

Теоретические подходы к изучению и оценке состояния окружающей среды

© 2008. А.В. Садов

Московский государственный университет геодезии и картографии

В статье обсуждаются вопросы изучения антропосферы как оболочки Земли, где естественная природная среда находится под воздействием человеческой деятельности. В результате такого взаимодействия образуются сложные природно-техногенные и геотехнические системы, рассматриваемые как комплексы взаимосвязанных природных компонентов с искусственными инженерными сооружениями и технологическими процессами. Такие системы являются открытыми, динамическими и подвержены влиянию как природных (внешних – климат, озоновый слой, солнечная радиация, космическое излучение, атмосферные процессы и внутренних глубинных – неотектонические подвижки земной коры, внутреннее тепло Земли, вулканическая деятельность), так и техногенных (физические, механические, радиационные, химические воздействия) факторов.

The article deals with investigation of anthrop sphere as the Earth cover. In anthrop sphere the natural environment is under the influence of human activity. As a result of such an interaction there appear complex nature-technogenical and geo-technogenical systems that are considered as complexes consisting of interrelated natural components, artificial engineering installations and technological processes. These systems are open, dynamic and they are subjects to the influence of natural factors (outward factors: climate, ozone layer, sole radiation, cosmic radiation, atmosphere processes, inward deep factors: neo-tectonic advancements of the Earth cover, inner heat of the Earth, volcano activity) and technogenic factors (physical, mechanical, radiation, chemical impact).

В результате сложного взаимодействия разнообразных факторов на *природную среду* происходит её преобразование, приводящее к появлению *полуприродных, природно-техногенных и техногенных систем*, характеризующихся степенью их техногенного изменения, величиной и характером техногенных воздействий, способностью к восстановлению, устойчивостью к антропогенным нагрузкам.

В *природных геосистемах антропосферы* сохраняется естественное равновесие между её компонентами без вмешательства человеческой деятельности.

В *полуприродных геосистемах антропосферы* техногенные факторы оказывают воздействие на малые глубины (до 1 м), касаются приповерхностных изменений растительности и почв. В таких системах произошло нарушение одного или двух природных компонентов. При снятии или ослаблении техногенного воздействия система способна к самоочищению и самовосстановлению. Примеры таких воздействий – рекреация, лесостроительство, земледелие и др.

Природно-техногенные геосистемы антропосферы оказывают влияние на глубину от 1 до 3-5 м, приводят к изменению не только растительного и почвенного покрова, но и горных пород, а также водного режима в зоне аэрации. В этих системах про-

исходит техногенное изменение одного или нескольких компонентов природной среды. При ослаблении воздействия система обладает некоторым природным потенциалом к восстановлению, но с учётом жёсткого режима природопользования и сохранения ресурсного потенциала территории. Примеры воздействий – агроценозы, пригородное хозяйство, мелиорация и др.

К *техногенным геосистемам антропосферы* принадлежат системы, где ощущается влияние практически всех видов техногенных воздействий, носящих комплексный характер, с нарушением массива горных пород в зоне полного водонасыщения от 5 до 10 м и более. В системах происходят изменения практически всех природных компонентов. Восстановление и самоочищение систем практически невозможно, существует необходимость в поддержании устойчивого равновесия при сбалансированной политике природопользования. Пример воздействий – крупные городские агломерации, промышленные зоны и др.

Изменения антропосферы могут рассматриваться на различных иерархических уровнях. Наиболее полно эти изменения антропосферы изучены на глобальном уровне (изменение климата, парниковый эффект, уменьшение биоразнообразия и др.). Автор считает, что целесообразно исследовать

