

А.А. Музалевский, Е.А. Яйли

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА (ГЕО)ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
ОБСТАНОВКИ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ
И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОНАХ**

A.A. Muzalevsky, E.A. Jaley

**INTEGRATED ASSESSMENT OF (GEO)ECOLOGICAL
SITUATION IN LARGE CITIES AND INDUSTRIAL ZONES**

В сообщении представлен обзор исследований, а также оригинальная точка зрения по проблеме комплексной оценки геоэкологической обстановки в крупных городах и промышленных зонах. В этой связи рассмотрены: 1. Полнота описания состояния и качества искусственных экосистем и проблема неопределенности. 2. Качество и полнота представляемой в систему принятия решений агрегированной и комплексной информации. 3. Требования к организационной структуре и информационному наполнению такой оценки

Проведены также анализ и сопоставление предложенного подхода к комплексной оценке геоэкологического состояния урбанизированных территорий с существующими методами, представленными в руководящих документах и показаны его преимущества.

A review of studies, as well as an original point of view on the problem of an integrated assessment of the geoecological situation in large cities and industrial zones is presented. Studied in this connection are: (1) completeness of the specification statement of the state and quality of artificial ecosystems and problem of equivocation; (2) quality and completeness of the aggregated and integrated information presented to a decision-making system; (3) the requirements to the organization structure and information content of such assessment.

The article also presents analysis and comparison of the proposed approach to an integrated assessment of geoecological conditions of urban territories with current methods used in the guiding documents; its advantages are shown.

Введение

Обзор (гео)экологических исследований, проведенных за последние десять лет, и направленный на формирование сбора и анализа информации о состоянии природной среды (в том числе о (гео)экологическом состоянии компонентов природной среды крупных городов, прибрежных и промышленных зон), в интересах управляющих и контролирующих органов, позволяют сделать выводы об организации порядка управления оздоровлением окружающей среды в крупных городах и промышленных зонах в интересах улучшения качества жизни населения [1–3].

Один из этих выводов состоит в том, что решение задачи проведения комплексной оценки (гео)экологической обстановки (ситуации) лежит гораздо

глубже, чем это кажется при первичных оценках и поисках зависимостей того или иного рода. Следует весьма осторожно относиться к принятию решений, основанных на «очевидной» информации, так как это может привести к значительным затратам финансов и ресурсов без достижения поставленной цели.

Изначальным должна быть четко сформулированная природоохранная политика органов управления соответствующего уровня, имеющая в качестве механизма реализации конкретную программу практических действий.

Одним из важнейших аспектов обеспечения реализации такой программы, ее контроля и исполнения является разнообразное информационное обеспечение, основывающееся на достоверной базе данных и разумно организованной информационной политике.

Принятие решений, как известно, основывается на информации об объекте и окружающей его внешней среде, то есть по сути дела на оценке состояния объекта и состояния природной среды. От этой оценки зависит качество и эффективность работы системы управления. Более того, сама процедура исследования сложных систем показывает важность этого положения и в процессе проведения принятых решений в жизнь [4].

Отсутствие, недостаточность или искаженность информации, а также ее неудачное агрегирование и комплексирование может привести к отклонению от цели или даже отрицательным результатам. Следовательно, система управления должна иметь объективную как детальную, так и комплексную оценку экологической ситуации, а также иметь представления о тенденциях ее изменения.

При оценке химического и физического загрязнения главных компонентов природной среды, а также оценке их воздействия на биоту и человека, обычно образуется масса всевозможных данных, характеризующих ту или иную сторону факторов воздействия и составляющих отклика на это воздействие. По целому ряду причин возникает «информационный шум». Шумы в любой сложной системе – неизбежное явление, и надо уметь правильно их отфильтровывать.

Комплексные экологические оценки и есть тот фильтр, с помощью которого можно отделить полезную (ценную) информацию от избыточной.

Системам принятия решений, в первую очередь, необходимо иметь обобщенные крупные показатели, характеризующие как общую ситуацию, так и ситуацию по отдельным направлениям, например, состояние растительности, состояние атмосферного воздуха, состояние поверхностных вод и т.п., детализируемые по территории, и тенденции их изменения.

