронный ресурс]/Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2021.

ТЕМА 2

РАСЧЕТ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЕЕ СОСТОЯНИЕ

Цель работы: Изучить существующие методы расчета комплексных показателей экологического состояния территорий. Знать общие цели расчета комплексных показателей и их характеристику, уметь применять их при решении практических заданий.

Теоретическая часть. Для сравнительного анализа экологического состояния среды и уровня антропогенного воздействия на нее часто пользуются комплексными показателями, характеризующими ее отдельные блоки: население, производственный потенциал, экосистемы, антропогенное воздействие.

Эти показатели могут иметь самостоятельное значение, и вместе с тем могут быть связаны между собой. Мощность техногенных потоков влияет на экологическую поражаемость населения и состояние экосистем, а объем затрат на экологическую безопасность непосредственно связан с численностью населения и производственным потенциалом территории (Демаков, 2000).

Таким образом, указанные показатели находятся в одном информационном поле и допускают перекрестный контроль состояния территории. Применение этих показателей оценки позволяет определить основные направления экологической политики.

Кроме того, такие показатели как индексы устойчивости экосистем (ИУЭ), превышения предельно допустимой техногенной нагрузки (ПДТН), индекса демографической напряженности (ИДН) используются в качестве критериев экологической безопасности территорий.

Количественное выражение плотности и поражаемости населения территории осуществляется с помощью нескольких показателей и их относительной значимости. Численные значения (коэффициенты) эмпирически подобраны на основании сопоставления демографических характеристик и заболеваемости в нескольких контрастных по этим параметрам территориях (Кочуров, 1999).

Для количественных расчетов критерий обозначен как *индекс демографической напряженности (ИДН)*. Фактическая величина ИДН для конкретной территории рассчитывается по формуле

$$ИДН = Y \cdot \lg p (0,1Z - 2P + C) \cdot C_D^2 \cdot \mu \quad (8)$$

где Y – степень урбанизации территории: доля площади территории (от 0 до 1), занятая застройкой городского типа, промышленными объектами и

коммуникациями; p – плотность населения, чел./км²; Z – общая годовая заболеваемость населения (на 1000 чел.); P – рождаемость (на 1000 чел.); C – общая смертность (на 1000 чел.); C_d – детская смертность (на 1000 чел.); $\mu = 10^{-4}$, масштабный множитель, при котором ИДН = 1.

Если сравниваемые территории характеризуются близкими значениями плотности населения, общей заболеваемости и степени урбанизации можно пользоваться для расчета ИДН упрощенной формулой:

$$\text{ИДН} = ((16 - 2P + C) / 5000) \cdot C_d^2 \quad (9)$$

Производственный потенциал территории можно оценить путем расчета **индекса промышленной нагрузки (ИПН)**, выраженного через годовой объем производства Π , среднегодовые основные производственные фонды промышленности Φ и площадь урбанизированной территории T_y .

$$\text{ИПН} = (\Pi + \Phi) / T_y \quad (10)$$

Устойчивость экосистем сопряжена с климатическими факторами и водным режимом территории. Энергетическое выражение **индекса устойчивости экосистем (ИУЭ)** рассчитывается по формуле:

$$\text{ИУЭ} = \text{ПБМ}_3 \cdot \frac{\text{УБП}_3}{R_n} \quad (11)$$

где ПБМ_3 – энергетическое выражение плотности размещения биомассы; УБП_3 – энергетическое выражение удельной биопродуктивности; R_n – энергия поглощенной радиации (Коротченко, 2021).

Поглощенная солнечная радиация – часть суммарной солнечной радиации, которая поглощается земной поверхностью и идет на нагревание верхних слоев почвы, воды, снежного покрова. Перевод значений сухого вещества фитомассы и ее продукции в их энергетические выражения осуществляется путем умножения их на коэффициент 15275 МДж/т (1 тонна сухого вещества фитомассы соответствует в среднем 15275 МДж) (Методические..., 2002).

Данный индекс отражает степень устойчивости наземных экологических систем к воздействию антропогенных факторов. Чем ближе значения индекса к единице, тем более устойчивы наземные экосистемы, и наоборот. Природные комплексы территорий по степени устойчивости к антропогенным воздействиям могут быть проранжированы от неустойчивых до высокоустойчивых (табл.11).

Эргодемографический индекс (ЭДИ). Такой энергетический подход используется для сравнения природных и производственных потенциалов территории, так как вариабельность природно-производственных комплексов в значительной мере определяется, с одной стороны, плотностью населения и техногенной насыщенностью территории, а с другой, — принадлежностью к природно-климатической зоне. ЭДИ рассчитывается по формуле:

$$ЭДИ = 1 + \frac{0,01 \cdot \rho \cdot \varepsilon}{\rho_0 \cdot R_c \cdot S} \quad (12)$$

где ρ – плотность населения территории, чел/км²;

ρ_0 – средняя плотность населения страны (для РФ – 8,5 чел/км²);

R_c – суммарная солнечная радиация на данной территории, ккал/см²год;

S – площадь территории, км²;

ε – общий расход топлива, горючего и топливных эквивалентов электроэнергии в территории, тут/год (тут – тонна условного топлива, соответствующая примерно количеству тепла, выделяемого при сгорании одной тонны высококачественного каменного угля, 1 тут = 29,3 • 10⁹ Дж).

В свою очередь, ε рассчитывается по формуле

$$\varepsilon = 123Э + 143T + 0,85U + 1,1Г + 1,5Ж + 0,38Д \quad (13)$$

где $Э$ – потребление на территории электроэнергии, полученной от местных нетопливных источников (ГЭС, АЭС) или импортированной из соседних территорий (млн. кВт·ч/год); T – импортированная тепловая энергия (тыс. Гкал/год); U – сжигание угля в топках на территории (т/год); $Г$ – сжигание газа (тыс. м³/год); $Ж$ – сжигание жидкого топлива (мазут, дизтопливо, бензин и др.) стационарными и мобильными потребителями (т/год); $Д$ – сжигание растительного топлива и торфа (т/год).

Таблица 11. Классификация экосистем по степени устойчивости

| Класс устойчивости экосистем | Индекс устойчивости экосистем |
|------------------------------|-------------------------------|
| Неустойчивые | до 0,10 |
| Слабоустойчивые | 0,11 - 0,20 |
| Умеренно устойчивые | 0,21 - 0,30 |
| Среднеустойчивые | 0,31 - 0,40 |
| Высокоустойчивые | более 0,40 |

В зависимости от конкретных условий ЭДИ может варьировать в пределах нескольких порядков, что позволяет довольно отчетливо

классифицировать различные территориальные комплексы. В таблице 12 представлена классификация территорий, основанная на таком подходе (Методические..., 2002).