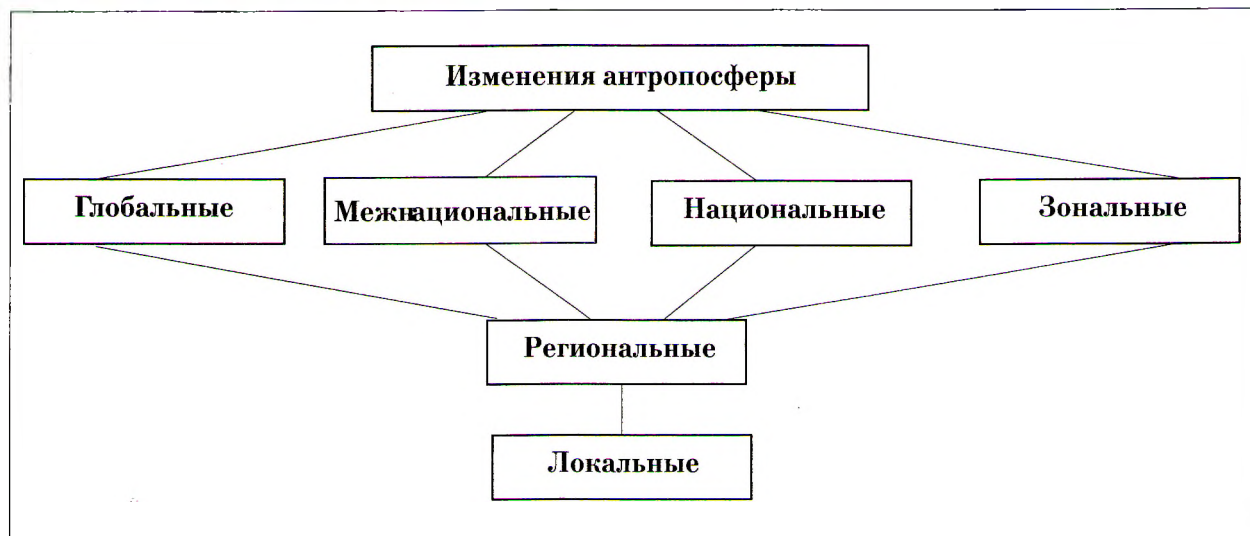


Рис. 1. Различные иерархические уровни антропосферы

межнациональные, национальные, региональные и локальные уровни антропосферы (рис. 1).

Структура антропосферы включает компоненты и элементы.

Структура антропосферы и факторы, воздействующие на неё, схематично показаны на рисунке 2.

Компоненты антропосферы – горные породы, климат, рельеф, растительность и т. д. – образуют взаимосвязанное и взаимообусловленное единство; изменение одного из этих компонентов влияет на изменение антропосферы в целом.

Антропосфера обладает рядом свойств, такими как: устойчивость (гомеостатичность, стабильность, резистентность), эластичность, природное равновесие, инерция, ёмкость, допустимые пределы изменений.

Устойчивость антропосферы – это её способность самосохранения и саморегулирования в пределах, не превышающих определённые критические величины – допустимые пределы изменений.

Эластичность антропосферы – способность геосистемы в некоторых пределах менять своё состояние под влиянием внешних факторов без изменения своего состояния.

