
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

В.Н. Зыков

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113095

В статье показано, что предметом экологической метрологии являются комплексный контроль экологического состояния территории, а также выбор наиболее информативных критериев оценки состояния экосистем и их биотической, медико-демографической и эколого-гигиенической составляющих, при строгом соблюдении требований фундаментальной (научной) метрологии.

Системы измерений. Отличительной чертой экологической культуры является положение о необходимости создания и организации функционирования социо-эколого-экономических систем природопользования, способных обеспечить *устойчивое развитие человечества* и сохранение благоприятного состояния окружающей среды и природно-ресурсного потенциала для удовлетворения жизненных потребностей нынешнего и будущих поколений.

Это положение является основой «Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», утвержденной Указом Президента РФ от 1 апреля 1996 г. № 440.

К числу основных направлений перехода России к устойчивому развитию относится создание правовых основ и совершенствование действующего законодательства, определяющего экономические мероприятия, направленные на экологизацию природопользования и охрану окружающей среды. Крайне необходима разработка системы стимулирования хозяйственной деятельности и установление пределов ответственности за ее экологические результаты, при которых биосфера воспринимается уже не только как поставщик ресурсов, а как фундамент жизни, сохранение которого должно быть неременным условием функционирования социально-экономической системы и ее отдельных элементов [1; 9].

Конкретизация приоритетных направлений решения экологических проблем, механизмов и финансовых источников их реализации, контроля и корректировки осуществляется в рамках национальных планов действий по охране окружающей среды [2; 10].

В рамках государственной организации общества первичным элементом современных производств и «*инструментом природопользования*» является *предприятие как юридическое лицо*.

Предприятие функционирует как открытая система (рис. 1).

Для него характерно наличие внутренней, внешней среды и каналов взаимодействия этих сред.

Государственный экологический менеджмент осуществляется системой государственного нормативно-правового управления этими каналами взаимодействия внешней (природной) и внутренней (экономической) средой предприятия.

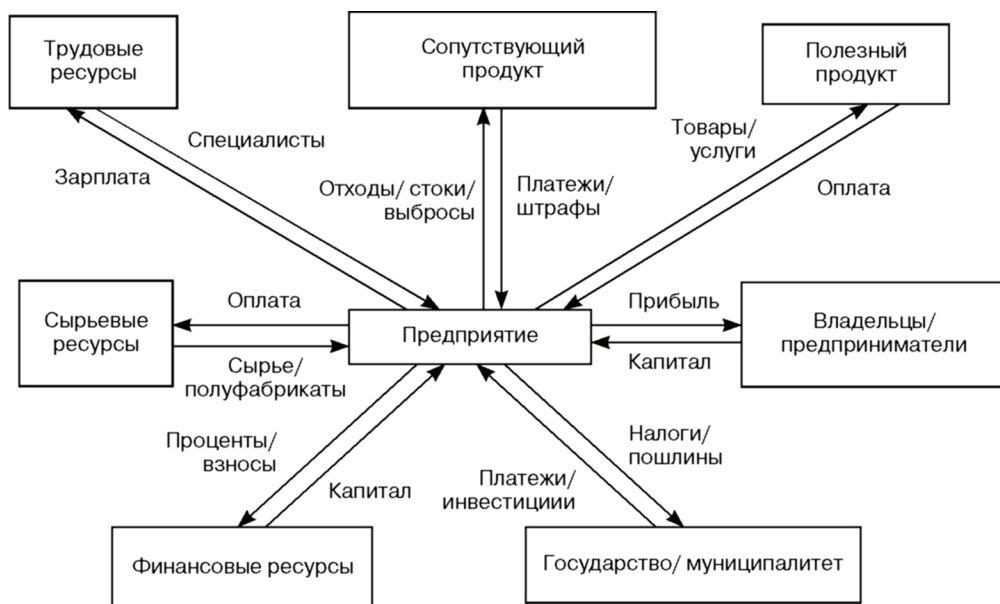


Рис. 1. Предприятие (инструмент природопользования) как открытая система [11]

Нормирование и стандартизация являются важнейшими средствами регулирования природопользования, широко применяемыми как в отечественной, так и в зарубежной практике управления качеством окружающей среды. По своей сущности они относятся к административным методам регулирования. В последние годы в связи с развитием экономических методов управления они все чаще применяются в тесной взаимосвязи с административным методом регулирования, расширяют диапазон возможностей органов управления и придают необходимую гибкость в достижении целей управления.