В этой связи примерно с начала 90-х годов рядом учреждений и отдельными специалистами начали разрабатываться новые подходы по методологическому и методическому обеспечению системы принятия решений данными для комплексной оценки (гео)экологического состояния природной среды.

Полнота описания состояния и качества искусственных экосистем и проблема неопределенности

Крупные города, прибрежные и промышленные зоны с полным основанием могут рассматриваться как искусственные экосистемы (ИЭ). Разумеется, есть и другие точки зрения, например, подход, известный как теория эргатических систем, однако в данном случае это не принципиально. Искусственные экосистемы не обладают свойствами естественных экосистем и не способны к саморегуляции, самоподдержанию, самоочищению и самовоспроизводству. Для их функционирования необходим непрерывный подвод вещества и энергии, что, в свою очередь, приводит к накоплению низкокачественной энергии, загрязняющих веществ (ЗВ) и отходов, представляющих собой еще один вид источников экологической опасности. ИЭ представляют собой мощный источник техногенного (антропогенного) воздействия на окружающую среду [5–7].

Таким образом, на местном (локальном) уровне заметно меняются параметры основных характеристик атмосферного воздуха, воды и почвы, что меняет их свойства, а значит, и качество.

(Гео)экологические информационные системы должны, в первую очередь, обеспечивать необходимыми данными систему поддержки принятия решений, что определяет новые требования к обработке информации, извлечению из нее новых знаний, интерпретации, последующей свертке и представлении в виде понятном и приемлемом для лица, принимающего решение [4].

Теоретические положения всестороннего анализа состояния природной среды, позволяющего наиболее полно оценить экологическое состояние и качество всех основных природных и техногенных компонентов, разработаны достаточно давно. Однако, не смотря на растущую потребность разработки количественных (математических) соотношений, на основе которых можно было бы такие оценки проводить, по-прежнему таковые отсутствуют.

Но это лишь одна сторона вопроса.

Второй важнейшей проблемой, возникающей здесь, ***является проблема полноты получаемой информации об исследуемом объекте и полноты представляемой агрегированной и комплексной информации в систему принятия решений.***

Сложность заключается в том, что необходимо оценить в целом всю систему техногенного воздействия на окружающую среду, рассмотреть все особенности этого воздействия и его связи с состоянием природной среды.

Нетрудно видеть, что работы такого рода требуют привлечения огромного числа специалистов самых разных областей знаний и переработке колоссального объема информации. Кроме того, конечная информация, полученная на основе комплексного (гео)экологического мониторинга окружающей среды, имеет ряд специфических моментов как методологических и научно-методических, так и психологических, которые в обязательном порядке должны быть учтены на конечном этапе [7].

В такой ситуации понятно, что решение задачи комплексной оценки (гео)экологической обстановки (ситуации) (КОГЭО) в полном объеме не представляется возможной по целому ряду причин, среди которых не последнее место занимают финансовые трудности.

В этих условиях разумно опираться на принцип *целесообразности и достаточности*. Следует также учитывать наличие имеющейся **предварительной информации и реальные возможности получения новых данных**.

Для информационного обеспечения систем принятия решений необходим специальный этап работы с информацией, позволяющий ее преобразовать и соотнести полученные результаты с общепринятыми, удобными и легко воспринимаемыми шкалами, например, качественными, типа "хорошо – плохо", или количественными, типа "0 – 1", "0 – 10", "0 – 100". Количественные шкалы могут также представлять собой диапазоны численных значений с указанием приемлемых и неприемлемых значений конкретных величин, отобранных в качестве интегральных экологических показателей.

Такое соотнесение, прямо или косвенно, основывается на результатах комплексного (гео)экологического мониторинга (КГЭМ) природной среды в крупных городах и промышленных зонах.

КГЭМ природной среды в качестве подсистем (блоков) должен включать в себя **наблюдение, оценку, контроль и прогноз** в трех предметных составляющих: **химической, физической и биотической** во всех главных компонентах природной среды: **атмосферном воздухе, воде (речной, озерной и морской) и почве (литосфере)**.

При этом наблюдения, оценка, контроль и прогноз должны вестись также по следующим аспектам (направлениям или классам): **состав, процессы, свойства, явления, (эффекты или события)**.