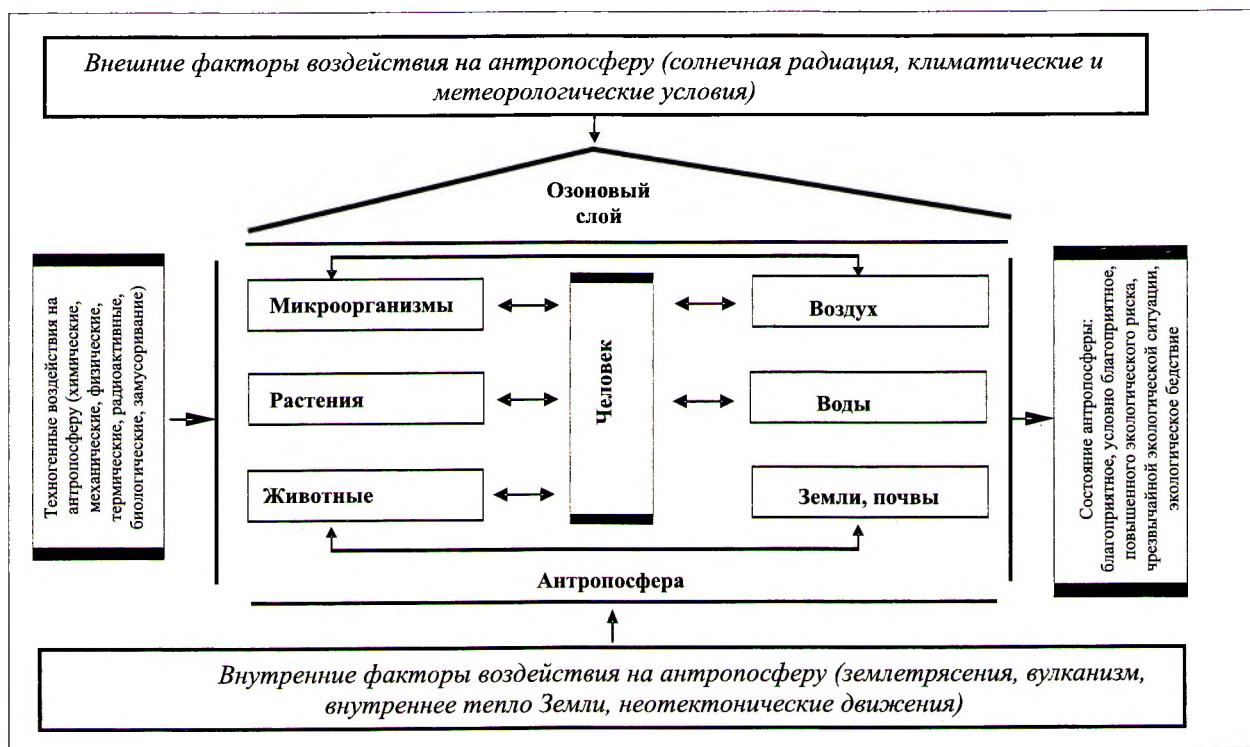


Рис. 2. Структура антропосферы

Инерция антропосферы – способность в некоторых пределах противостоять действию внешних факторов без изменения своего состояния.

Природное равновесие – свойство природной *антропосферы* сохранять на определенном уровне типичное состояние, режимы и характерные связи между природными компонентами. При нарушении природного равновесия происходит превышение уровня состояния природной системы выше допустимого предела, наступает деградация её элементов, потеря ими основных выполняемых функций. Природные *антропосферы* могут сохранять природное равновесие, если в них не нарушено функционирование компонентов и элементов техногенными воздействиями. Такие системы обладают свойством естественного саморегулирования, которое обеспечивает самоорганизацию и устойчивость *антропосферы*.

Ёмкость антропосферы – способность абсорбировать без изменения своего состояния чужеродные воздействия внешних факторов (посторонние вещества, избыточную энергию и т. п.).

Допустимые пределы изменений антропосферы – минимальные и максимальные критические величины параметров состояния среды, внутри которых она обладает устойчивостью и не разрушается.

По степени устойчивости компоненты антропосферы образуют ряд, начиная с самых устойчивых: геологическое строение – литология – рельеф – климат – воды – почвы – растительность – животный мир. В пределах гидrolитосферы, как компонент антропосферы, существуют ряды элементов по возрастанию (убыванию) их устойчивости к объектам и явлениям воздействия. Половина членов ряда может изменяться в зависимости от характера взаимодействия. Придавая меньшее значение изучению техногенного воздействия механического характера как сугубо локального, основное внимание следует уделять изучению химического, радиоактивного и теплового воздействия на элементы антропосферы. Устойчивость горных пород к механическим нагрузкам изучается соответствующими разделами инженерной геологии. Значительно меньше изучена устойчивость пород к другим типам воздействий.

В пределах антропосферы исходящий ряд элементов по устойчивости к нагрузкам химического характера в общем случае име-

ет вид: кристаллические породы – метаморфические породы – пески – глины – суглинки – супеси карбонатные породы – подземные воды – почва. Внутри этих элементов и литологических разностей по степени устойчивости могут быть дифференцированы породы по минералогическому и гранулометрическому составам, содержанию гумуса, например:

- 1) пески: кварцевые – пылеватые – глинистые – карбонатные;
- 2) суглинки: ожелезненные – карбонатные – гумусированные;
- 3) почвы: солоды – солонцы – солончаки – подзол – дерново-подзолистые – каштановые – чернозём.