Таблица 12. Типы эколого-экономических систем и эргодемографические индексы территорий с различной степенью хозяйственного освоения

| Тип ЭЭС | Краткое описание территориального комплекса | ЭДИ |
|---------|--|----------|
| 1 | Заповедники, государственные природные заказники, национальные парки; малонаселенные хозяйственно неосвоенные территории | 0-5 |
| 2 | Районы без крупных населенных пунктов, лесное и сельское хозяйство, имеются значительные площади непреобразованных ландшафтов | 5-10 |
| 3 | Небольшие города и поселки с перерабатывающей промышленностью местного значения: в окрестностях - сельскохозяйственные территории с преобладанием площади агроценозов | 10-50 |
| 4 | Преимущественно аграрные или лесохозяйственные территории с наличием единичных крупных объектов энергетики, добывающей или перерабатывающей промышленности; вахтовые поселки | 50-100 |
| 5 | Средний город с крупными промышленными предприятиями небольшого числа отраслей и с отчетливым функциональным зонированием территории; в окружении аграрного или аграрно-лесного ландшафта | 100-300 |
| 6 | Крупный город с многоотраслевым промышленным узлом, интенсивными транспортными магистралями в окружении лесного или аграрно-лесного ландшафта | 300-500 |
| 7 | Очень крупный промышленный центр с большой концентрацией различных отраслей индустрии и транспорта, без отчетливого зонирования территории и с индустриально преобразованным окружающим ландшафтом | 500-1000 |

Примечание. Классификация относится к территориям с площадью от 500 до 2000 км² (Методические..., 2002).

Практические задания

Задача 1. Рассчитайте индексы демографической напряженности (ИДН) и устойчивости экосистем (ИУЭ) для трех вариантов, представленных в таблице 13.

Таблица 13. Варианты заданий к расчету ИДН и ИУЭ

| № | Параметры | Варианты | | | | | |
|---|-----------|----------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | | | | |

| Структура территории | | | | | | | |
|-----------------------------|--|------------|--------|--------|--------|------------|--------|
| 1 | Общая площадь, км ² | 222,3 | 1670,8 | 781,4 | 2161,1 | 802,3 | 1726,3 |
| 2 | Селитебные, транспортные и промзоны, км ² | 49,6 | 188,8 | 248,5 | 248,5 | 123,6 | 110,5 |
| 3 | Леса и насаждения, км ² | 71,6 | 524,6 | 190,7 | 1004,9 | 273,6 | 944,4 |
| 4 | Сельскохозяйственные земли, км ² | 70,5 | 902,0 | 312,5 | 721,8 | 318,5 | 600,6 |
| Население | | | | | | | |
| 5 | Население, тыс. чел. | 342,6 7 | 55,91 | 159,13 | 157,17 | 124,5 4 | 106,08 |
| 6 | Процент городского населения, % | 95,2 | 48,6 | 77,0 | 65,2 | 70,8 | 73,7 |
| 7 | Рождаемость, на 1000 чел. | 9,4 | 11,1 | 11,8 | 10,5 | 9,8 | 1-1,4 |
| 8 | Смертность, на 1000 чел. | 10,8 | 13,7 | 11,7 | 12,7 | 11,2 | 15,7 |
| 9 | Детская смертность, на 1000 чел. | 14,9 | 16,0 | 15,9 | 18,8 | 11,1 | 14,0 |
| 10 | Общая заболеваемость, на 1000 чел. | 920 | 960 | 950 | 980 | 890 | 970 |
| Энергетика | | | | | | | |
| 11 | Годовое потребление энергии, тыс. туг* | 563 | 90 | 5238 | 616 | 251 | 257 |
| Экосистемы | | | | | | | |
| 12 | Среднегодовая фитомасса (сухое в-во), тыс. т | 933 | 6897 | 2656 | 12349 | 3606 | 13855 |
| 13 | Продукция фитомассы, тыс. т/год | 96 | 880 | 342 | 1221 | 374 | 1293 |
| 14 | Поглощенная радиация, ПДж/год ** | 577 | 4177 | 2030 | 5402 | 2085 | 4660 |
| Воздушная среда | | | | | | | |
| 15 | Биопродукция O ² , тыс. т/год | 109 | 1000 | 388 | 1387 | 425 | 1469 |

| | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|------|------|--------|------|------|------|
| 16 | Потребление O ² , тыс. т/год | 1192 | 197 | 11360 | 1315 | 546 | 568 |
| 17 | Выбросы аэрополлютантов, тыс. т/год | 14,6 | 1,8 | 1507,2 | 38,6 | 3,7 | 6,3 |
| Водная среда | | | | | | | |
| 18 | Речной сток и проток, млн. м ³ /год | 40 | 624 | 2243 | 1477 | 212 | 275 |
| 19 | Объем поверхностных вод, км ³ | 0,05 | 0,64 | 1,82 | 1,25 | 0,23 | 0,26 |
| 20 | Водозабор, млн. м ³ /год | 34 | 19 | 79 | 37 | 22 | 22 |
| 21 | Загрязненные стоки, млн. м ³ /год | 1 | 6 | 39 | 21 | 15 | 2 |
| Климатические характеристики | | | | | | | |
| 22 | Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² ·год | 70 | 76 | 88 | 78 | 85 | 94 |
| 23 | Радиационный баланс, ккал/см ² ·год | 28 | 34 | 40 | 29 | 35 | 42 |
| 24 | Годовое количество осадков, мм | 500 | 630 | 680 | 650 | 540 | 570 |
| 25 | Средняя скорость ветра, м/с | 2,3 | 3,8 | 4,5 | 2,0 | 4,6 | 3,7 |