Таким образом, для реализации КГЭМ в полном объеме необходимо вести наблюдения и измерения, по крайней мере, по 36-ти направлениям (три составляющих умножить на три главных компонента и умножить на четыре класса). Получаемые при этом данные имеют разный формат, представляются в разных системах единиц измерения и, что самое главное, они по своему смыслу являются данными разной природы. Свернуть такую разнородную информацию, превратив ее в (гео)экологические интегральные и комплексные показатели, приемлемые для передачи в систему поддержки принятия решений, крайне сложно, и на сегодняшний день эта задача пока не может считаться решенной [7].

По этой и по другим причинам в последние десять лет в России и за рубежом разрабатывались методы свертки и обобщения экологической информации, относящиеся, в основном, к отдельным из вышеуказанных 36-ти направлений или к группе направлений.

Методической основой при работе с базой данных, полученной на основе КГЭМ, для ее подготовки и передачи в систему поддержки принятия решений в

России может служить методология "Оценка воздействия на окружающую среду" (ОВОС), направленная на выявление и прогнозирование ожидаемого влияния на природную среду и здоровье людей со стороны различных техногенных мероприятий и проектов, а также на последующую интерпретацию, свертку и передачу полученной информации заинтересованным органам.

Процедуры, обозначенные в ОВОСе, также как и в целом ряде Руководящих документов (РД), относятся к конкретным природным объектам или системам, рассматриваемым, как правило, по отдельности. Методики свертки информации, изложенные в РД, применяются в основном в классе **состав**, в *химической* составляющей, реже в *биотической* составляющей и, к сожалению, достаточно редко в *физической* составляющей. После класса **состав** наиболее часто для комплексной оценки экологического состояния в рамках конкретной составляющей для выбранного главного компонента привлекается класс **процессы**, затем класс **свойства** и иногда класс **явления (эффекты)**.

Сказанное означает, что реализация КГЭМ и соответственно полнота описания (гео)экологического состояния природной среды или ее отдельного компонента невысока и составляет, в лучшем случае, примерно 5–10%. По этой причине рассчитанные по методикам РД обобщенные показатели только условно можно назвать комплексными и они должны быть интерпретированы в привязке к конкретному случаю для выбранной составляющей в рамках конкретной модели как агрегированные (обобщенные) или интегральные.

Таким образом, полнота описания задается первоначальной постановкой задачи, выбранными моделью и уровнем описания и зависит от объема и качества проводимых работ в каждой из подсистем мониторинга, то есть, мы можем иметь неполную информацию и при наблюдениях, и при оценке, и при контроле. Важным моментом является здесь необходимость оценки полноты описания уже на каждой стадии проведения мониторинга.

В итоге получаемый прогноз будет иметь не более, чем вероятностный характер, причем, по возможности, должна оцениваться степень достоверности этого прогноза.

Проиллюстрируем сказанное на примере оценки «экологического» состояния приповерхностного атмосферного воздуха в крупных городах, проводимую распространенными в России и на Западе методами. Эти методы основаны на так называемой «загрязняющее-ресурсной» парадигме, суть которой заключается в слежении за составом контролируемого объекта.

Для данного главного компонента, в нашем примере – атмосферного воздуха, отслеживание ситуации в одной составляющей (химической) в одном классе (состав) означает получение информации, составляющую всего лишь 1/12 часть от ее полного объема. Иначе говоря, неопределенность при таком подходе составляет величину, превышающую 90 %. Разумеется, такая оценка может иметь место только тогда, когда мы сумели обеспечить в рамках одной

составляющей внутри одного класса 100%-ную полноту описания, что, конечно, невозможно.

Отсюда следует, что публикуемые в официальных отчетах материалы об экологическом состоянии природной среды, основанные только на данных, полученных в рамках одной составляющей внутри одного класса, характеризуются малой информативностью и, на наш взгляд, не имеют права на утверждения типа: «экологическая обстановка на контролируемой территории благополучная».

Органы власти и, к сожалению, некоторые ученые, сознательно вводят общественность в заблуждение. Мало того, что полнота описания экологического состояния весьма низкая, методы такой оценки опираются на нормативы ПДК, которые экологическими не являются. Поэтому к заверениям о том, что «экологическая обстановка благополучная» надо относиться очень осторожно.