Следует согласиться с существованием принципа множественности рядов как на уровне элементов антропосферы, так и внутри каждого элемента по отношению к реакции элементов и их составляющих на воздействие чрезвычайного разнообразия загрязняющих веществ.

Начальный этап экологических исследований предусматривает в основном построение рядов первого уровня, т. е. рядов элементов антропосферы по их устойчивости к наиболее агрессивным агентам химического воздействия, имеющих место в изучаемом районе. Изучение рядов и связей на более высоких уровнях следует осуществлять в процессе проведения мониторинга окружающей среды. Особое внимание необходимо уделять изучению подвижных элементов антропосферы – подземным водам и их составляющим – инфильтрационным водам, – осуществляющим одновременно и связь между статическими элементами антропосферы. Ряд подвижных элементов по их устойчивости к восприятию нагрузки можно составлять по признаку их социально-экономической значимости: рассолы – промышленные воды – бальнеологические – слабоминерализованные – технические – хозяйственно-питьевые. В этом аспекте наибольшее внимание уделяется верхним элементам антропосферы: почва – зона аэрации, поверхностные и грунтовые воды, являющиеся защитным экраном загрязнения антропосферы и воспринимающие прямо техногенные нагрузки объектов и явлений воздействия.

Представляется необходимым составление рядов элементов антропосферы по их способности к самоочищению, т. е. способности растворять, адсорбировать, разлагать или выводить за свои пределы загрязняю-

щие вещества после прекращения воздействия на них техногенной нагрузки. Весьма важным является определение рядов элементов антропосферы по их защитной роли по отношению к различным загрязняющим веществам. Одновременно составляются ряды агентов воздействия химического, радиационного и теплового характера по принципу токсичного влияния на живые организмы и степени изменения свойств. При этом важно учитывать время полного разложения начальных продуктов загрязнения, потерю токсичности в результате их разложения и получаемый набор конечных продуктов разложения.

В антропосфере выделяют статические и динамические элементы. Взаимосвязь между статическими элементами антропосферы – массивами, пластами, комплексами пород – характеризуется в принципе существующими силовыми полями: гравитационным, электромагнитным, магнитным. Изменения этих полей, происходящие под влиянием техногенеза, по существу, ещё не достаточно изучены и не являются объектами рассмотрения данной работы. Более пристального внимания заслуживают вопросы изучения связей между динамическими элементами: между подземными водами различных горизонтов и связей взаимодействия между статическими и динамическими элементами антропосферы: порода – вода – газ.

Состояние антропосферы обобщённо можно характеризовать рядом показателей, связанных с её реакцией на воздействие внешних факторов, включая человеческую деятельность: возмущения в среде, загрязнение среды и аномалии в среде.

Возмущения в антропосфере – временные (случайные) или периодические (циклические) – обратимые изменения параметров состояния окружающей среды, не приводящие к изменению её состояния (эволюции, разрушению). Исторический кумулятивный эффект накопления регулярных возмущений может привести к изменению среды и переходу её в иное состояние или появление в ней аномалий.

Загрязнение антропосферы – накопление в окружающей среде посторонних (поступающих извне или генерируемое самой средой – самозагрязнение) примесей (веществ, энергии, явлений) в количествах, превышающих природную (врождённую) способность среды к самоочищению от при-

месей (ассимиляции или инактивации их). В частном случае техногенного загрязнения окружающей среды под загрязнением понимается такое антропогенное поступление в антропосферу различных веществ и соединений, при котором превышаются пороговые концентрации, а, следовательно, и ёмкость антропосферы; иными словами, загрязнение определяется как совокупность процессов в антропосфере при изменении в ней нормального фона концентрации веществ и соединений. В ещё более узком смысле под загрязнением обычно понимают антропогенное поступление в среду различных веществ, имеющих вредное воздействие на человека или другие организмы, а также на здания, конструкции и материалы, производимые и потребляемые человеком. Первое из приведённых определений представляется наиболее полным и универсальным, охватывающим все случаи как природного, так и антропогенного загрязнения, и потому наиболее пригодным с точки зрения управления окружающей средой.