| № | Параметры | Варианты | | | | | |
|-----------------------------|--|----------|-------|--------|-------|--------|--------|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Структура территории | | | | | | | |
| 1 | Общая площадь, км ² | 2000,1 | 954,7 | 1294,5 | 628,5 | 1985,2 | 1098,8 |
| 2 | Селитебные, транспортные и промзоны, км ² | 268,1 | 78,3 | 173,4 | 106,2 | 131,0 | 183,5 |
| 3 | Леса и насаждения, км ² | 870,0 | 103,1 | 639,5 | 52,1 | 823,8 | 287,9 |
| 4 | Сельскохозяйственные земли, км ² | 692,0 | 697,9 | 372,8 | 441,8 | 1015,2 | 536,2 |
| Население | | | | | | | |
| 5 | Население, тыс. чел. | 239,70 | 45,38 | 126,35 | 79,52 | 143,24 | 207,71 |
| 6 | Процент городского населения, % | 78,5 | 39,9 | 55,9 | 75,9 | 77,7 | 80,6 |
| 7 | Рождаемость, на 1000 чел. | 11,5 | 12,9 | 10,1 | 10,1 | 10,8 | 10,2 |
| 8 | Смертность, на 1000 чел. | 10,9 | 14,4 | 11,7 | 12,6 | 13,8 | 12,8 |
| 9 | Детская смертность, на 1000 чел. | 20,6 | 6,8 | 13,3 | 11,2 | 16,7 | 18,9 |
| 10 | Общая заболеваемость, на 1000 чел. | 1010 | 890 | 920 | 930 | 989 | 1008 |
| Энергетика | | | | | | | |
| 11 | Годовое потребление энергии, тыс. туг* | 933 | 79 | 255 | 3821 | 440 | 2814 |
| Экосистемы | | | | | | | |
| 12 | Среднегодовая фитомасса (сухое в-во), тыс. т | 11868 | 1758 | 7873 | 941 | 10263 | 3895 |
| 13 | Продукция фитомассы, тыс. т/год | 1127 | 497 | 734 | 304 | 1179 | 553 |
| 14 | Поглощенная радиация, ПДж/год ** | 5000 | 2626 | 3237 | 1695 | 4764 | 2967 |

| Воздушная среда | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|------|------|------|-------|------|-------|
| 15 | Биопродукция O ² , тыс. т/год | 1280 | 564 | 833 | 345 | 1339 | 628 |
| 16 | Потребление O ² , тыс. т/год | 2088 | 177 | 543 | 11920 | 985 | 6275 |
| 17 | Выбросы аэрополлютантов, тыс. т/год | 14,8 | 0,8 | 3,7 | 212,6 | 22,4 | 178,7 |
| Водная среда | | | | | | | |
| 18 | Речной сток и проток, млн. м ³ /год | 388 | 4800 | 574 | 3746 | 715 | 2440 |
| 19 | Объем поверхностных вод, км ³ | 0,38 | 2,73 | 0,62 | 1,84 | 0,57 | 1,22 |
| 20 | Водозабор, млн. м ³ /год | 55 | 12 | 28 | 839 | 40 | 66 |
| 21 | Загрязненные стоки, млн. м ³ /год | 36 | 6 | 19 | 16 | 33 | 1 |
| Климатические характеристики | | | | | | | |
| 22 | Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² ·год | 70 | 77 | 86 | 98 | 78 | 83 |
| 23 | Радиационный баланс, ккал/см ² ·год | 29 | 32 | 38 | 42 | 30 | 38 |
| 24 | Годовое количество осадков, мм | 600 | 500 | 700 | 630 | 550 | 640 |
| 25 | Средняя скорость ветра, м/с | 2,0 | 3,1 | 2,5 | 4,2 | 2,4 | 4,3 |

| № | Параметры | Варианты | | | | | |
|-----------------------------|--|----------|------------|-------|--------|-------|--------|
| | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Структура территории | | | | | | | |
| 1 | Общая площадь, км ² | 282,1 | 481,1 | 974,8 | 1317,2 | 329,8 | 2580,0 |
| 2 | Селитебные, транспортные и промзоны, км ² | 66,6 | 107,3 | 53,6 | 212,0 | 63,6 | 242,5 |
| 3 | Леса и насаждения, км ² | 66,0 | 127,5 | 167,7 | 367,5 | 47,2 | 1055,2 |
| 4 | Сельскохозяйственные земли, км ² | 110,3 | 163,4 | 671,9 | 578,2 | 117,1 | 1196,1 |
| Население | | | | | | | |
| 5 | Население, тыс. чел. | 142,38 | 129,6 3 | 18,55 | 65,78 | 357,2 | 73,20 |
| 6 | Процент городского населения, % | 82,5 | 46,2 | 48,5 | 62,5 | 97,3 | 47,3 |
| 7 | Рождаемость, на 1000 чел. | 10,2 | 9,7 | 13,9 | 10,6 | 9,5 | 11,1 |
| 8 | Смертность, на 1000 чел. | 11,0 | 12,7 | 12,7 | 13,1 | 11,6 | 14,2 |
| 9 | Детская смертность, на 1000 чел. | 13,1 | 14,4 | 11,7 | 21,4 | 10,9 | 12,3 |
| 10 | Общая заболеваемость, на 1000 чел. | 1015 | 925 | 895 | 945 | 987 | 928 |
| Энергетика | | | | | | | |
| 11 | Годовое потребление энергии, тыс. туг* | 275 | 308 | 70 | 97 | 6259 | 90 |
| Экосистемы | | | | | | | |
| 12 | Среднегодовая фитомасса (сухое в-во), тыс. т | 854 | 1653 | 2285 | 5131 | 636 | 13323 |
| 13 | Продукция фитомассы, тыс. т/год | 107 | 183 | 422 | 715 | 98 | 1454 |
| 14 | Поглощенная радиация, ПДж/год ** | 733 | 1250 | 2340 | 3687 | 858 | 6450 |

| Воздушная среда | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|------|------|------|------|-----------|------|
| 15 | Биопродукция O ² , тыс. т/год | 121 | 208 | 479 | 812 | 111 | 1652 |
| 16 | Потребление O ² , тыс. т/год | 607 | 698 | 157 | 220 | 1946 5 | 207 |
| 17 | Выбросы аэрополлютантов, тыс. т/год | 4,5 | 64,8 | 0,6 | 2,5 | 377,0 | 0,2 |
| Водная среда | | | | | | | |
| 18 | Речной сток и проток, млн. м ³ /год | 1092 | 470 | 583 | 6008 | 678 | 1150 |
| 19 | Объем поверхностных вод, км ³ | 0,95 | 0,51 | 0,72 | 3,42 | 0,84 | 1,24 |
| 20 | Водозабор, млн. м ³ /год | 27 | 19 | 32 | 17 | 31 | 13 |
| 21 | Загрязненные стоки, млн. м ³ /год | 2 | 3 | 2 | 6 | 17 | 7 |
| Климатические характеристики | | | | | | | |
| 22 | Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² ·год | 92 | 71 | 87 | 93 | 85 | 78 |
| 23 | Радиационный баланс, ккал/см ² ·год | 41 | 28 | 36 | 42 | 35 | 30 |
| 24 | Годовое количество осадков, мм | 670 | 500 | 560 | 710 | 620 | 570 |
| 25 | Средняя скорость ветра, м/с | 3,3 | 2,6 | 3,5 | 2,9 | 4,0 | 3,8 |

