

*Л.Н. Карлин, А.В. Дикинис, В.Б. Сапунов*

## КРИТЕРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

*L.N. Karlin, A.V. Dikinis, V.B. Sapunov*

## CRITERIA OF ECOLOGICAL STRESS

*Цель работы – рассмотрение подходов к оценке качества природной среды. Выделены уровни рассмотрения биологических систем, для которых оценивается качество среды. Дана классификация вредных веществ в окружающей среде на токсины, тератогены, канцерогены и мутагены. Предложены три подхода к квалиметрии окружающей среды – антропоцентрический, биоценозоцентрический и специоцентрический. Сформулированы пути развития экологической квалиметрии как самостоятельной области гуманитарных и естественных наук.*

*Ключевые слова: экологическое благополучие, квалиметрия.*

*The aim of article is toward quantitative assay of ecological environment. Levels of living systems organization are listed. All environment damage pollutions are classified on toxins, cancerogens, teratogens and mutagens. Three approaches to quantitative essay of environment are listed. They are approaches based on comfort for human, species and ecological systems. The ecological qualimetry is considered as a special science both of natural and humanitirian fields.*

*Keywords: ecological prosperity, qualimetry.*

### **Введение**

Современной теоретической и практической экологии характерны две противоречивых тенденции. С одной стороны, общество все больше осознает значение экологических знаний и необходимость решать глобальные экологические проблемы, накопленные к началу третьего тысячелетия. С другой стороны, происходит неоправданная политизация экологии, затрудняющая применение экологических знаний на практике. Одна из причин возможности некорректного использования экологических понятий – отсутствие общепринятых критериев экологического благополучия и неблагополучия. Средства массовой информации манипулируют некорректными понятиями типа «плохая экология», «хорошая экология», подчас выполняя политико-экономический заказ. Цель настоящей работы – выяснить, что такое хорошо и что такое плохо с точки зрения экологии, опираясь на достижения экологической науки. Иными словами, авторы ставят перед собой задачу сформулировать квалиметрические подходы к оценке качества среды, окружающей человека и другие организмы, с целью эффективного решения прикладных задач рационального природопользования.

### **Критерии, принятые в профилактической медицине**

Еще до появления экологии как науки профилактическая медицина ставила и подчас успешно решала вопрос о квалиметрии, т.е. оценке качества среды, окружающей человека с медико-биологических позиций (Минх, 1974, Ноология., 1996). Именно санитарные врачи разработали такие важные понятия как предельно-допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества, предельно допустимая доза (ПДД), которую может принять в свой организм человек или животное, предельно допустимый сброс (ПДС), предельно-допустимый выброс (ПДВ), предельно допустимый уровень (ПДВ – для физических агентов) и т.д. Достоинства этих критериев – отработанность и большой эмпирический задел. Недостатки – отсутствие глубокой теории. В профилактической медицине нет учета взаимодействия веществ, отдаленных последствий, генетической изменчивости популяции. Современная экология ввела понятие синергетических взаимодействий, при которых разные факторы окружающей среды могут при совместном действии на человеческие и иные организмы ослаблять или усиливать друг друга [Петин, 2009; Сапунов, 2010].

Характер действия разных веществ на человека и иные организмы может различаться принципиально. Вредные вещества можно разделить на 4 основные категории по действию на организм – токсины, тератогены, канцерогены, мутагены. Токсины отрицательно действуют на физиологические системы организма, не затрагивая генетический аппарат. Тератогены нарушают работу генетического аппарата, но не нарушают самой генетической программы. Канцерогены затрагивают генетическую программу, вызывая образование злокачественных опухолей. Мутагены вызывают наследственные повреждения – мутации. Таким образом, действие токсинов может проявиться немедленно, тератогенов и канцерогенов с некоторой задержкой, а последствия воздействия мутагенов могут сказаться спустя много поколений. Соответственно, разным должен быть и подход к оценке вредности разных веществ, определения ПДК и ПДД. Такие подходы могут быть созданы только на основе синтеза методов медицины, экологии и генетики. Настоящая работа лежит на пути создания такого синтеза.

