

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

Э. В. Сазонов, В. И. Леденев, Г. Л. Леденева

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет», г. Воронеж, Россия;*

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор В. П. Ярцев*

**Ключевые слова:** абсорбция; биогеоценоз; диффузия; иониты; ландшафт; очистка; рассеивание; экосистема.

**Аннотация:** Обосновано применение универсальной методики для уменьшения или полной ликвидации загрязнения в атмосферном воздухе, водных объектах и почве городских поселений.

Научный термин «Экология» предложен биологом Эрнстом Геккелем полтора столетия назад для изучения взаимосвязей организмов с окружающей средой и условий сосуществования популяций. Но систематические исследования в области экологии развернуты только в середине прошлого столетия, когда отчетливо стали заметны угроза истощения природных ресурсов, загрязнение и отравление окружающей среды промышленными отходами и разрушение естественных сообществ. Американский ученый Юджин Одум – «отец» экосистемной экологии внес неоспоримый вклад в данную область познаний. Экологическая система относится к классу сложных, наделенных известными признаками – невозможностью строгого математического описания, многозвенностью структурного состава и многосвязностью составляющих структурных единиц. Экосистема имеет свои специфические особенности, отличающие ее от стереотипных технических систем, и обладает свойством надежности, раскрывающейся понятиями устойчивости, равновесия, живучести, безопасности.

---

Сазонов Эдуард Владимирович – академик Петровской академии наук и искусств, доктор технических наук, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет», г. Воронеж, Россия; Леденев Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги»; Леденева Галина Леонидовна – кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой «Архитектура и строительство зданий», e-mail: ais@nnn.tstu.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов, Россия.

Дальнейшее развитие экологии как науки – обоснование биогеоценоза [1] – основано на гениальном учении академика В. И. Вернадского о геосферах [2]. Биогеоценоз представляет собой сообщество живых организмов, тесно связанный с ним круговорот веществ с совокупностью абиотических факторов среды в пределах одной территории (рис. 1).

Основным природоохранным объектом является природный ландшафт как биогеоценоз в целом или его часть. Для практических вопросов в первом приближении можно рассматривать городской ландшафт как производную экологического взаимодействия четырех геосфер (атмосфера, гидросфера, литосфера (почва) и биосфера) [3], анализировать загрязнения и принимать меры по их нейтрализации отдельно для атмосферного воздуха, водных объектов и почв.

Все мероприятия по уменьшению загрязнения окружающей природной среды (ОПС) объединил в три группы [4]. Выбросы и сбросы:

- 1) направлять в наиболее подходящее место без всякой их обработки;
- 2) собирать в определенном месте и подвергать очистке;
- 3) перерабатывать в искусственных системах по технологии близких к природным.

В современных условиях предложения Ю. Одума можно представить в следующем виде [5]: технологические и градостроительные мероприятия; рассеяние и очистка выбросов и сбросов.