Разработанные и утвержденные в установленном порядке нормативы выступают в качестве стандартов. Единой классификации экологических нормативов (стандартов) в России в настоящее время не существует, однако в практической экологии общепринятыми являются основные ее признаки (рис. 2).

Норматив является завершающей стадией процедуры измерения. Сейчас трудно себе представить какую-либо деятельность человека, в которой не использовались бы измерения. Измерения ведутся в науке, промышленности, сельском хозяйстве, медицине, торговле, военном деле, при охране труда и окружающей среды и т.д.

Измерения на определенном этапе своего развития привели к возникновению *метрологии*, которая в настоящее время определяется как «наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности». Это определение свидетельствует о практической направленности метрологии, которая изучает измерения физических величин, образующие эти измерения элементы и разрабатывает необходимые правила и нормы [5].

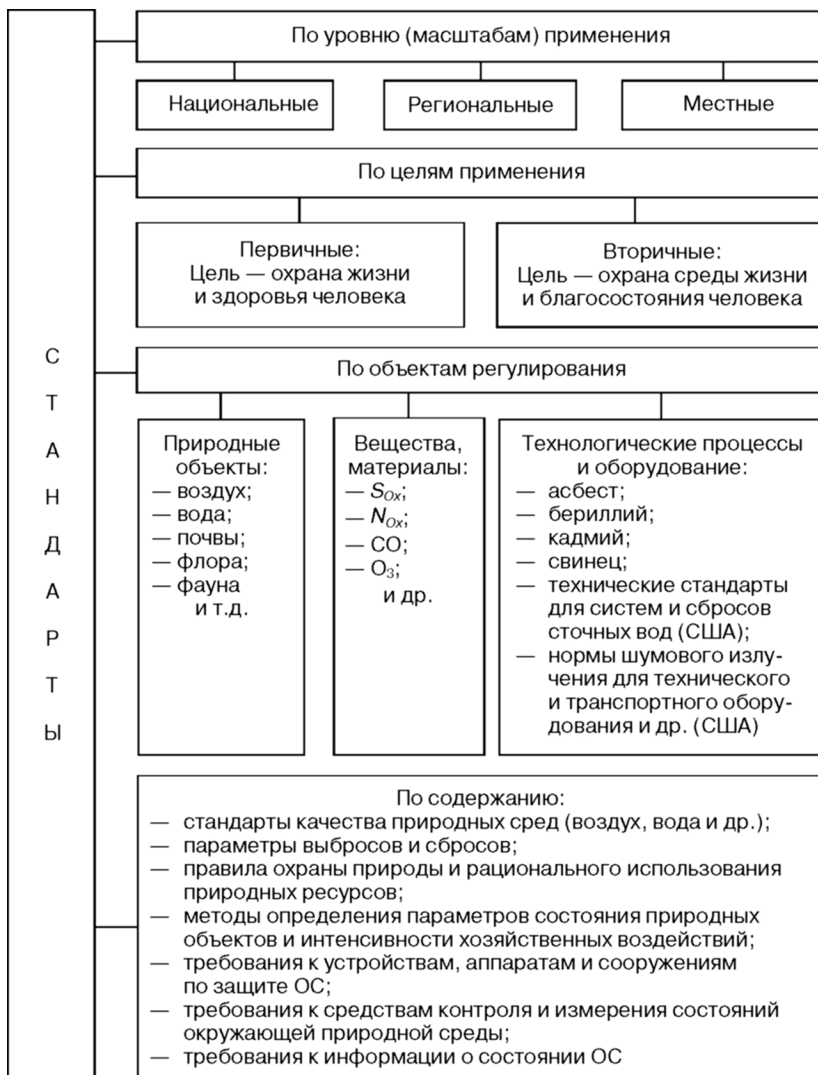


Рис. 2. Классификация стандартов в области экологии [10]

Современная метрология включает три составляющие:

- законодательную (правовую) метрологию;
- фундаментальную (научную);
- практическую (прикладную) метрологию, в частности — экологическую метрологию.

Экологическая метрология — это наука об измерениях в экологии и природопользовании. Ее теоретической базой является экология и фундаментальная метрология.

Как учебная дисциплина экологическая метрология выходит за рамки общей метрологии по следующим обстоятельствам. В экологической практике некоторые из физических величин (время, масса, длина, энергия и т.д.), на проблемах единства и точности которых сосредоточивают основное внимание специалисты-

метрологи, также подлежат измерению. Но более всего специалистов-экологов и природопользователей в экологических измерениях интересуют конкретные показатели окружающей среды, классифицированные по основным признакам социо-эколого-экономических систем (см. рис. 2). Эти показатели по своему содержанию нельзя назвать физическими. Методикой их измерений общая метрология практически не занимается, и поэтому возникла необходимость разработки специальных измерений, результаты которых характеризуют природно-антропогенные нарушения в экосистемах.