### **Подходы, уровни и способы**

Развитие любого региона требует объективной оценки экологической обстановки с применением количественных критериев. Фундаментом разработки таких критериев качества природной среды должна стать глобальная экология и учение о биосфере В.И.Вернадского (1975), рассматривающего все живые организмы как взаимосвязанные элементы единой системы. Для создания универсальных критериев оценки качества природной среды применимы три подхода:

1. Антропоцентрический, основанный на оценке динамики численности населения и динамики продолжительности жизни.

2. Специоцентрический, основанный на анализе состояния одного конкретного биологического вида. Речь может идти либо об охраняемом виде, либо о виде, применяемом в биоиндикации для оценки состояния природной среды.

3. Биоценозоцентрический, основанный на анализе состояния динамики биологической массы и биологического разнообразия.

Сочетания трех подходов и нескольких критериев позволит ввести объективные методы оценки состояния природной среды. Подходы, основанные на применении этих критериев, могут способствовать формированию теоретической основы рационального природопользования. Оценка имеет смысл, только если определен структурный уровень организации, по отношению к которому эта оценка работает. Существует множество структурных уровней организации живой природы. Низший – молекулярный. Высший – биосферный. В настоящей работе рассмотрим вопрос об экологическом благополучии применительно к четырем наиболее значимым уровням – организменному, популяционно-видовому, экосистемному, биосферному.

Существует два основных способа анализа экологического благополучия – по компонентам окружающей среды и по реакции биологических систем. Первый всесторонне разработан профилактической медициной. Второй сформулирован таким важным разделом прикладной экологии, как биоиндикацией, активно разрабатываемой с конца прошлого столетия [Биологическая индикация, 1984]. Особо значение в биоиндикации имеет растительных покров урбанизированных биоценозов [Неверова, 2009]. К биоиндикации примыкает близкий метод – биотестирование. Если в случае индикации анализу подлежат организмы, обитающие в природе, то при тестировании используются искусственные модельные системы – например, аквариумы со стенобионтами, через которые пропускают воду, подлежащую анализу на экологическое качество [Федотов, 1992].

### **Квалиметрический метод оценки воздействия внешней среды**

Охарактеризовать состояние природной среды по всем параметрам невозможно. Поэтому предлагается два подхода.

1. Выявление интегральных характеристик, скоррелированных с возможно большим числом свойств среды. В качестве таких интегральных характеристик воды можно рассматривать мутность, прозрачность, насыщенность кислородом и углекислым газом. Генеральные показатели концентрации биогенов в воде, отражающий формы загрязнения – биологическое потребление кислорода, химическое потребление кислорода. Важную роль так же играет концентрация фосфора, как основного элемента, вызывающего эвтрофикацию воды. Если речь идет о внутренних пресных водоемах и водотоках, то их общее состояние может быть оценено как по химическому потреблению кислорода, так и визуально по степени эвтрофикации и отнесения водоема к одной из возможных категорий (дистрофный, олиготрофный, мезотрофный, эвтрофный, гиперэвтрофный, болото) [Сапунов, 2009].

В качестве интегральной характеристики состояние воздушного бассейна можно рассматривать насыщенность его твердыми частицами, что выявляется по прозрачности, концентрации углекислого газа и угарного газа. Эти газы вы-

деляются в ходе комплекса процессов, абиотической, биотической и социальной природы. Соответственно, концентрации этих газов характеризуют общее состояние воздушного бассейна. В качестве дополнения можно охарактеризовать концентрацию соединений азота на основе разработанных методик, как газа, соединения которого оказывают комплексное влияние на психику человека [Безуглая, Смирнова, 2008, Сапунов, 2008].

В качестве интегральной характеристики состава почв приоритетным должно быть определение в почвах концентрации тяжелых металлов. Данная концентрация является особо значимой для биоты.