Аномалии окружающей среды – локальные устойчивые количественные отклонения от фоновых параметров состояния окружающей среды, связанные с местными особенностями той или иной области антропосферы.

В совокупности все перечисленные категории (параметры состояния, свойства, показатели) характеризуют реакцию окружающей среды на воздействия человека. Полнота их учёта в практической деятельности определяет успех или неуспех управления окружающей средой, поддержания её благоприятного для человека состояния или целенаправленного улучшения. Зная качественно и количественно пороговые значения, допустимые пределы изменений среды, человек получает в своё распоряжение действенный инструмент управления средой своего обитания, приспособления её, преобразования и улучшения согласно своим потребностям. При этом, конечно, нужно иметь в виду всю сложность и многокомпонентность окружающей среды, познание которой, с точки зрения описанных категорий, является не простым делом. Если для окружающей среды эти категории более или менее ясны в теоретическом плане, то для социальных условий их приложимость должна быть специально исследована.

Одной из основных задач экологических исследований является разработка принци-

пов определения количественного выражения связей между отдельными элементами, что позволит перейти в дальнейшем от общих, довольно неопределённых оценок экологической обстановки антропосферы к более точным, приближающимся к методам прогноза. По типу воздействия между объектами техногенеза и элементами антропосферы выделяют прямые связи (предприятие – атмосфера, поле фильтрации – породы зоны аэрации), обратные (почва – атмосфера) и косвенные (атмосферные осадки – почва – зона аэрации – грунтовые воды). По времени воздействия связи могут быть непрерывными, периодическими и разовыми; поэтому все связи и их интенсивность должны определяться с учётом фактора времени. Сила воздействия связи обычно выражается в качественной и количественной форме: связи между статистическими элементами антропосферы слабые; динамическими и статистическими – слабые и средние; между динамическими – слабые, средние, сильные. По направленности воздействия связи подразделяются на вертикальные и горизонтальные; эти типы связей используются нами как основные характеристики процессов, протекающих в элементах антропосферы.

Термин «связь» имеет множественное понятие, определяет степень взаимодействия между соседними элементами и по отношению к различным типам воздействия или протекающих в них или между ними процессами отражает, по существу, интенсивность происшедших изменений каких-либо параметров или явлений.

В качестве индикаторов – показателей связи – можно использовать любой показатель или параметр свойств и состояния окружающей среды: химический элемент, параметр состояния горной породы и т. д. В природной обстановке, не нарушенной тех-

ногенезом, когда все процессы, протекающие в гидrolитосфере, объединены установившимися процессами саморегуляции, величина связи имеет довольно стабильный характер.

Связи между объектами воздействия и элементами антропосферы могут рассматриваться в виде «цепей связей». При сравнении их состояния возможно рассмотрение цепи вертикальных связей между элементами: воздух, почва – породы зоны аэрации – грунтовые воды – напорные воды.

Цепь связей и их величину можно представить и в виде цепи пропорций индикатора, причём за основу пропорции принимается содержание индикатора в первом звене цепи (табл. 1).

Протяжённость цепи вертикальных связей может быть различной и определяется детальностью изучения и целевым назначением исследований: атмосферный воздух может быть опробован на различных высотах, почва и породы зоны аэрации опробованы на различных глубинах и т. д. Начальное и конечное звенья цепи связей определяются задачей исследований.

Следует отметить, что изменение начального звена цепи связей (т. е. начальной точки отсчёта) в той же совокупности элементов антропосферы неизбежно приводит к изменению абсолютных значений связей. Например, в случае изучения цепи «почва – породы зоны аэрации – грунтовые воды – напорные воды», при тех же содержаниях индикатора, абсолютные величины связей приобретают иной вид. В таблице 2 величина вертикальной связи показывает, какая доля индикатора, содержащегося в начальном звене цепи, поступает в данных природных условиях в последующие звенья цепи. Таким образом, зная содержание любого загрязняющего вещества в почвенном покрове и величину связи, можно с достаточ-