| № | Параметры | Варианты | | | | | |
|-----------------------------|--|----------|--------|------------|--------|-------|--------|
| | | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Структура территории | | | | | | | |
| 1 | Общая площадь, км ² | 465,1 | 1906,9 | 928,0 | 1284,8 | 526,3 | 1765,2 |
| 2 | Селитебные, транспортные и промзоны, км ² | 126,0 | 358,5 | 280,2 | 328,9 | 44,7 | 323,0 |
| 3 | Леса и насаждения, км ² | 224,6 | 867,6 | 303,4 | 567,9 | 65,8 | 703,2 |
| 4 | Сельскохозяйственные земли, км ² | 91,6 | 675,0 | 282,1 | 370,0 | 399,5 | 524,3 |
| Население | | | | | | | |
| 5 | Население, тыс. чел. | 330,30 | 172,13 | 243,9 7 | 276,92 | 40,24 | 269,05 |
| 6 | Процент городского населения, % | 91,3 | 60,8 | 83,6 | 66,9 | 70,6 | 78,0 |
| 7 | Рождаемость, на 1000 чел. | 8,9 | 10,6 | 10,7 | 9,0 | 11,9 | 11,1 |
| 8 | Смертность, на 1000 чел. | 11,3 | 11,8 | 12,8 | 10,5 | 15,2 | 14,2 |
| 9 | Детская смертность, на 1000 чел. | 12,5 | 14,2 | 17,2 | 9,0 | 14,7 | 15,1 |
| 10 | Общая заболеваемость, на 1000 чел. | 994 | 972 | 1012 | 903 | 930 | 968 |
| Энергетика | | | | | | | |
| 11 | Годовое потребление энергии, тыс. туг* | 1390 | 378 | 1055 | 433 | 79 | 543 |
| Экосистемы | | | | | | | |
| 12 | Среднегодовая фитомасса (сухое в-во), тыс. т | 2725 | 10967 | 3849 | 7194 | 1038 | 10346 |
| 13 | Продукция фитомассы, тыс. т/год | 210 | 1107 | 409 | 630 | 230 | 941 |
| 14 | Поглощенная радиация, ПДж/год ** | 1206 | 4958 | 2320 | 3341 | 1420 | 4589 |

| Воздушная среда | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|
| 15 | Биопродукция O ² , тыс. т/год | 238 | 1258 | 465 | 738 | 261 | 1069 |
| 16 | Потребление O ² , тыс. т/год | 3170 | 844 | 2315 | 933 | 179 | 1284 |
| 17 | Выбросы аэрополлютантов, тыс. т/год | 56,3 | 11,9 | 74,8 | 7,0 | 1,2 | 13,9 |
| Водная среда | | | | | | | |
| 18 | Речной сток и проток, млн. м ³ /год | 544 | 1025 | 1209 | 1573 | 6182 | 515 |
| 19 | Объем поверхностных вод, км ³ | 0,56 | 0,92 | 1,12 | 1,58 | 3,67 | 0,68 |
| 20 | Водозабор, млн. м ³ /год | 44 | 30 | 119 | 54 | 16 | 64 |
| 21 | Загрязненные стоки, млн. м ³ /год | 20 | 17 | 58 | 15 | 2 | 56 |
| Климатические характеристики | | | | | | | |
| 22 | Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² ·год | 83 | 92 | 71 | 86 | 92 | 96 |
| 23 | Радиационный баланс, ккал/см ² ·год | 37 | 40 | 31 | 38 | 40 | 42 |
| 24 | Годовое количество осадков, мм | 660 | 610 | 580 | 570 | 700 | 600 |
| 25 | Средняя скорость ветра, м/с | 4,3 | 3,8 | 2,6 | 3,6 | 2,9 | 4,1 |

Задача 2. Пользуясь данными Федеральной службы государственной статистики по РТ, схемами территориального планирования муниципальных районов РТ и генеральными планами населенных пунктов, заполните таблицы 12-13 исходными данными по динамике площадей урбанизированных территорий и годового объема промышленного производства для указанных муниципальных образований и рассчитайте индекс промышленной нагрузки (ИПН) в разрезе Республики Татарстан и ее административных районов. Постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Таблица 12. Площадь урбанизированной территории, км²

| Территория | Годы | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
| Республика Татарстан | | | | | |
| Лаишевский район | | | | | |
| Тукаевский район | | | | | |
| Зеленодольский район | | | | | |
| Альметьевский район | | | | | |
| Сармановский район | | | | | |
| Нурлатский район | | | | | |
| Буинский район | | | | | |
| Ютазинский район | | | | | |
| Балтасинский район | | | | | |
| Арский район | | | | | |
| Чистопольский район | | | | | |
| Пестречинский район | | | | | |
| Тюлячинский район | | | | | |
| Новошешминский район | | | | | |
| Актанышский район | | | | | |

Таблица 13. Годовой объем промышленного производства, млн. руб.

| Территория | Годы | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
| Республика Татарстан | | | | | |
| Лаишевский район | | | | | |
| Тукаевский район | | | | | |
| Зеленодольский район | | | | | |
| Альметьевский район | | | | | |
| Сармановский район | | | | | |
| Нурлатский район | | | | | |
| Буинский район | | | | | |
| Ютазинский район | | | | | |
| Балтасинский район | | | | | |
| Арский район | | | | | |
| Чистопольский район | | | | | |
| Пестречинский район | | | | | |
| Тюлячинский район | | | | | |
| Новошешминский район | | | | | |
| Актанышский район | | | | | |

Задача 3. Рассчитайте эргодемографический индекс и определите тип природно-антропогенной системы (табл.12) для трех вариантов, представленных в табл. 13. Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы. Принять среднюю плотность населения страны равной 8,5 чел/км².