2. Альтернативный подход, дополняющий первый – интегральная оценка отклика человека и биоты на весь комплекс воздействий со стороны внешней среды. Иными словами, предполагается оценивать результирующий эффект действия разных по направлению и удельному весу факторов среды с учетом возможностей биологического гомеостаза и ассимиляционной емкости экологических систем. Интегральные характеристики, отражающие состояние человеческой популяции – продолжительность жизни, доля мертворожденных детей и детей с наследственными дефектами. Индикаторами так же могут стать изученные организмы, обитающие в пределах городской среды. Индикатором загрязнения вод служат организмы – стенобионты, частная экология которых предусматривает высокие требования к качеству вод – некоторые виды ракообразных, двусторчатых моллюсков, стрекоз. Индикатором загрязнения воздушной среды могут быть насекомые, частная феногенетика которых хорошо изучена. Например, некоторые виды кокцинелид (божьих коровок), жужелиц. Хорошо известно, что в загрязненных районах преобладают меланизированные формы двухточечной божьей коровки – *Adalia bipunctata* [Лусис 1973, Сапунов, 1999]. Индикатором оценки состояния, как воздушной среды, так и почв может служить состояние древесной растительности, доля растений, имеющих тератогенные нарушения (дихотомия, трихотомия, искривление ствола у древесных, нарушение структуры початка у кукурузы) [Сапунов, Дикинис, 2010]. Применение этих относительно несложных по исполнению, но наукоемких по содержанию подходов может быть основой для комплексной оценки состояния природной среды в рассматриваемом регионе.

Квалиметрия, как наука об оценке качества, уже приобрела статус самостоятельного направления науки. Один из лидеров этого направления – А.И. Субетто [1992, с. 159] определил задачу экологической квалиметрии следующим образом. «Экологическая квалиметрия осуществляет различные типы индикации и картографирования загрязнений экосистем в регионе, в том числе разрабатывает методы расчета комплексных показателей и индексов качества... Механизм экологических оценок должен включать индикационные методы измерения и оценки, в том числе биоиндикацию, радиометрическую индикацию, индикацию по генетическим заболеваниям человека, индексы качества питьевой воды, уровень очистки сточных вод, уровень чистоты производства в регионе и др., а так же методы вероятностно-статистических оценок».

Индексная квалиметрия (Яйли, 2008, Яйли, Музалевский, 2005) способна дать число, вариации которого указывают на увеличение или уменьшение экологически значимой величины, не допускающей точного измерения.

В подходе, развиваемом в ряде работ (Потапов и др., 2005), индекс – это величина, построенная из индикаторов. Иначе говоря, индикаторы являются теми элементарными кирпичиками, из которых формируются индексы. Под индикатором понимается численное значение измеряемой величины, мера параметра процесса. Количественно индикатор подсчитывается по формуле:

$$\beta_i = (M_i - F_i) / C_i$$

В этой формуле  $C_i$  – измеренная концентрация ЗВ,  $i$  – его номер,  $M_i$  – эффективное значение концентрации конкретного ЗВ, например, это может быть ПДК рабочей зоны и т. д.  $F_i$  – фоновое значение.

Качество окружающей среды или ее отдельных компонентов может быть оценено на основе сопоставления признаков качества контролируемой системы с системой, выступающей в роли эталона. Для проведения такой оценки качества необходимо наличие контроля и опыта, т.е. присутствия рядом с исследуемым объектом достаточно чистого участка не урбанизированной территории, экологические параметры которой можно рассматривать как базовые. Согласно методологии экспериментального анализа, контроль и опыт должны отличаться одним параметром. В данном случае – степенью экологического давления. В пределах "чистой", контрольной территории (желательно, имеющей статус особо охраняемой) за уровень отсчета можно принять ее основные экологические характеристики в случае, если оценивается химическая составляющая, например, концентраций по одному из следующих вариантов:

- 1) фоновые значения концентраций по всем измеряемым ингредиентам,
- 2) значения ПДК,
- 3) значения, равные разности ПДК и фоновых концентраций соответствующих ингредиентов.

К проблеме оценки качества среды примыкает проблема оценки риска и экологической опасности как меры риска. Экологическая опасность ( $D$ ) – угроза изменения состава или свойств окружающей среды, либо появление изменений, связанных с возникновением в ней нежелательных процессов, обусловленных антропогенным воздействием. Смысл данного определения – вероятностный. Это значит, что диапазон изменений этой величины также меняется от 0 до 1.

Экологическая безопасность –  $S = 1/D$  – величина, обратная экологической опасности. Диапазон изменений будет соответственно  $(1 - \infty)$ .

Приемлемый уровень риска ( $R_{пр.}$ ) соответствует численному значению равному  $R_{пр.} = 0,3-0,4$ . Риски выше этих значений следует рассматривать как неприемлемые. Уровень экологической безопасности, отвечающий уровню приемлемого риска равен  $S = 2,5 - 3,3$ .

Основные теории, описывающие дальнейшее развитие биосферы в зависимости от антропогенного влияния, делятся на две группы.