Таблица 1

Цепь связей элементов антропосферы и их величина

Элементы антропоферы	Воздух	Почва	Породы зоны аэрации	Грунтовые воды	Напорные воды
Содержание индикатора	0,001	4,0	0,2	0,01	0,002
Пропорции	0,001/0,001	4/0,001	0,2/0,001	0,01/0,001	0,002/0,001
Величина связей	1	4000	200	10	2
Единица измерения	мг/м ³	мг/100 г	мг/100 г	мг/л	мг/л

Изменение абсолютных значений связей элементов антропосферы

Элементы антропосферы	Почва	Породы зоны аэрации	Грунтовые воды	Напорные воды
Содержание индикатора	4,0	0,2	0,01	0,002
Пропорции	4/4	0,2/4	0,01/4	0,002/4
Величина вертикальных связей	1	0,05	0,0025	0,0005

Примечание: единицы измерения те же, что и в табл. 1

ной уверенностью предсказать возможное содержание этого загрязняющего вещества в водоносном горизонте. В рассмотренном случае в грунтовые и напорные воды поступает соответственно 0,0025 и 0,0005% от содержания загрязняющего вещества – индикатора в почвенном слое.

Почвенный слой, наиболее полно принимающий техногенное загрязнение, является загрязняющим объектом по отношению к нижезалегающим элементам геосферы и в дальнейшем принимается нами за начальное звено цепи вертикальных связей.

Горизонтальные связи сложны и многообразны и определяются многочисленными факторами: скоростью и направлением ветра, особенностями рельефа (уклоны, крутизна склонов и др.), составом и свойствами почв и горных пород (гранулометрический состав, коэффициент фильтрации, адсорбция, напор подземных вод, глубина их залегания и др.), естественными экологическими барьерами.

Экологические связи, выражаемые через параметры статических элементов и содержания загрязняющего вещества, учитывают суммарное влияние процессов адсорбции распада химических соединений и поэтому могут воспользоваться как обобщенный показатель при прогнозе изменений режима функционирования антропосферы.

Принятые ранее общие показатели техногенных нагрузок – коэффициенты распределения и интенсивности нагрузки, коэффициент густоты транспортной сети, величины техногенной нагрузки – не дают представления об истинных нагрузках на элементы антропосферы, поскольку соотносятся либо с площадью территории съёмки (одного или нескольких листов карты), либо с площадями административных единиц.

Поэтому нами предлагаются иные понятия показателей техногенных нагрузок, отражающих локальный и региональный характер их воздействия и базирующихся на закономерностях миграции и рассеяния вещества в подземных водах.

Общая техногенная нагрузка – отношение массы вещества или отдельного элемента (пыль, химическое соединение, микроэлемент и т. д.), сбрасываемых в год одним или группой воздействия к единице площади рассеяния веществ:

$$T = \frac{M_1}{S}, \quad (1)$$

где: T – техногенная нагрузка, общая или определённого компонента, т/км²; M_1 – масса вещества, поступающего в год от одного или нескольких объектов (по одному или сумме химических объединений) в окружающую среду, тонн; S – площадь поверхности геосферы, воспринимающая антропогенное воздействие от этих же объектов, км².

Прямые экологические связи (I) между объектами воздействия и элементами антропосферы, находящимися на поверхности земли (почва, горная порода), численно равны отношению массы загрязняющего вещества, попадающего на поверхность земли, к общей массе загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду от техногенных объектов:

$$I = \frac{M_1}{M_0}, \text{ доли единицы,} \quad (2)$$

где: M_1 – масса загрязняющего вещества, выпадающего в течение года на поверхность земли, тонн; M_0 – общая масса загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду от техногенных объектов в течение года, тонн.