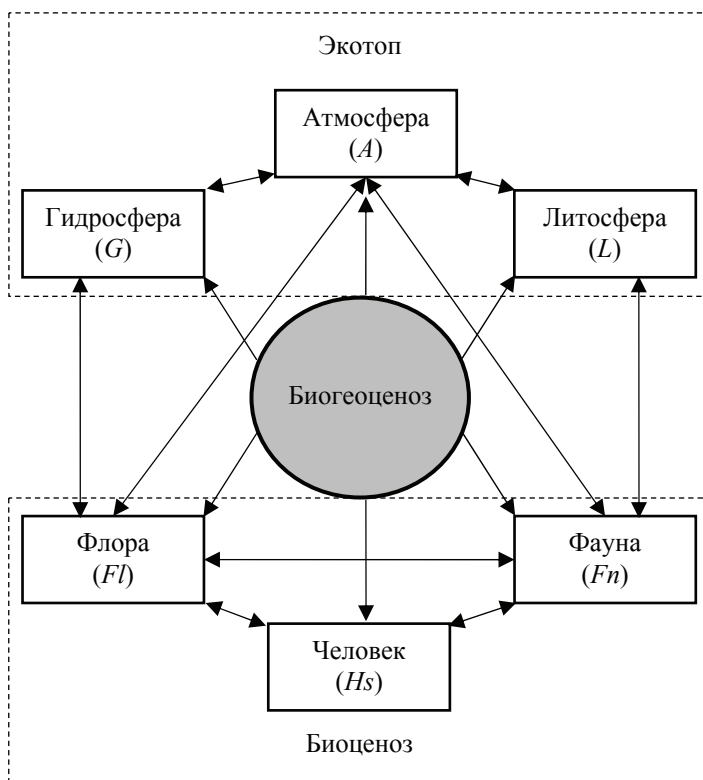


Рис. 1. Схема взаимодействия компонентов биогеоценоза

Рассматриваемые мероприятия по своей сути могут быть активными, изменяющими поток вредных веществ источника или условия выброса, и пассивными, не оказывающими непосредственного воздействия на источник выбросов вредных веществ.

*Активный метод* – технологические мероприятия, полностью или частично исключают поступление вредных веществ в ОПС, очистка выбросов и сбросов, их рассеивание.

*Пассивный метод* – зонирование территорий городских поселений по условиям возможности размещения в них производств с различными классами опасности, создание санитарно-защитных зон, санитарных разрывов, водоохранных зон. Рассмотрим вышеперечисленные мероприятия для одной из самых уязвленных геосфер – атмосферы.

*Технологические мероприятия.* Их суть состоит в том, что изменяя технологические процессы различных производств, можно исключить или уменьшить поступление вредных веществ в окружающую среду. Технологические мероприятия наиболее эффективны и должны рассматриваться как основные при защите атмосферного воздуха от загрязнений. К ним в первую очередь следует отнести:

- создание замкнутых технологических процессов, исключаящих выброс в атмосферу вредных веществ на конечных или промежуточных станциях производства (полная или частичная рециркуляция газов при вентиляции помещений, сжигании топлива и т.д.);

- организацию производственного цикла по принципу «безотходной технологии» (использование хвостовых и промежуточных газов как вторичное сырье); замену вредных исходных продуктов или технологий на безвредные (замена твердого топлива на газовое, пламенного нагрева на электрически, применение катализаторов, замена сухих способов переработки пылящих материалов на способы с применением жидкостей);

- герметизацию технологического оборудования и устройств;

- каталитическое дожигание продуктов сгорания органического топлива.

*Градостроительные мероприятия* – осуществление комплексных проектно-планировочных работ на всех стадиях проектирования, обеспечивающих формирование оптимальной городской среды и уменьшение антропогенных нагрузок на прилегающие к городу территории.

В *районной планировке* рекомендации по охране окружающей среды направлены на сохранение нормальной эволюции природной среды при размещении городов и промышленных объектов. На данной стадии проектирования ярко выражен территориальный подход к природоохранным мероприятиям.

На стадии *генеральных планов городов* рекомендации по охране окружающей среды направлены на проведение комплекса санитарно-гигиенических, технологических, биологических и планировочных мероприятий, обеспечивающих формирование оптимальной окружающей человека городской среды и уменьшение антропогенных нагрузок на прилегающие к городу территории. Планировочные мероприятия должны включать все аспекты градостроительной деятельности на территории города: формиро-

вание планировочной структуры; функциональное зонирование территории; транспортную инфраструктуру; комплексное инженерное благоустройство.

Раздел охраны окружающей среды в составе проекта *детальной планировки* аналогичен соответствующему разделу генерального плана города со следующими дополнительными графическими материалами: схемами прилегающих районов; опорным планом и санитарно-гигиеническими ограничениями; инженерной подготовкой территории; вертикальной планировкой; сетями магистральных улиц и дорог; подземными инженерными сетями. Содержание раздела должно соответствовать основным этапам проектирования:

– анализу данных исходного состояния окружающей среды и определению требований по ее охране и улучшению;

– разработке комплекса архитектурно-планировочных и инженерно-технических мероприятий, направленных на улучшение и охрану окружающей среды;

– оценке и прогнозу изменения окружающей среды при реализации проектного решения.