1. Теории глобальных кризисов, которые являются развитием неомальтузианства – т.е. современной редакцией теории Мальтуса. В числе лидеров этого направления можно указать американского эколога Пола Эрлиха, французского ученого и популяризатора Жака Кусто. Эти теории проповедуют неизбежность наступления серии глобальных кризисов по мере роста населения и научно-технического прогресса [Тайерни, 1989].

2. Теории рога изобилия, утверждающие, что ресурсы Земли и ближнего космоса (например, солнечная энергия) превышают сколь угодно растущие потребности человечества. Лидерами этого направления можно считать американского экономиста Ю. Саймона, датского математика Б. Ломборга [Lomborg, 2002] и др., [Сапунов, 1998а, б].

Сторонники группы теорий "глобальных кризисов" говорят о необратимом разрушении биосферы Земли, вызванном деятельностью человека. Но в соответствии с принципами глобальной экологии, основанной Вернадским, ни один из вымирающих видов не оставляет после себя свободного места. Оно сразу же заполняется другими видами. При этом в большинстве случаев вымирание оказывается мнимым. Дело в том, что наряду с известными и распространенными видами на планете существует множество "скрытых видов", численность которых достаточна для самоподдержания, но мала для устойчивой фиксации их методами полевой экологии. При освобождении экологической ниши доминировавшем в ней прежде видом, скрытые виды быстро размножаются и заполняют брешь в биосфере. При этом геометрическая прогрессия размножения дает возможность заполнить сколь угодно большую нишу за считанное число поколений [Сапунов, 1998а]. Высокую стабильность биосферы обеспечивают:

Большие адаптивные возможности особей, входящих в состав любой популяции, реализуемые в течение онтогенеза.

Высокая потенциальная изменчивость любого вида, возможность подключения дополнительных источников повышения изменчивости при попадании популяции в неблагоприятную среду [Сапунов, 1996].

Мощь геометрической прогрессии размножения, впервые оцененная Мальтусом и в ее биологических последствиях, описанная Дарвином.

4. Многообразие видов в биоценозах, среди которых могут оказаться приспособленные к любым условиям.

Таким образом, программы, связанные с повышением глобальной устойчивости биосферы и обеспечением поддержания биологического разнообразия в масштабах всей планеты путем определенной международной демографической политики, следует считать необоснованными. Эти процессы управляются силами, неподконтрольными человеку. Можно говорить о региональном экологическом контроле, ибо в отдельных регионах ситуация может меняться в неблагоприятную для человека сторону, и этими процессами в каких-то пределах можно управлять.

Биосфера – предельно устойчивая структура, живущая по своим не до конца познанным законам. Глобальные нарушения ей, безусловно, не грозят. Соот-

ветственно, перейдем от биосферного уровня к тем уровням, квалитетический анализ которых может быть эффективным.

### **Организменный и популяционно-видовой уровни**

Принятые в санитарной медицине нормативы ПДК и прочие, по сути, отражают качество окружающей среды для индивидуального среднестатистического организма. Понятие биологической изменчивости здесь отсутствует.

Перейдем к популяционно-видовому уровню. Разберем некоторые аспекты применения специоцентрического подхода. При этом определяющим становится благополучия конкретного вида. В качестве такого может выступать как охраняемый вид, так и индикаторный вид-стенобионт, экологическое потребности которого коррелируют с экологическими потребностями человека. В качестве таких индикаторных видов, в случае, если речь идет о чистоте водоема, могут выступать ракообразные, живущие только в чистой воде [Федотов, 1992].

Каждый вид характеризуется определенным разнообразием морф и популяций. В подавляющем большинстве случаев их количественное разнообразие описывается распределением Гаусса.

Количественное разнообразие популяции – необходимое условие устойчивости. Для стабильной популяции среднее значение  $\pm 2$  средних квадратичных отклонения охватывает 95% всей численности популяции. За этими пределами находятся 5% патологических особей. Именно такая доля ненормальных особей – неизбежная плата за поддержание необходимого уровня адаптивных потенциалов популяции. Попытка определения количественных значений, свидетельствующих о благополучном или неблагополучном состоянии популяции, была предпринята в предыдущих работах (Сапунов, 1988). Благополучной может считаться популяция, в которой коэффициент вариации по большинству признаков –  $CV = \sigma / \mu$  находился близко к 0.1 и доля атипичных форм была близка к 5%. Если эти значения превышались – идет адаптация к неблагоприятным условиям. Если популяционные значения были ниже приведенные выше, значит, популяция оказывалась чрезмерно специализированной и неготовой адаптироваться к возможным изменениям среды. Обстановка может рассматриваться как экологически неблагополучная, если разнообразие морф в изучаемой популяции растет по сравнению с оптимумом. Если разнообразие понижено – популяция может рассматриваться как адаптабельная только к узким пределам изменения среды.