Определение величины общей техногенной нагрузки на геосферу весьма затруднено в связи с невозможностью точного количественного учёта всего набора загрязняю-

ших веществ, поступающего в окружающую среду, и определения площади рассеяния вредных веществ, тем более, что техногенная нагрузка (T) является величиной переменной, зависящей от множества сочетаний факторов переноса. Этот параметр отражает лишь общую характеристику влияния техногенеза. На поверхности антропосферы происходит непрерывный процесс массопереноса и химических превращений. Попадающие на поверхность вредные вещества вымываются поверхностным стоком, проникают вглубь и сорбируются почвой и породами зоны аэрации, выносятся из почвы в результате испарения и потребления растениями и др. Поэтому несомненный интерес представляет изучение баланса загрязняющего вещества в геосфере, определение долей распределения их и величин связей поступления вредных веществ по всей цепи «объект техногенеза – организм человека».

Содержание загрязняющего вещества в поверхностном слое геосферы непрерывно изменяется в течение года: в сухой период происходит накопление веществ; в период дождей, особенно кислых, содержание их может значительно изменяться. Для получения более объективных значений техногенной нагрузки необходимо проводить опробование поверхностного слоя по опорным пунктам наблюдений. Поэтому нами предлагается понятие об относительной техногенной нагрузке (T), численно равной сумме загрязняющих веществ приоритетного ряда (либо одного загрязняющего вещества), содержащихся в пробах поверхностного слоя мощностью 10 см, отнесённых к единице площади и к определённому периоду года:

$$T = \sum t_i; \text{ мг/100 г на } 1 \text{ м}^2 (\text{км}^2), \quad (3)$$

где: t_i – содержание химического элемента или соединения.

Пример определения величины T показан на рисунке 3.

Экологическая обстановка антропосферы может классифицироваться по степени экологического благополучия (неблагополучия) территории. Выделяются следующие обстановки: *благоприятная*; *условно благоприятная*; *удовлетворительная*; *напряжённая*; *критическая*; *кризисная*; *катастрофическая* (табл. 3).

Благоприятная обстановка характеризуется полным отсутствием каких-либо источников загрязнения природной среды и естественным состоянием экосистем.

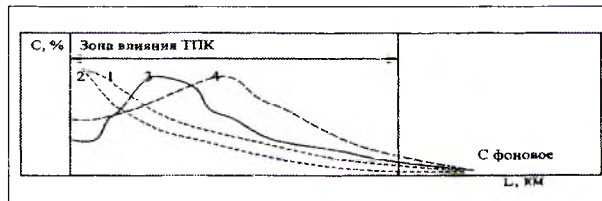


Рис. 3. Характер изменения техногенной нагрузки T от источника загрязнения к внешней границе зоны его влияния. 1, 2, 3, 4 – химические элементы

Условно благоприятная обстановка характеризуется отсутствием крупных очагов химического загрязнения природной среды (в пределах ПДК), допустимым уровнем техногенных нагрузок, наличием естественных (неизменённых) природных систем, благоприятными медико-социальными показателями.

Удовлетворительная обстановка обусловлена наличием незначительных очагов химического загрязнения 1-2 природных сред (до 1-2 ПДК), повышенным уровнем антропогенных нагрузок, появлением проблем, связанных с восполнением и восстановлением природных ресурсов, повышенным уровнем заболеваемости и смертности людей.

Напряжённая обстановка может быть охарактеризована наличием крупных, в ряде случаев ареальных очагов химического загрязнения нескольких природных сред (до 3-10 ПДК), высоким уровнем техногенных нагрузок на природные компоненты, нарастанием проблем дефицита пресной воды, истощением плодородия почв, деградацией растительности, исчезновением животных, высоким уровнем заболеваемости и смертности населения.

Критическая обстановка характеризуется наличием крупных и опасных очагов химического загрязнения нескольких природных сред ареального распространения (от 10 до 100 ПДК), недопустимым уровнем техногенных нагрузок, способствующих процессам деградации и разрушения природных экосистем, истощением запасов воды, воздуха, растительности и животных, резким увеличением заболеваемости и смертности населения, превышающим во много раз средние показатели.