Особенностью экологической метрологии является то, что в ней термин «измерение» трактуется в *эмерджентном* (1) смысле, так как на практике недостаточно измерять только физические величины. Принцип эмерджентности лишает смысла отраслевой, однокомпонентный подход к природным явлениям.

В настоящее время выделяют четыре эмерджентных уровня природно-антропогенных нарушений: норма, риск, кризис и бедствие [2; 10]. В основу выделения этих уровней положено ранжирование нарушений экосистем по глубине и необратимости, т.е. по реальным имеющим физическое выражение морфологическим факторам.

Предметом экологической метрологии являются комплексный контроль экологического состояния территории, а также выбор наиболее информативных критериев оценки состояния экосистем и их биотической, медико-демографической и эколого-гигиенической составляющих, при строгом соблюдении требований фундаментальной (научной) метрологии.

В экологической метрологии вместе с развитием фундаментальной и практической ее составляющих происходило становление законодательной экологической метрологии, правовые основы которой базируются, как в России, так и в других странах, на оценке состояния окружающей среды на организменном уровне.

Нормативно-техническая документация, регулирующая в настоящее время природопользование, представлена документами различного уровня — от федерального и отраслевого уровня до нормативов организаций [3].

Законодательная экологическая метрология — это раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, а также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений экологического состояния в природных и антропогенных системах.

Законодательная метрология служит средством государственного регулирования метрологической деятельности посредством законов и законодательных положений, которые вводятся в практику через Государственную метрологическую службу и метрологические службы государственных органов управления. К области законодательной метрологии относятся испытания и утверждение типа средств измерений, их поверка и калибровка, сертификация средств измерений, государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерений, утверждение нормативов (стандартов) оценки состояния и допустимых пределов изменения параметров окружающей среды.

Метрологические правила и нормы законодательной метрологии разрабатываются в соответствии с рекомендациями и документами международных организаций. Тем самым законодательная метрология способствует развитию международных связей и содействует взаимопониманию в международном метрологическом сотрудничестве при определении глобальных задач устойчивого развития в планетарном масштабе.

Эколого-экономическая система — это, прежде всего, территория, пространство. Ее экологическая роль — в тех экосистемах, что расположены на площади этой территории, в их размерах и функциональном значении для более крупных региональных образований, вплоть до биосферы. В наши дни функция экосистем зависит не только от их природных свойств, но и от антропогенного влияния на них, от степени преобразования систем природы.

Однако роль даже крупных экосистем в общей их иерархии сегодня практически неизвестна. Никто не знает пределов надежности конкретных природных систем, их буферности и инерционности.

Н.Ф. Реймерс охарактеризовал сложившуюся на сегодня ситуацию следующим образом [8]. «Мы не знаем реального положения вещей. В лучшем случае можно констатировать, что на территории такого-то региона выбрасывается столько-то тонн загрязнителей, сохранилась такая-то лесистость, запасы леса, уловы рыбы достигают стольких тысяч центнеров и так далее. Но каков критерий экологического состояния территории? Обычно он выражается в ресурсно-экономических показателях: исчезла рыба, не стало леса, истощилась почва — это принесло такие-то убытки и т.п.

Для оценки текущего момента доступно пользоваться интегрально-индикационными показателями. Однако и такой шкалы не существует. Нет универсального гео- или биоиндикатора ни качества среды жизни, ни состояния той или другой экосистемы — биогеоценоза.

Геоботаническая биоиндикация — значительный раздел современной науки. Однако эти индикаторы, как правило, отличают одно сообщество от другого, но не отражают качества среды в нем.

Значительно информативнее — сукцессионные ряды в рамках крупных экосистем. Степень их завершенности, потенциальной возможности достижения фазы климакса развития или наличие ограничений, не допускающих такой завершенности, — важный показатель общего качества среды. Узловые сообщества, параклимаксы, длительно- и кратковременно производные сообщества как реально конечные фазы сукцессии в данном конкретном месте указывают на степень воздействия человека на биотические образования. Но, к сожалению, лишь на напряженность этого воздействия, но не на суммарный экологический результат. Необходим анализ динамических процессов. Он возможен лишь при очень крупном масштабе исследований, наличии дробной карты биотических сообществ и их элементов.