Рост биомассы и численности любого вида ограничены. Изменение численности любой биологической популяции проходит через несколько стадий. На первой стадии численность неизменна. На второй стадии наблюдается рост числа организмов со скоростью геометрической прогрессии. На третьей стадии вновь наблюдается стабилизация численности на достигнутом уровне. Наконец, может наступить 4-я стадия – сокращение численности, которая, однако, в природных условиях обычно не опускается до нуля.

Отсюда формируется антропоцентрический подход к оценке качества природной среды. Он основан на оценке динамики численности населения. Если население растет или не сокращается, то ситуацию можно считать относительно благополучной. Динамика численности населения определяется двумя параметрами – рождаемостью и средней продолжительностью жизни (а также функционально связанной смертностью). Рождаемость в определенный момент развития популяции неизбежно начинает падать, причем это может происходить и в результате роста и в результате снижения уровня жизни. Увеличение продолжительности жизни происходит в результате роста уровня жизни. Таким образом, если в регионе средняя продолжительность жизни (ПЖ) растет или не сокращается, то экологическую ситуацию в регионе следует считать благоприятной. Назовем такой подход к оценке качества природной среды **антропоцентрическим**. По аналогии можно выделить **специоцентрический** подход, основанный на анализе состояния популяции одного вида, который является либо охраняемым для данной территории, либо индикаторным, через состояние которого оценивается качество среды. Если для вида численность не имеет тенденции к снижению, то экологическое состояние относительно благополучно.

### **Специфика оценки благополучия для вида Человек разумный**

Эволюционный успех или неуспех для любого биологического вида, включая Человека разумного, определяется динамикой его численности. Она – суть взаимоотношений рождаемости, смертности и продолжительности жизни. Высшая цель любого исследования и любой практической деятельности – благо человека. Главные показатели экологического и социального благополучия человека – динамика численности и средней продолжительности жизни. Она определяется взаимодействием социальных и экологических факторов окружающей среды.

Продолжительность жизни – один из демографических параметров, который наиболее корректно оценивает качество жизни. Различают индивидуальную, максимальную, видовую, среднюю продолжительности жизни. Индивидуальная продолжительность жизни – срок от рождения до смерти конкретного человека. Максимальная индивидуальная продолжительность жизни отражает видовые особенности, характеризуют биологическую норму реакции по рассматриваемому параметру. Для человека максимальная достоверно зарегистрированная индивидуальная продолжительность жизни находится в пределах 113 – 121 год [Бердышев, 1989]. Видовая продолжительность жизни – это средний максимальный возраст, достигаемый представителями данного вида при наиболее благоприятных условиях существования, т.е. срок жизни, который ограничивается только генетическим своеобразием особей данного вида. Для человека это 95 лет – срок, который может прожить средний индивид при правильном образе жизни. Видовая продолжительность жизни в первую очередь определяется генетическими факторами и незначительно зависит от средовых факторов.

Средняя продолжительность жизни зависит от социальных, экономических, экологических, медико-биологических условий. В историческом плане средняя продолжительность жизни человека неуклонно возрастает [Агаджанян, 1994].

### Уровень экологических систем

Принципиально важный подход для оценки экологического благополучия экосистемы предложили Израэль и Цыбань [1989], введя понятие «ассимиляционная емкость экологической системы». Это – показатель максимальной динамической вместимости количества загрязняющего вещества, которое может быть за единицу времени накоплено, разрушено, трансформировано и выведено за пределы экосистемы без нарушения нормальной ее деятельности. В известной мере это понятие выросло категорий ПДВ и ПДС, рассмотренных выше, путем перевода этих понятий из области профилактической медицины в область экологии.

Состояние биоценоза характеризуется двумя параметрами – биомассой и видовым разнообразием. Простейший подход – оценка биомассы на единицу площади (в первую очередь растительной, т.к. растения составляют 99.2% массы биосферы [Камшилов, 1979, Основы экологии, 1998]. Если биомасса (ВМ) в регионе стала достоверно уменьшаться:  $dBM < 0$ , это признак неблагополучия.