Важнейшими инструментами градостроительных мероприятий являются санитарно-защитные зоны (СЗЗ), санитарные разрывы и санитарные полосы отчуждения.

*Санитарно-защитная зона* – пространство от источника воздействия на среду обитания и здоровье человека до границы жилой застройки, ландшафтно-рекреационной зоны, зоны отдыха или курорта, где происходит нейтрализация уровня воздействия вредных факторов до требуемых гигиенических нормативов. Ширина СЗЗ устанавливается в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов. Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий должны быть благоустроенными участками городской территории, так как входят составной частью в окружающий ландшафт.

Для автомагистралей, линий железнодорожного транспорта, метрополитена и воздушных линий электропередач устанавливаются *санитарные разрывы*, имеющие режим СЗЗ, но не требующие разработки проекта их организации.

Для магистральных трубопроводов углеводородного сырья и компрессорных установок создаются *санитарные полосы отчуждения* с минимальным расстоянием, учитывающим степень взрывной и пожарной опасности, вида поселений, типа зданий, назначения объектов с учетом диаметра трубопроводов.

*Рассеивание выбросов.* Мероприятия по рассеиванию выбросов направлены на интенсивное разбавление окружающим воздухом потока вредных веществ и достижения концентрации этих веществ на рассматриваемой территории не выше допустимой. Рассеивание выбросов основано на теории турбулентного перемещения потоков газа. Физическая модель процесса рассеивания основана на теоретических основах струйных течений.

Для расчета величины концентрации в любой интересующей нас точке пространства можно использовать уравнение Фика при турбулентном движении воздуха

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} + V_x \frac{\partial c}{\partial x} + V_y \frac{\partial c}{\partial y} + V_z \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} A_x \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} A_y \frac{\partial c}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} A_z \frac{\partial c}{\partial z}, \quad (1)$$

где  $\tau$  – время, с;  $V_x, V_y, V_z$  – компоненты осредненной скорости по направлениям  $x, y, z$ , м/с;  $A_x, A_y, A_z$  – коэффициенты турбулентного обмена в направлении соответствующих осей, м<sup>2</sup>/с.

Чтобы решить уравнение диффузии (1), его необходимо замкнуть уравнениями движения, неразрывности и состояния. Проблема замыкания уравнений, описывающих турбулентное движение жидкости, является одной из центральных проблем современной науки. Приближенно решить уравнение (1) возможно численными методами.

В практических расчетах наибольшее распространение получила модель рассеивания выбросов М. Е. Берлянда [6]. В соответствии с данной моделью степень загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами определяется по наибольшему значению разовой приземной концентрации их, которая устанавливается на некотором расстоянии от места выброса при неблагоприятных метеорологических условиях.

*Очистка выбросов.* Очистку выбросов от пыли, паров, газов или запахов применяют в том случае, когда другие мероприятия оказываются малоэффективными или дорогостоящими.

Основой для расчета пылеуловителей являются физико-химические свойства, начальная концентрация пыли и расход очищаемого газа. Заданным параметром при расчете пылеуловителей может быть коэффициент очистки или концентрации пыли на выходе из аппарата. Результатом расчета обычно являются геометрические размеры аппарата, его аэродинамическое сопротивление, эффективность очистки.

Методы очистки вентиляционных и технологических выбросов от вредных газообразных и паровых примесей зависят от свойств самих примесей, их токсичности и концентраций, от санитарно-гигиенических, градостроительных и других требований. Наибольшее применение для указанных целей нашли применение абсорбционный и адсорбционный методы, ионообменная и термическая очистка [5].