При *катастрофической обстановке* существуют повсеместные, чрезвычайно опасные для здоровья людей и окружающей среды ареалы загрязнения всех природных систем (свыше 100 ПДК), наличие катастрофических техногенных нагрузок, способствующих полному, необратимому разрушению естественных эко-

Таблица 3

Интегральная типология экологического состояния природной среды

Экологическое состояние антропоферы	Показатели состояния антропоферы					Экономические	Социально-демографические
	Природно-ресурсные	Экологические			Частота загрязнений		
		Превышение ПДК	Сфера загрязнения	Характер распространения загрязнений			
Благоприятное	Естественные (неизменённые) экосистемы	Отсутствует	Отсутствует	Не встречается	Допустимые техногенные нагрузки	Допустимый уровень заболеваемости и смертности	
Условно благоприятное	Проблемы, связанные с восстановлением и восполнением природных ресурсов	В пределах ПДК	Локаль-зона	Точечный	Низкий уровень техногенной нагрузки (до 10% изменения природных систем)	Средний уровень заболеваемости и смертности населения	
Удовлетворительное	Наращение проблем дефицита пресной воды, истощения почв, деградации растительности, исчезновения животных	До 1-2 ПДК	По отдельным средам	Локальный	Средний уровень техногенной нагрузки (от 10-20% изменения природных сред)	Повышенный уровень заболеваемости и смертности	
Напряжённое	Активизация процессов, связанных с истощением и деградацией природных ресурсов	От 5-10 ПДК	По нескольким средам	Ареальный	Высокий уровень техногенной нагрузки (от 20-60% изменения природных сред)	Высокий уровень заболеваемости и смертности населения	
Критическое	Кризисное состояние многих природных компонентов, начало процесса разрушения природных систем	От 10-100 ПДК	По всем или нескольким средам	Широкое ареальное распространение	Часто и регулярно повторяющиеся	Резкое повсеместное ухудшение здоровья населения, рост детской смертности	
Катастрофическое	Полное и необратимое разрушение природных экосистем	Свыше 100 ПДК	По всем средам	Повсеместный	Очень часто повторяющиеся	Начало процесса вымирания населения	

систем с полным отсутствием процессов восстановления и восстановления, отмечается начало процесса вымирания населения.

Изложенные в настоящей публикации концептуальные положения по изучению и оценке состояния окружающей среды слу-

жат основой для разработки методики и мероприятий, направленных на улучшение экологической обстановки и управления природопользованием, и показывают перспективность геосистемного подхода к изучению и объективной оценке состояния окру-

жающей среды. В качестве антропосферы можно представить как весь Земной шар, так и отдельные его части различной иерархии (вплоть до одиночных садовых выделов), так как антропосферы высших уровней включают в себя антропосферы более низких уровней. Такой подход можно считать универсальным, потому что антропосфера любого уровня включает внешние и внутренние воздействия, единую структуру составляющих её компонентов, их взаимосвязи, а также оценочные критерии и показатели. Различия между антропосферами заключаются, преимущественно, лишь в наборе показателей и прочности взаимосвязей её компонентов.

Литература

1. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования природных экосистем. М.: Наука, 1986. 298 с.
2. Виноградов Б.В. Преобразованная Земля. Аэрокосмические исследования. М.: Мысль, 1981. 63 с.
3. Одум Ю. Экология: в 2-х т. Т.1. М.: Мир, 1986. 328 с.
4. Охрана окружающей среды в Мурманской области / Госкомстат РФ по статистике. Мурманский областной комитет гос. статистики. Мурманск. 2002. 38 с.
5. Ревзон А.Л. Космическая фотосъёмка в транспортном строительстве. М.: Транспорт, 1993. 272 с.
6. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотеза) // Россия молодая. 1994. С. 185-200.
7. Садов А.В. Современные достижения аэрокосмических методов в гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов Министерства геологии СССР, 1990. 63 с.
8. Садов А.В., Ревзон А.Л. Аэрокосмические методы в гидрогеологии. М.: Недра, 1979. 19 с.
9. Социально-экономические показатели регионов северо-западного федерального округа России в 1995-2001 гг. Статистический сборник. Госкомстат РФ. Карелия. 2002.
10. Федоренко Н.П., Реймерс Н.Ф. Природные ресурсы: системная классификация, учёт и общие принципы управления // Системные исследования природы: Сб. науч. статей. М.: Мысль, 1977. С. 179-195.