Вопросы для самостоятельной работы

1. Как различаются примеси, загрязняющие природные воды?
2. Какими группами показателей характеризуется качество воды водоемов?
3. Что такое ПДК_в, ПДК_{рх}, их единица измерения, особенности установления?
4. Что такое ориентировочный допустимый уровень химического вещества в воде?
5. Что такое гидрохимический индекс загрязнения воды и как он рассчитывается?

Список рекомендуемой литературы

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. Промышленно-транспортная экология: учебник для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко; под ред. В. Н. Луканина. – Москва: Высш. шк., 2001. – 273 с.
3. 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.

Цит. по Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология: учебник для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко; под ред. В. Н. Луканина. – Москва: Высш. шк., 2001. – 273 с.

ТЕМА 3

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

Цель работы: Изучить существующие подходы к оценке техногенного загрязнения среды.

Теоретическая часть. Техногенное загрязнение — загрязнение природной среды под воздействием производственной деятельности человека. Различают химические, физические (тепловые, радиационные, шумовые, вибрационные, электромагнитные), механические, биологические, информационные и другие виды загрязнений. Влияние деятельности человека на природу ощущается практически везде. Источники техногенного загрязнения разнообразны и определяются спецификой промышленных предприятий (Луканин, 2001).

Любая оценка техногенного воздействия на окружающую среду имеет смысл лишь в контексте изменений ее качества, влияющего на биосферу и здоровье человека. Правильная оценка такого воздействия является первым шагом в разработке адекватных мер предотвращения или уменьшения нежелательного уровня такого воздействия. Общая схема оценки техногенного воздействия на окружающую среду представлена на рис.1 (Коротченко, 2021).

Антропогенное воздействие на воздушный бассейн включает выбросы вредных веществ в атмосферу и изъятие кислорода. Оценку воздействия предлагается проводить с помощью *индекса загрязнения воздуха (ИЗ_{воз})*, используемого для сравнения территорий. ИЗ_{воз} определяется по формуле:

$$ИЗ_{воз} = 0,001 \left(\frac{P_0}{B_0} + \frac{A}{T} \right) \quad (14)$$

где P_0 — энергетическое потребление кислорода в территории (тыс. т/год), B_0 — биопродукция кислорода на территории (тыс. т/год), A — годовая сумма вредных выбросов в атмосферу от стационарных источников (т/год), T — площадь территории (км²).

Воспроизводство кислорода растительным покровом (биопродукция кислорода) территории рассчитывается по формуле:

$$B_0 = 1,45 (S_{лес} * P_{лес} + S_{с/х} * P_{с/х} + S_{паст} * P_{паст} + S_{ГЗН} * P_{ГЗН}) \quad (15)$$

где $S_{лес}$ — площадь лесов, $S_{с/х}$ — площадь сельхозугодий, $S_{паст}$ — площадь пастбищ, $S_{ГЗН}$ — площадь городских зеленых насаждений, $P_{лес}$ — продуктивность лесов (10–15 т/га в год), $P_{с/х}$ — продуктивность сельхозугодий (5–6 т/га в год), $P_{паст}$ — продуктивность пастбищ (4–5 т/га в год), $P_{ГЗН}$ — продуктивность городских зеленых насаждений (0,8–1 т/га в год), 1,45 — коэффициент перевода биопродуктивности к свободному кислороду.

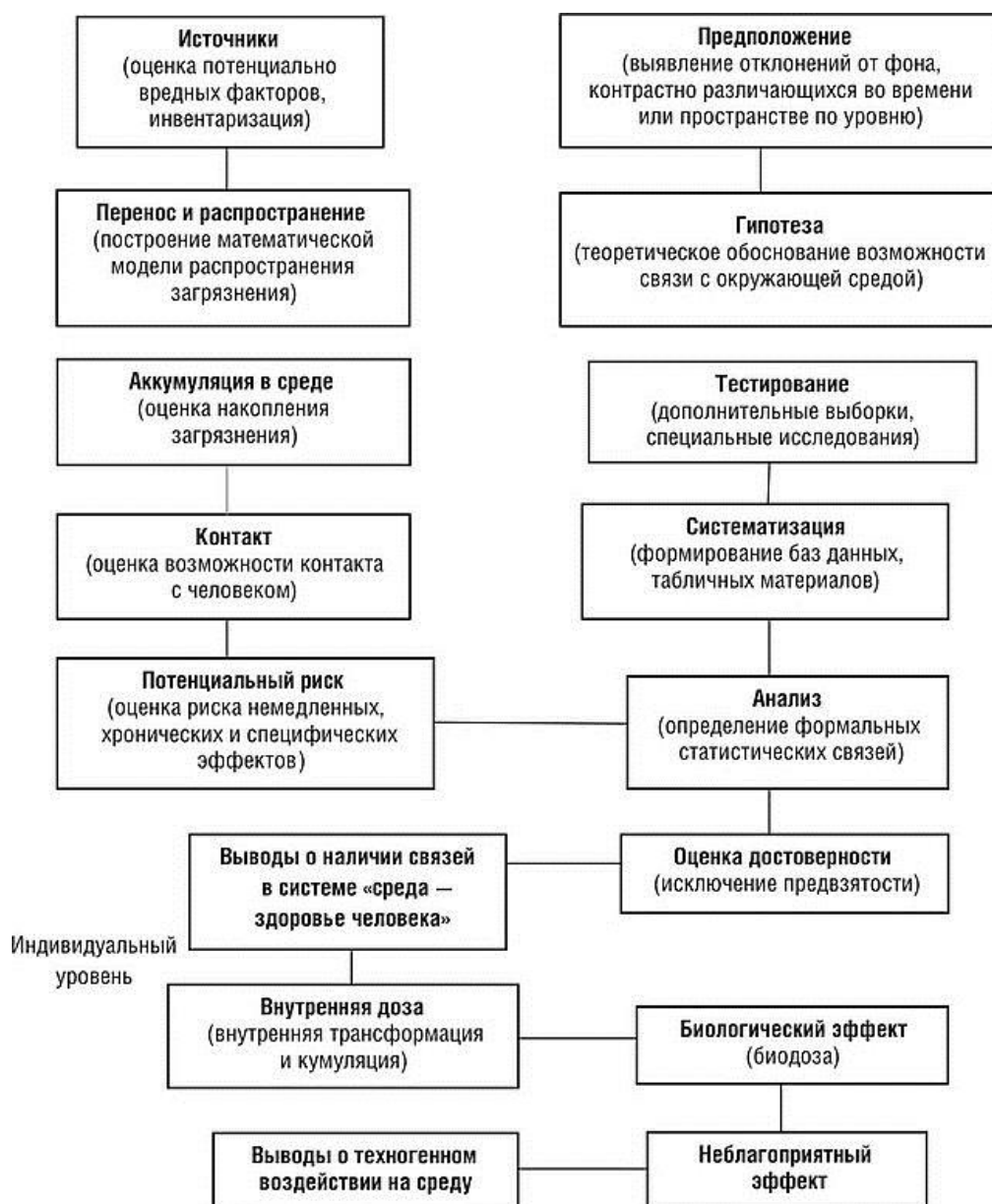


Рис.1 Общая схема оценки техногенного риска.