*Абсорбционный метод* очистки воздуха от газообразных примесей основан на избирательном поглощении жидкими веществами одного или нескольких компонентов из газовой смеси. Для очистки воздуха применяют как физическую абсорбцию, так и хемосорбцию, используя в качестве абсорбента воду, растворы аммиака, карбоната натрия, калия и т.д. Теоретической основой метода являются:

– закон Генри

$$p_{\Gamma} = \Gamma c_{\text{м}}; \quad (2)$$

– уравнение материального баланса процесса

$$L_{\Gamma} (c_{\Gamma.н} - c_{\Gamma.к}) = L_{\text{ж}} (c_{\text{ж.к}} - c_{\text{ж.н}}); \quad (3)$$

– скорость абсорбции

$$G_{\text{аб}} = \beta A \Delta c, \quad (4)$$

где  $p_{\Gamma}$  – парциальное давление извлекаемого газа над раствором, Па;  $\Gamma$  – постоянная Генри, Па;  $c_{\text{м}}$  – мольная доля газа в растворе;  $L_{\Gamma}$ ,  $L_{\text{ж}}$  – расход инертного газа и раствора абсорбента соответственно, м<sup>3</sup>/с;  $c_{\Gamma, \text{н}}$ ,  $c_{\Gamma, \text{к}}$  – начальная и конечная концентрация абсорбата в газовой смеси соответственно, кмоль/м<sup>3</sup> инертного газа;  $c_{\text{ж, н}}$ ,  $c_{\text{ж, к}}$  – начальная и конечная концентрации извлекаемого газа в растворе, кмоль/м<sup>3</sup> абсорбента;  $G_{\text{аб}}$  – скорость абсорбции, кмоль/с;  $\beta$  – коэффициент массопередачи, м/с;  $A$  – поверхность массового контакта, м<sup>2</sup>;  $\Delta c$  – движущая сила процесса, кмоль/м<sup>3</sup>.

При расчете абсорбера заданными обычно бывают: расход очищаемого газа, его начальная и конечная концентрации или степень извлечения (очистки) газа, начальная концентрация абсорбента. Основными определяемыми величинами являются: расход абсорбента, площадь сечения, высота активной зоны абсорбера и его аэродинамическое сопротивление.

*Адсорбционный метод* – процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов (адсорбатов), как правило, твердыми телами (адсорбентами). Адсорбция является поверхностным процессом и поэтому завершается в доли секунды. По аналогии с абсорбцией адсорбция может быть физической и химической. Физическая адсорбция вследствие своей обратимости нашла применение главным образом для улавливания и возвращения (десорбция) в производство паров органических растворителей. В качестве адсорбентов используют активные (активированные) угли, силикагели, алюмогели, цеолиты.

Количество адсорбируемого газа зависит от его вида и от условий протекания процесса, в первую очередь от давления газа и его температуры. Влияние давления газа на его адсорбируемое количество можно отобразить изотермами адсорбции, в частности, эмпирическим уравнением Фрейндлиха

$$G = kp^{1/n}, \quad (5)$$

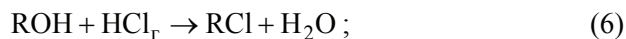
где  $G$  – количество адсорбированного газа, кг/ м<sup>3</sup>;  $k$ ,  $n$  – эмпирические параметры, постоянные для конкретного адсорбента и абсорбата;  $p$  – давление газа при достижении равновесия, Па.

В зависимости от характера процесса адсорбции (периодический или непрерывный), применяемые для этих целей аппараты подразделяют на абсорберы с неподвижным слоем поглотителя и абсорберы с движущимся или кипящим слоем поглотителя. В абсорберах с неподвижным слоем поглотителя процесс извлечения абсорбата из газовой смеси обычно проводят в четыре стадии: собственно адсорбция, десорбция, сушка и охлаждение поглотителя. Принцип работы абсорберов с движущимся или кипящим слоем поглотителя аналогичен абсорбционным аппаратам. Расчет абсорберов включает определение его геометрических размеров (диаметр, высота) и расход абсорбента.

Важным и неотъемлемым от процесса адсорбции, проводимым в замкнутом цикле, является десорбция. При расчете десорбции определяют продолжительность процесса (для аппаратов периодического действия) и расход десорбирующего агента (водяного пара, воздуха и т.п.).