Другая важная характеристика – видовое разнообразие. Его оценка опирается на принцип “Необходимого разнообразия Эшби”, который утверждает, что гомеостатичность системы возможна при некоем минимальном уровне разнообразия входящих в нее элементов. Методы оценки разнообразия менее просты, чем методы оценки биомассы. Во всяком случае, его нельзя оценивать числом видов на единицу площади хотя бы потому, что нет объективных методов такой оценки.

Распределение видов по численности носит характер, изображенный на рис. 1.

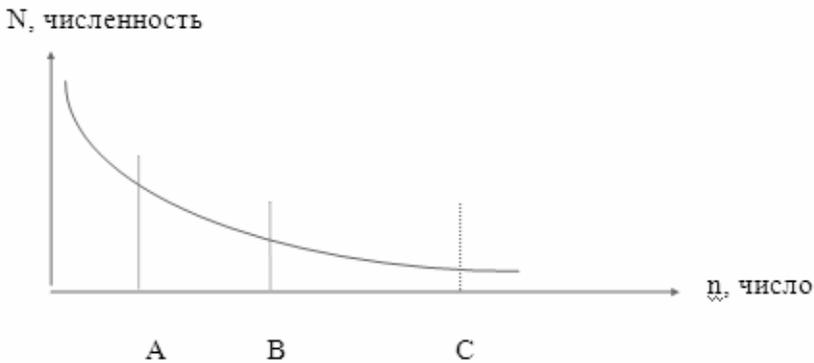


Рис. 1. Распределение видов в биоценозе по численности

Распределение видов по численности описывается уравнением

$$N = D + Ge^{-Hn}, \quad (1)$$

где  $D$ ,  $G$ ,  $H$  – коэффициенты [Сапунов, 1996]. Точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  разграничивают три категории видов – доминирующие (определяющие структуру биоценоза) редкие и скрытые, т.е. насколько редкие, что они не могут устойчиво фиксироваться методами полевой экологии. Последних особенно много и среди их разнообразия может выявиться вид, преадаптированный почти к любым изменениям природной среды. Устойчивость биоценоза определяется не абсолютным числом видов, а той их пропорцией, которая обеспечивает должную гомеостатичность экологической системы. При увеличении крутизны спада кривой сокращается разнообразие экосистемы. Более крутой спад свидетельствует о том, что возрастает степень доминирования основных, преобладающих видов и сокращается доля редких и скрытых видов (хотя общее число видов может при этом значительно не измениться). В соответствии принципом необходимого разнообразия Эшби, гомеостатичность любой системы и экологической системы, в частности, в результате снижается. В предыдущей работе [Сапунов, 1998в] была предпринята попытка найти коэффициенты в формуле (1), соответствующие заведомо благополучному биоценозу на материале насекомых Вепсовской возвышенности – наименее затронутого хозяйственной деятельностью места Ленинградской области. Были найдены значения  $D = 1$ ,  $G = 138$ ,  $H = 1$ . Можно сделать вывод, что при соблюдении достоверности неравенств  $G > 138$  и  $H > 1$  биоценоз снижает устойчивость. В качестве показателей разнообразия ( $D$ ) ряд авторов [Фрумин, 1998] и др. предлагают использовать широко известную формулу Шеннона, исходно оценивающую количество информации в системе:

$$D = -\sum p_i \log_2 p_i,$$

где  $p$  – доля  $i$ -го вида в биоценозе. Достоверное снижение показателя разнообразия свидетельствует о снижении уровня устойчивости системы. Второй вариант оценки степени разнообразия – через значение коэффициента  $H$  в формуле (1). Его достоверное увеличение говорит о увеличении степени доминирования небольшого числа видов и снижении необходимого разнообразия.