Формула 15 учитывает расход кислорода флорой и фауной изучаемой территории.

Расход кислорода населением и хозяйством рассчитывается по следующей формуле:

$$P_0 = 2N * P_q + Z * P_n * 365 \quad (16)$$

где 2—коэффициент, учитывающий потребление кислорода автотранспортом и коммунальными службами N — численность населения или демографическая емкость территории, P_q — потребление кислорода одним человеком (0,26 т/год), Z — объем выпуска продукции предприятиями (ед./сутки), P_n — потребление кислорода при выпуске единицы продукции.

Сравнив значения B_0 и P_0 , можно сделать вывод о достаточности репродуктивной способности территории по кислороду и выявить

компенсирует ли рассматриваемая территория при данном уровне населения и развитии хозяйства потери кислорода (Методические..., 2002).

Воздействие на водные объекты оценивается с помощью **индекса техногенной нагрузки на водные ресурсы (ИН_{вод})**:

$$ИН_{вод} = 0,059 \cdot K \cdot M \quad (17)$$

где K – доля изъятия при водозаборе годового дебета природных вод территории – речного стока и протока (в долях единицы), M – годовой объем загрязненных стоков (млн. м³) (Коротченко, 2021).

Практические задания

Задача 1. Рассчитайте индекс загрязнения воздуха (ИЗ_{воз}) и индекс техногенной нагрузки на водные ресурсы (ИН_{вод}) для трех вариантов, представленных в табл. 13. Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Задача 2. Пользуясь данными Федеральной службы государственной статистики по РТ, схемами территориального планирования муниципальных районов РТ, генеральными планами населенных пунктов и материалами из ежегодных Государственных докладов о состоянии окружающей среды в Республике Татарстан, заполните таблицу 14 исходными данными по продукции и потреблению кислорода для территорий указанных муниципальных образований и определите репродуктивную способность территории по кислороду, сделав вывод о ее достаточности или недостаточности. Спрогнозируйте дальнейшее экономическое и экологическое развитие территорий.

Таблица 14. Исходные данные для расчета репродуктивной способности территории по кислороду

| Территория | Площади продукции O ₂ , км ² | | | | Показатели потребления O ₂ | | |
|------------------|--|--------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| | площадь лесов | площадь с/х угодий | площадь пастбищ | площадь городских зеленых насаждений | численность населения, тыс.чел | объем пром.выпуска продукции, ед. | потребление O ₂ при выпуске ед.продукции |
| Тетюшский район | | | | | | | |
| Лаишевский район | | | | | | | |
| Тукаевский район | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Зеленодольский район | | | | | | | |
| Альметьевский район | | | | | | | |
| Сармановский район | | | | | | | |
| Нурлатский район | | | | | | | |
| Буинский район | | | | | | | |
| Ютазинский район | | | | | | | |
| Балтасинский район | | | | | | | |
| Арский район | | | | | | | |
| Чистопольский район | | | | | | | |
| Пестречинский район | | | | | | | |
| Тюлячинский район | | | | | | | |
| Новошешминский район | | | | | | | |
| Актанышский район | | | | | | | |

Вопросы для самостоятельной работы

1. Перечислите основные этапы комплексной оценки состояния окружающей среды средствами геоинформационных систем.
2. Какие климатические параметры и режимы учитываются при планировке и застройке городских поселений, проектировании зданий и сооружений?
3. Какими метеорологическими факторами определяется рассеивание примесей и аэрозолей в воздухе?

Список рекомендуемой литературы

1. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. — Новороссийск: ЗАО «НИПИОТСТРОМ», 2000. — 38 с.
2. Серeda Л.О. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почвенного покрова промышленных городов / Л.О. Серeda, С.А. Куролап, Л.А. Яблонских. - Воронеж: Издательство «Научная книга», 2018. – 196 с.
3. Урбoэкология и мониторинг [Электронный ресурс]: учебное пособие/И. С. Коротченко; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2021. – 159 с.

Цит. по Урбoэкология и мониторинг [Электронный ресурс]: учебное пособие/И. С. Коротченко; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2021. – 159 с.

ТЕМА 4

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ТЕРРИТОРИИ

Цель работы: Получение практических навыков определения показателей экологической емкости территорий.

Теоретическая часть. Понятие емкости территории используется при проектировании хозяйственного освоения и заселения территорий, для регламентации хозяйственной деятельности с целью обеспечения совместимости ее с окружающей средой (экологического равновесия). Экологическое равновесие наблюдается в том случае, если соблюдаются предельно допустимые антропогенные нагрузки на окружающую природную среду, которые устанавливаются через емкость территории.

Полная экологическая емкость территории — количественная способность ландшафта удовлетворять потребности населенных мест без нарушения экологического равновесия. Она определяется, во-первых, объемами основных природных резервуаров - воздушного бассейна, совокупностью водоемов и водотоков, земельных площадей и запасов почв, биомассы флоры и фауны, во-вторых, мощностью потоков биогеохимического круговорота, обновляющих содержимое этих резервуаров, скоростью местного атмосферного газообмена, пополнением объемов чистой воды, процессов почвообразования и продуктивности биоты (Акимова, 2000).

В экологическую емкость территории входят:

- демографическая емкость,
- репродуктивный потенциал биоты,
- экологическая техноемкость территории (Кочуров, 1999).

Демографическая емкость территории – максимальное количество жителей, которые могут проживать на определенной территории при условии обеспечения потребностей населения и сохранения экологического равновесия. Демографическая емкость оценивается по наличию земель, пригодных для промышленного и гражданского строительства, водных и рекреационных ресурсов, по условиям организации пригородной агропромышленной базы.

Демографическая емкость определяется исходя из наименьшего значения частных демографических емкостей. Сравнив соотношение частных демографических емкостей территории (D_1 - D_6), определяют наименьшую из них, являющуюся лимитирующей, значение которой определяет экологически оптимальное число жителей для данной территории.