*Ионообменная и термическая очистка.* Для очистки вентиляционных выбросов от газов с полярными молекулами применяют иониты. По своей физико-химической сути данный процесс близок к абсорбции. Иониты

могут быть естественными – алюмосиликаты (глины) и искусственными – ионообменные смолы; используются в виде зерен с гранулами различной формы. С очищаемым веществом иониты могут реагировать по следующим схемам:



Регенерация полученной при ионообменной очистке солевой формы осуществляется промывкой слабым (5 %) раствором кислоты или щелочи для перевода ионита в первоначальную форму, например, по схеме



Ионообменная очистка газов осуществляется в аппаратах двух типов: с кипящим слоем или со слоевым фильтром. Аппаратурное оформление процессов ионообменной очистки вентиляционных выбросов во многом аналогично оформлению других сорбционных процессов – адсорбции, абсорбции, десорбции и т.д.

Термическая очистка широко применяется для освобождения газообразных технологических выбросов от паров цианистой и синильной кислот, оксида углерода, органических растворителей (толуол, бензин, бензол и т.д.). Окисление происходит при рабочих температурах от 300 до 1000 °С в присутствии различных катализаторов.

#### *Список литературы*

1. Сукачев, В. Н. Биогеоценоз как выражение взаимодействия живой и неживой природы на поверхности Земли : соотношение понятий «биогеоценоз», «экосистема», «географический ландшафт» и «фация» / В. Н. Сукачев // Основы лесной биогеоценологии / под ред. Н. В. Дылиса. – М. : Наука, 1964. – С. 5 – 49.
2. Вернадский, В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / В. И. Вернадский ; под ред. Ф. Т. Яншина, С. Н. Жидовинов. – М. : Наука, 2001. – 376 с.
3. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии : учеб. для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдованов. – М. : Высш. шк., 1999. – 447 с.
4. Одум, Ю. Экология : в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.
5. Сазонов, Э. В. Экология городской среды : учеб. пособ. / Э. В. Сазонов. – СПб. : ГИОРД, 2010. – 312 с.
6. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий : ОНД-86 : утв. Гос. комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 4.08.1986 г. : введ. 01.01.87. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.

#### *References*

1. Sukachev V.N., Dylisa N.V. [Biogeocoenosis as an expression of the interaction of living and inanimate nature on the surface of the Earth: the relationship between the concepts “biogeocoenosis”, “ecosystem”, “geographical landscape” and “facies”], *Osnovy lesnoi biogeotsenologii* [Fundamentals of Forest biogeocenology], Moscow: Nauka, 1964, pp. 5-49. (In Russ.)



2. Vernadskii V.I., Yanshina F.T., Zhidovinov S.N. *Khimicheskoe stroenie biosfery Zemli i ee okruzheniya* [The chemical structure of the Earth's biosphere and its environment], Moscow: Nauka, 2001, 376 p. (In Russ.)

3. Mazur I.I., Moldovanov O.I. *Kurs inzhenernoi ekologii : ucheb. dlya vuzov* [Environmental Engineering Course: a textbook for high schools], Moscow: Vyssh. shk., 1999, 447 p. (In Russ.)

4. Odum Yu. *Ekologiya* [Ecology], Moscow: Mir, 1986, vol. 1, 328 p. (In Russ.)

5. Sazonov E.V. *Ekologiya gorodskoi sredy : ucheb. posob.* [Ecology of the urban environment: a training manual], St. Petersburg: GIOR, 2010, 312 p. (In Russ.)

6. Gos. Committee of the USSR Hydrometeorology and Environmental Control, *Metodika rascheta kontsentratsii v atmosfernom vozdukh vrednykh veshchestv, sodержashchikhsya v vybrosakh predpriyatii* [The method of calculating the concentration in the air of harmful substances contained in industrial emissions], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987, 93 p. (In Russ.)

---

## **Environmental Problems of Modern Town-Planning**

**E. V. Sazonov, V. I. Ledenev, G. L. Ledeneva**

*Voronezh State University of Architecture  
and Civil Engineering, Voronezh, Russia;  
Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

**Keywords:** absorption; cleaning; diffusion; dispersion; ecosystem; geobiocenosis; ion-exchangers; landscape; Vernadsky.

**Abstract:** The article provides the rationale for the application of universal methodology for reduction or complete elimination of contamination in atmospheric air, water objects and soil of urban settlements.

---

© Э. В. Сазонов, В. И. Леденев, Г. Л. Леденева, 2016