### **Заключение**

Природная среда непрерывно меняется. При этом изменения, вызванные естественными причинами, обычно значительнее, чем связанные с социальной деятельностью человека. При любых изменениях среда должна сохранять свою оптимальность для человека и не требовать включения адаптивных резервов, даже если они у человека как вида еще есть. Цель, поставленная настоящей работой, – рассмотрение подходов к оценке качества природной среды. Выделены уровни рассмотрения биологических систем, для которых оценивается качество

среды. Дана классификация вредных веществ в окружающей среде на токсины, тератогены, канцерогены и мутагены. Предложены три подхода к квалиметрии окружающей среды – антропоцентрический, биоценозоцентрический и специоцентрический. Сформулированы пути развития экологической квалиметрии как самостоятельной области гуманитарных и естественных наук. По мнению авторов, генеральная стратегия охраны природы должна основываться не только на сохранении человеческой популяции (какая-то ее часть уцелеет даже после ядерной войны), но на создание благоприятных условий для подавляющего большинства человеческих индивидуумов. Генеральный показатель оптимальности, применяемый в антропоцентрическом подходе к состоянию среды, – средняя продолжительность жизни. Её сокращение в каком-либо регионе свидетельствует об экологическом неблагополучии.

На сегодняшний день еще не существует набора общепринятых критериев экологического качества среды, окружающей человека или иные организмы. Но существующий задел в области профилактической медицины, экологии, генетики и других наук с подключением общей квалиметрии как раздела прикладной математики достаточен для создания таких критериев. Критерии эти должны иметь такой же законодательный характер как традиционные требования профилактической медицины.

Работа выполнена в рамках мероприятия 1.2.1 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственный контракт № П212 от 22 июля 2009 г.) по направлению «Снижение риска и уменьшение последствий природных и техногенных катастроф».

### Литература

1. Агаджанян Н.А. (1994). Экология человека, Москва.– М., с.183–199 [электронный ресурс]: библиотека образовательных ресурсов/ Copyright edulib.ru ГУЦБОР Минобразования РФ – Режим доступа к библиотеке [www.edulib.ru](http://www.edulib.ru).
2. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. СПб, Астериом, 2008, 254 с.
3. Бердышев Г.Д. Реальность долголетия и иллюзия бессмертия. – Киев: Политическая литература Украины, 1989, с. 54–243.
4. Васильев С.В. Воздействие нефтедобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. Новосибирск, Наука, 1988, 136 с.
5. Вернадский В.И. Размышления натуралиста., М., Наука, 1975, 175 с.
6. Биологическая индикация в антропоэкологии. Л., Наука, 1984, 224 с.
7. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. Л., Гидрометеиздат, 1989, 528 с.
8. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. М., Алара Лимитед, 1994, 446 с.
9. Камшилов М.М. Эволюция биосферы. М., Наука, 1979.
10. Корешкин А.И. Демография современной России. Славянская АН. С-Пб.1998. 102 с.
11. Келлер А.А. Кувакина В.И. Медицинская география. Российская медицинская академия.– СПб.: ПЕТРОС, 1999, 194 с.
12. Козубов Г.М., Таскаев А.И. Особенности морфогенеза и ростовых процессов у хвойных растений в районе аварии на ЧАЭС // Радиационная биология. Радиоэкология, 2007, т. 47, №2, с. 204 – 223.