Частные демографические емкости:

1. По наличию территории:

$$D_{T1} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \cdot 1000}{H} \quad (18)$$

где D_{T1} – частная демографическая емкость, S_i – территория, имеющая наиболее благоприятные условия для проживания, га, H – потребность в территории для 1000 жителей в зависимости от характера производственной базы (для сельскохозяйственных зон с высокой потребностью в частных наделах H составляет 30-40 га, для промышленных районов $H = 20-30$ га).

2. По обеспеченности водными ресурсами D_w (складывается из запасов подземных и поверхностных вод):

$$D_w = D_2 + D_3 \quad (19)$$

где D_2 – частная демографическая емкость по запасам поверхностных вод, чел., D_3 – то же по запасам подземных.

$$D_2 = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \cdot K \cdot 1000}{B_{нов}} \quad (20)$$

$$D_3 = \sum_{i=1}^n \frac{E_i \cdot S_i \cdot 1000}{B_{подз}} \quad (21)$$

где Q – сумма расходов воды в водотоках на входе в территорию, м³/сут, K – коэффициент разбавления сточных вод водой (для северных районов – 0,1, для южных – 0,25), $B_{нов.}$ – нормативная обеспеченность водой поверхностных источников 1 тыс. жителей в сутки на нужды бытовые, производственные, рекреационные, принимается в пределах 1000-2000 м³/сут (в сельскохозяйственных районах с большим числом индивидуальных хозяйств $B = 2000$ м³/сут), E – эксплуатационный модуль подземного стока, м³/(сут*га), S – площадь территории, га, $B_{подз.}$ – нормативная водообеспеченность подземными водами 1 тыс. жителей в экстремальных ситуациях (40 м³/сут) или 0,04 м³/(сут*чел.).

3. По рекреационным ресурсам. Демографическая емкость по организации отдыха в лесу:

$$D_4 = \frac{SF \cdot 0,5 \cdot 1000}{HM} \quad (22)$$

где S – территория района, га, F – лесистость района в долях от общей площади, 0,5 – коэффициент, учитывающий зеленые зоны городов (может варьироваться от 0,1 до 0,8), H – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в рекреации (при средней допустимой нагрузке 5 чел./га принимается равным 2 км²), M – коэффициент распределения отдыхающих в лесу и у воды (в умеренном климате $M = 0,3$, в жарком $M = 0,1$).

Демографическая емкость по организации отдыха у воды:

$$D_5 = \frac{2LC \cdot 1000}{0,5M} \quad (23)$$

где L – протяженность водотоков, пригодных для купания, км, C – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в лесной зоне 0,5, в степной 0,3), 0,5 – средний норматив потребностей 1 000 жителей в пляжах, км, M – коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды (умеренный климат 0,1-0,15; жаркий, сухой – 0,3-0,4).

4. По условиям организации пригородной сельскохозяйственной базы

$$D_6 = \frac{S_s E \cdot 1000}{P} \quad (24)$$

где S_s – площадь территорий, благоприятных или ограниченно благоприятных для ведения сельского хозяйства, га, E – коэффициент, учитывающий возможность использования сельскохозяйственных угодий под пригородную базу (0,1-1,0), P – показатель ориентировочной потребности 1 тыс. жителей в землях пригородного сельскохозяйственной базы, га (500-2000 га).

Экологическая техноемкость территории (ЭТТ) – обобщенная характеристика территории, количественно соответствующая максимальной техногенной нагрузке, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных свойств.

Расчет превышения ЭТТ сводится к определению фактической интегральной техногенной нагрузки на определенную территорию или совокупность реципиентов и сопоставлению ее с предельно допустимой техногенной нагрузкой на эту территорию. Расчет ЭТТ основан на эмпирически подтвержденном допущении, согласно которому ЭТТ составляет долю общей экологической емкости территории, определяемую

коэффициентом вариации отклонений характеризуемого состояния среды от естественного уровня и его колебаний. Превышение этого уровня изменчивости приписывается антропогенным воздействиям, достигшим предела устойчивости природного комплекса территории (Битюкова, 2004).

Если трем компонентам среды обитания – воздуху, воде и земле (включая биоту экосистем и совокупность реципиентов) приписывать индексы соответственно 1, 2 и 3, то ЭТТ может быть приближенно вычислена по формуле:

$$H_T = \sum_{i=1}^3 \mathcal{E}_i X_i A_i \quad (25)$$

где H_T – оценка ЭТТ, выраженная в единицах массовой техногенной нагрузки (усл. т/год), \mathcal{E}_i – оценка экологической емкости i -й среды (т/год), X_i – коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде, A_i – коэффициент перевода массы в условные тонны (коэффициент относительной опасности примесей), усл. т/т.

Экологическая емкость каждого компонента среды рассчитывается по формуле (Коротченко, 2021):

$$\mathcal{E} = V * C * F \quad (26)$$

где: V – экстенсивный параметр, определяемый размером территории, площадью (км^2) или объемом (км^3):

$$\text{- для воздуха } V_1 = S * H, \quad (27)$$

где S – площадь территории, км^2 ; H – приведенная высота слоя воздуха (км), подвергающегося техногенному загрязнению (в зависимости от типа природной геосистемы от 0,01 до 0,05 км);

- для воды V_2 – полный среднегодовой объем всех поверхностных водоемов и водотоков на территории, км^3 ;

$$\text{- для земли } V_3 = S; \quad (28)$$

C – содержание (концентрация, плотность) главных экологически значимых субстанций в 1-й среде (т/ км^2 или т/ км^3):

- для воздуха (содержание кислорода и углекислого газа) $C_1 = 3 \cdot 10^5$, т/ км^3 ;

- для воды $C_2 = 10^9$ т/ км^3 ;

- для земли C_3 – плотность поверхностного распределения сухого вещества биомассы на территории, т/ км^2 ;

F – скорость кратного обновления объема или массы среды, (год) $^{-1}$:

$$\text{- для воздуха } F_1 = 55896v/\sqrt{S}, \quad (29)$$

где v – годовая средняя скорость ветра, м/с;

$$- \text{ для воды } F_2 = (0,0315 \cdot f + 3 \cdot 10^6 WS) / V_2, \quad (30)$$

где f – сумма расходов воды в водотоках при входе в территорию, м³/с;
 W – среднее годовое количество осадков, мм;

$$- \text{ для биоценозов территории } F_3 = P_\phi / B, \quad (31)$$

где P_ϕ – средняя годовая продукция сухого вещества биомассы, т/год; $B = C_3 \cdot V_3$ – среднегодовая биомасса сухого вещества, т.