Устойчивое исчезновение части видового состава, а иногда и всего лишь одного вида из состава биоты сообщества сигнализирует о его серьезных перестрой-

ках. Фоновые перемены говорят о крупномасштабном изменении среды. Их можно подметить лишь на особо охраняемых территориях — эталонах природы, причем на их статистически сравнимом ряде (хотя бы при трехкратной повторности). В связи с этим ясна индикаторно-мониторинговая важность заповедников, особенно так называемых биосферных».

Если исходить из концепций макроэкологии (2), за «универсальный» индикатор качества среды и благоприятности условий существования человека можно принять вероятную среднюю предстоящую продолжительность его жизни (медико-демографические характеристики) и уровень заболеваемости (санитарно-гигиенические показатели). Для множества болезней едва ли можно сформулировать единый норматив. Формулировка «практически здоров» безразмерна. Даже уровень инвалидности — недостаточный критерий. Многие становятся инвалидами от трудового и бытового травматизма, что говорит о качестве жизни людей, но не о внешней среде их обитания. Сам критерий инвалидности очень расплывчат. Вероятная средняя продолжительность жизни — более конкретный и доступный показатель.

Экологическую оценку можно дать в виде констатации наблюдаемых процессов в форме отклонения реально наблюдаемой смертности населения от теоретически предельного стандартизированного показателя. Описание также должно основываться на классификации, базирующейся на едином критерии — на показателях темпов самовосстановления природных систем и качественно-количественного состояния биомассы и биологической продуктивности этих систем.

На сегодня мы имеем нормативную и правовую базу, а также достаточно сформировавшуюся научную концепцию для проведения более или менее объективной оценки экологического состояния природно-климатических и хозяйственных регионов. Экологическая диагностика современных природно-антропогенных систем, как правило, осуществляется путем измерения гео-экологических, биологических, медико-демографических и эколого-гигиенических показателей.

Предмет и задачи экологической метрологии. Международное сообщество проявляет все большую заинтересованность в охране окружающей среды, обеспечении устойчивости развития стран и регионов, защите интересов будущих поколений.

Промышленно развитые страны прежде других ощутили приближение экологического кризиса. Еще в 1970-х гг. они предприняли природоохранные меры законодательного и нормативного характера, выработали и в последующем реализовали определенную стратегию управления окружающей средой, другими словами, применили экологически ориентированные методы управления [3; 4; 6].

Развитие этих работ потребовало создания стандартов, определяющих единую методологию их проведения. В 1992 г. появился первый национальный стандарт в этой области — британский стандарт BS 7750 «Системы экологического управления».

Международная организация по стандартизации (ИСО), наряду с продолжением разработки стандартов на методы контроля компонентов окружающей среды

на организменном уровне (воздух, вода, почва), приступила к разработке комплекса международных стандартов на системы экологического управления — стандарты ИСО серии 14000.

В настоящее время приняты первые международные стандарты из указанной серии. Они определили методы создания и обеспечения функционирования систем экологического управления на предприятиях, требования к таким системам, установили требования к экологическому аудиту и др.

Системы экологического управления, являясь составной частью общей системы административного управления предприятий, имеют много общего с системами управления качеством продукции [3]. Это определяет значительное сходство методологий управления качеством продукции и качеством окружающей среды, что отражается и в некоторой общности стандартов ИСО серии 14000 и серии 9000. Различие указанных систем между собой заключается, в частности, в том, что в качестве окружающей среды заинтересована вся общественность, а в качестве продукции заинтересован, прежде всего, потребитель.

Международная электротехническая комиссия (МЭК) также ведет активную работу в области учета экологических аспектов на всех стадиях жизни продукции электротехники и электроники. Свидетельством этому является Руководство МЭК 109 «Аспекты охраны окружающей среды, их учет в стандартах на продукцию электротехники».

Сегодня активно приступили к внедрению экологических требований ИСО и МЭК страны Европейского Союза, США и Япония.

Вхождение России в сообщество промышленно развитых стран с рыночной экономикой требует соблюдения единых норм и правил, в том числе в области применения экологически ориентированных методов управления. В 1998 г. были приняты Государственные стандарты Российской Федерации из серии ИСО 14000, в частности ГОСТ Р ИСО 14001-98 «Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению» и ГОСТ Р ИСО 14004-98 «Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования». 10 января 2002 г. вступил в силу Закон РФ «Об охране окружающей среды», а 27 декабря 2002 г. — Закон РФ «О техническом регулировании».