13. Лусис Я.Я. Таксономические отношения и географическое распределение форм жуков *Adalia musland*. // Ученые записки ЛГУ им. П.Стучки, 1973, т. 184, вып. 1, с. 90 – 100.
14. Медков В.М. Демография. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002, 448 с.
15. Медоуз Д., Рандерс И. Пределы роста. 30 лет спустя. М, Академкнига, 2008, 342 с.
16. Минх А.А. Справочник по санитарно-гигиеническим исследованиям. М., Медицина, 1974.
17. Мовчан В.Н. Экология человека, Санкт-Петербургский государственный университет. – СПб: Издательство СПбГУ, 2004, 292 с.
18. Неверова О.А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Биосфера, №1, 2009, с. 82 – 92.
19. Ноология, экология ноосферы, здоровье и образ жизни. С-Пб, Наука, 1996. 268 с.
20. Орлова И. (2002). Смертность в современной России: характер и особенности [электронный ресурс]: журнал / институт социально–политических исследований, Российская академия наук (ИСПИ РАН) – 20. Режим доступа [www.ispr.ru/JURNAL/jurnal109.html](http://www.ispr.ru/JURNAL/jurnal109.html).
21. Основы экологии. Ред. В.Л.Обухов и В.Б.Сапунов. Учебник для средней школы. С-Пб, Спецлит, 1998. 192 с.
22. Петин В.Г., Жураковская Г.П. Концептуальные основы синергетического взаимодействия ионизирующего излучений и других факторов окружающей среды // Биосфера, №1, 2009, с. 58 – 64.
23. Потапов А.И., Воробьев В.Н., Карлин Л.Н., Музалевский А.А. Мониторинг, контроль, управление качеством окружающей среды. Часть 3. Оценка и управление качеством окружающей среды. Научное, учебно-методическое, справочное пособие. – СПб.: РГМУ, 2005. – 598 с.
24. Сапунов В.Б. Количественная оценка пределов внутривидовой изменчивости // Журн. Общ. Биол., 1986. Т.46. С. 79–798.
25. Сапунов В.Б. О возможностях количественной оценки направления микроэволюционного процесса на основе краткосрочного анализа популяции // Биол. Науки, 1988. №4. С. 62 – 68.
26. Сапунов В.Б. Человек: взаимоотношение социального и биологического // Гуманитарий, №1, 1995, с. 50–58.
27. Сапунов В.Б. Глобальные основы устойчивости биосферы. // Фундаментальные проблемы естествознания, С-Пб, РАН, 1998а, с. 187 – 188.
28. Сапунов В.Б. Скрытый экологический резерв биосферы // Региональная экология, 1998б, №1, с. 13–17.
29. Сапунов В.Б. Количественный подход к оценке видового разнообразия (на примере насекомых Вепсовской возвышенности) // Региональная экология, 1998в, № 3–4, с. 39–42.
30. Сапунов В.Б. О возможности количественной оценки направления микроэволюционного процесса на основе краткосрочного анализа популяции // Биол. науки, 1988, №4, с. 62–68.
31. Сапунов В.Б. Критерии экологического благополучия. // Ноология, экология ноосферы, здоровье и образ жизни. С-Пб, Наука, 1996, с. 80–85
32. Сапунов В.Б. Инструкция для проведения фенологических наблюдений на территории Ленинградской области // Экологические вести, №1, 1999, с. 20–23.
33. Сапунов В.Б. Прогнозирование действия вредных газов на население на основе популяционно-генетического подхода // 5-я межд. Конф. Воздух 2007. Качество воздушной среды, СПб, с. 53–54.
34. Сапунов В.Б., Дикинис А.В. Использование городской растительности для оценки экологического качества окружающей среды // Проблемы озеленение крупных городов. Мат. XIII межд. Науч.- практ. Конф. М., 2010, с. 25–27.
35. Сапунов В.Б., Шикунец Г.Ф., Цой Чэнцзюнь. Три составляющих процесса эвтрофикации: динамика биогенов, биомассы и биоразнообразия. Прогноз и управление // Экологическая химия, 2009, т. 18, вып. 1, с. 46–54.
36. Слуга А.Е. (2000). География населения с основами демографии, М– с. 43–52 [электронный ресурс]: библиотека образовательных ресурсов // Copyright edulib.ru ГУЦБОР Минобразования РФ – Режим доступа к библиотеке [www.edulib.ru](http://www.edulib.ru).
37. Спиридонов С.И., Алексихин Р.М., Фесенко С.В., Санжарова Н.И. Чернобыль и окружающая среда, // Радиационная биология. Радиоэкология, 2007, т. 47, №2, с. 196–203.

38. *Субетто А.И.* Творчество, жизнь, здоровье и гармония. М., Логос, 1992, 202 с.
39. *Тайерни Д.* Пари о мировых ресурсах // Диалог-США, 1992, №50, с. 60–65.
40. *Федотов В.П.* Разведение раков. С-Пб, Биосвязь, 1986.
41. *Фруммин Г.Т.* Геоэкология: реальность, наукообразные мифы, ошибки и заблуждения.– СПб, РГГМУ, 2006. – 122 с.
42. *Яйли Е.А., Музалевский А.А.* Риск: анализ, оценка, управление. Научное издание. – СПб.: РГГМУ, 2005. – 232 с.
43. *Darwin C.* The origin of species. L-n, J. Murray, 1859.
44. *Gause G.* Struggle for existance. N.Y., A.P., 1934.
45. *Lomborg B.* The skeptical environmentalist. Measuring the real state of the world // Cambridge Univ Press, Cambridge, 2002. 515 p.
46. *Malthus T.R.* An assay of the principle of population. 1798, L-n, J. Johnson, 396 p.