Значения коэффициента вариации X :

- для воздуха (естественные колебания содержания кислорода и углекислого газа в атмосферном воздухе) $X_1 = 3 \cdot 10^{-6}$;

- для воды равнинных рек и озер $X_2 = (4 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$;

- для биоты на основании данных о дисперсиях продукции биоценозов; в зависимости от типа биоценозов изменяется от 0,03 до 1: $X_3 = 0,43 \cdot F_3$ (32)

Суммарная предельно допустимая техногенная нагрузка (ПДТН) определяется из условия сохранения целостности экосистем и качества среды путем преобразования солнечной энергии для процессов самоочищения, и регенерации (Коротчеко, 2021).

Энергетический эквивалент суммарной ПДТН рассчитывается по формуле:

$$ПДТН_\Sigma = k_{ан} \cdot (72R + 123 W + 0,6 P) S - k_e N \quad (33)$$

где $k_{ан}$ – коэффициент, учитывающий антропогенную насыщенность территории ($k_{ан} = 1 + \lg(\text{ЭДИ})$, где ЭДИ – эргодемографический индекс); R – радиационный баланс территории, ккал/(см²*год); W – средний модуль поверхностного стока, м³/(га*сут) (при отсутствии прямых указаний для большинства районов $W \sim 0,01w$, где w годовое количество осадков, мм); P – удельная продукция сухого вещества биомассы, т/(км²*год) ($P = P_\phi/S$); k_e – нормативный минимум бытового расхода энергии на одного человека, тунт/(чел.*год) (в зависимости от климатических условий в пределах СНГ k_e изменяется от 0,5 до 1,5, в среднем для Татарстана можно принять $k_e = 1$ тунт/(чел.*год)); N – общая численность населения территории, чел.

Практические задания

Задача 1. Определите демографическую емкость территории для трех вариантов, представленных в табл. 13. Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы. Расчеты выполнять для частных демографических емкостей D_1, D_2, D_4, D_6 . При расчетах принять следующие величины:

- N – потребности в территории 1000 жителей в зависимости от характера производственной базы равной 35 га;

- K – коэффициента разбавления сточных вод водой равной 0,1;
- $B_{нов.}$ – нормативной обеспеченности водой поверхностных источников 1 тыс. жителей в сутки на бытовые, производственные и рекреационные цели равной $1500 \text{ м}^3/\text{сут}$;
- $K_{з.з}$ – коэффициента, учитывающий зеленые зоны городов равной 0,4;
- M – коэффициента распределения отдыхающих в лесу равной 0,3;
- E – коэффициента, учитывающий возможность использования сельскохозяйственных угодий под пригородную базу равной 0,5;
- P – показателя ориентировочной потребности 1 тыс. жителей в землях пригородной сельскохозяйственной базы равной 1250 га.

Задача 2. Рассчитайте экологическую техноемкость территории для трех вариантов, используя данные табл. 13. Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы. При расчетах принять соединяющие величины:

- H – приведенную высоту слоя воздуха, подвергающегося техногенному загрязнению равной 0,02 км;
- X – коэффициента вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде для воды равнинных рек и озер равным $4 \cdot 10^{-5}$;
- A_i – коэффициента перевода массы в условные тонны для воздуха и земли 0,5, для воды 0,4 усл. т/т.

Задача 3. Определите суммарную предельно допустимую техногенную нагрузку территории для трех вариантов, представленных в табл. 13. Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы. При расчетах принять следующие величины:

- W – среднего модуля поверхностного стока принять равной $\sim 0,01w$, где w годовое количество осадков, мм;
- k_e – нормативного минимума бытового расхода энергии на одного человека равной 1 тут/(чел.*год).

Вопросы для самостоятельной работы

1. Что представляет собой емкость территории?
2. Дайте определение геоэкологическому равновесию.
3. Как оценивается демографическая емкость территории?
4. Что представляет собой репродуктивный потенциал территории?
5. Дайте определение экологической техноемкости территории.

Список рекомендуемых источников

1. Антипова А. В. Россия. Эколого-географический анализ территорий / А. В. Антипова. М.: Смоленск: Маджента, 2011. 384 с.
2. Трофимов А. М. Региональный геоэкологический анализ / А. М. Трофимов, В. А. Рубцов. Казань: Меддок, 2005. 228 с.
3. Ясаманов Н. А. Основы геоэкологии: учеб. пособие для эколог. спец. вузов / Н. А. Ясаманов. М.: Академия, 2003. 352 с.
4. Геоэкологическая оценка территории и реабилитация: учебное пособие/под ред. Н.Г.Курамшиной; [Н.Г.Курамшина и др.]: [Электронный ресурс]/Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2021.

Цит. по Геоэкологическая оценка территории и реабилитация: учебное пособие/под ред. Н.Г.Курамшиной; [Н.Г.Курамшина и др.]: [Электронный ресурс]/Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2021.

Список цитируемой литературы

1. Акимова, Т. А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для вузов / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юнити-Дана, 2000. – 566 с.
2. Битюкова, В. Р. Социально-экологические проблемы развития городов России / В. Р. Битюкова. – Москва: Едиториал УРСС, 2004. – 448 с.
3. Геоэкологическая оценка территории и реабилитация: учебное пособие/под ред. Н.Г.Курамшиной; [Н.Г.Курамшина и др.]: [Электронный ресурс]/Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2021.
4. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственнопитьевого и культурно-бытового водопользования / Минздрав России. – Москва, 1998. – 126 с.
5. ГН 2.1.6.695-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест: Гигиенические нормативы. – Москва: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 1998. – 69 с.
6. Демаков, Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем / Ю. П. Демаков. – Йошкар-Ола, 2000. – 414 с.
7. Кочуров, Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск: СГУ, 1999. 154 с.
8. Курбатова, А. С. Ландшафтно-экологический анализ формирования градостроительных структур / А. С. Курбатова. – Москва-Смоленск: Маджента, 2004. – 400 с.
9. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология: учебник для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко; под ред. В. Н. Луканина. – Москва: Высш. шк., 2001. – 273 с.
10. Методическое пособие к расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2002. – 127 с.
11. Урбоэкология и мониторинг [Электронный ресурс]: учебное пособие/И. С. Коротченко; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2021. – 159 с.