Используемые в системах управления качеством методы контроля сырья и материалов, поступающих на предприятие, непосредственно применимы для составления производственного экологического баланса в системе управления охраной окружающей среды при учете материальных потоков и контроле продукции на «входе—выходе». Общими являются также методы операционного контроля, контроля оборудования, контроля за приборами и т.п., а также их техническое, метрологическое, организационное, кадровое и иное обеспечение. Поэтому вполне закономерным выступает и значительное сходство поэлементной структуры систем управления качеством и управления охраной окружающей среды, предусмотренной международными стандартами ИСО серии 9000 и ИСО серии 14000.

Однако есть и существенная разница в осуществлении контроля за качеством в системах международных стандартов ИСО серии 9000 и ИСО серии 14000.

Контроль за качеством по ИСО 9000 обеспечен нормативно-правовой базой метрологии, соответствующими измерительными приборами и осуществляется прямыми измерениями физических и химических характеристик с целью нахождения числового значения измеряемой величины в принятых единицах измерения.

Контроль за экологическим качеством окружающей среды по стандартам ИСО 14000 не имеет узаконенной нормативной базы экологических характеристик («норма», «риск», «кризис», «бедствие»). Оценка состояния эколого-экономических систем обеспечивается косвенными измерениями и основывается на известной зависимости между искомой величиной (экологическим состоянием эколого-экономической системы) и непосредственно измеряемыми величинами («индикаторными» показателями организма) аналогичными измерительными приборами.

В то же время современная практическая экология имеет научно обоснованные ботанические, биохимические, пространственные и др. показатели экологического состояния («норма», «риск», «кризис», «бедствие»), которые достаточно уверенно корреспондируются с директивными документами [2; 10; 11].

Следовательно, для эффективной организации и реализации системы управления и охраны окружающей среды весьма актуальным является «экологизация» современной метрологии.

ПРИМЕЧАНИЯ

- (1) **Эмерджентность** — наличие у системного целого особых свойств, не присущих его *подсистемам* и *блокам*, а также сумме элементов, не объединенных системообразующими связями. **Принцип Э.** обязателен при *экологической экспертизе* и *экологическом прогнозировании* [7. С. 608].
- (2) **Макроэкология** (Мегаэкология) — комплексная научная дисциплина, в которой фундаментальные обобщения биоэкологии на основе системного подхода рассматриваются в комплексе с экологией человека, наукой об окружающей среде, проблемами взаимоотношений человека и природы, и исследует социо-эколого-экономическую среду жизни человека [1; 8].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Акимова Т.А., Хаскин В.В.* Экология. Человек — Экономика — Биота — Среда: Учебник для вузов. — 2-е изд. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
- [2] *Зыков В.Н., Чернышов В.И.* Введение в экологическую метрологию и экологическое нормирование: Метод. пособие. — М.: Изд-во РУДН, 2003.
- [3] *Зыков В.Н., Чернышов В.И.* Стандартизация и метрологическое обеспечение в экологии: Учеб. пособие. — М.: РУДН, 2008.
- [4] *Куценко В.В., Гурова Т.Ф.* Экологическая безопасность: методологические подходы и способы реализации. Учеб.-метод. пособие / Под ред. А.Т. Никитина, С.А. Степанова. — М.: Изд-во МНЭПУ, 2003.
- [5] *Никифоров А.Д.* Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. пособие. — М.: Высшая школа, 2002.
- [6] *Протасов В.Ф., Молчанов А.В.* Экология, здоровье и природопользование в России / Под ред. В.Ф. Протасова. — М.: Финансы и статистика, 1995.
- [7] *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. — М.: Мысль, 1990.
- [8] *Реймерс Н.Ф.* Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). — М.: Изд-во «Россия Молодая», 1994.

- [9] Сидоренко С.Н., Зыков В.Н., Чернышов В.И. Проблемные вопросы управления эколого-экономическими системами // Вестник РУДН, Сер. «Экология и безопасность жизнедеятельности». — 2003. — № 7. — С. 8—20.
- [10] Управление природоохранной деятельностью в Российской Федерации: Учеб. пособие / Под ред. Ю.П. Осипова, Е.М. Львовой. — М.: Изд-во «Варяг», 1996.
- [11] Чернышов В.И. Системные основы экологического менеджмента: Учеб. пособие — М.: Изд-во РУДН, 2001.

THE METROLOGICAL BASE OF ECOLOGICAL SYSTEMS MEASUREMENTS

V.N. Zykov

Faculty of Ecology
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoye schosse, 8/5, Moscow, Russia, 113095

In the article is shown that subject of ecological metrology are the complex control of ecological territory condition and the choice of most informative criterions of ecosystems estimation of its biotic, medical-demographic and ecology-hygienic components, at strict demand observance of fundamental (scientific) metrology.