Детальный анализ этого вопроса показывает, что наиболее часто при оценке экологического состояния атмосферного воздуха, воды и почв применяется *химическая составляющая и класс состав*. Гораздо менее подробно исследуются процессы и их нарушения, что важно при проведении (гео)экологического мониторинга, еще более редко изучаются свойства исследуемого объекта, и, наконец, неоправданно мало внимания уделяется исследованию явлений (эффектов), имеющих место в контролируемом объекте.

Здесь необходимо уточнить сказанное. Речь идет не о том, что не хватает информации в классах процессы, свойства, явления, а о том, как эта информация используется для последующей комплексной оценки экологического объекта. Сказанное означает, что даже сейчас на основе имеющихся данных можно было бы заметно повысить объективность КОГЭО, если бы имеющиеся данные были бы использованы более эффективно, рис. 1.

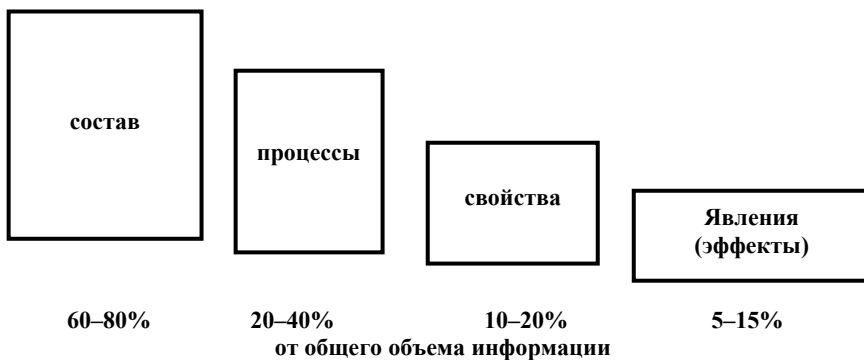


Рис. 1. Примерное процентное соотношение объемов информации по классам (для химической составляющей) при проведении оценки состояния атмосферного воздуха в крупных городах.

Таким образом, полнота описания зависит от большого числа факторов и для ее повышения необходимо изначально четко и ясно обосновать приорите-

ты, сформулировать цели и задачи (гео)экологического мониторинга, применяемого к выбранной модели, наметить конкретные пути, методы и технологию их решения.

Отметим также, что нет нужды описывать те направления, которые бы хотелось осветить с точки зрения полноты описания состояния экосистемы, в том числе и искусственной экосистемы, так как здесь преследовалась цель не перечислить все то, что надо описывать, а отмечалась возможность количественной оценки степени неопределенности в каждом из конкретно рассматриваемых случаев.

Требования к организационной структуре и информационному наполнению КОГЭО

Нетрудно видеть, что если имеется разработанная методология комплексной экологической оценки состояния природной среды, опирающаяся на научно обоснованную модель, то направления, в которых необходимо разрабатывать методы получения агрегированной и комплексной (гео)экологической информации становятся вполне определенными. Ведь далеко не всю полученную информацию необходимо сжимать и агрегировать. И далеко не вся комплексная информация требуется для систем принятия решений [4].

Остановимся на определении набора требований к комплексной (гео)экологической оценке в том случае, если в качестве модели экосистемы взята модель сложной системы. К примеру, этот набор требований может выглядеть следующим образом:

– *формирование КОГЭО должно быть простым и понятным лицу, принимающему решение;*

– *КОГЭО должна быть детальной, а не средней оценкой территории, такой, на основании которой имелась бы возможность проводить оценки относительно небольших территорий, то есть подсистем сложной системы;*

– *КОГЭО должна позволять выявлять территории (зоны) опасные в экологическом плане;*

– *КОГЭО должна быть единой и представлять собой в идеале некоторое математическое выражение (либо набор математических выражений), в которое введены все частные оценки отдельных факторов;*

– *методики проведения частных оценок должны быть самостоятельными, но в то же время они должны входить составной частью в КОГЭО;*

– *частные оценки должны иметь единый базис, то есть общий для всех данных пространственный и временной интервал рассмотрения;*

– *система КОГЭО должна быть открытой, позволяющей ее при необходимости дополнять;*

– *КОГЭО должна проводиться одновременно с анализом полноты описания контролируемого объекта и оценкой возникающей при этом неопределенности;*

- **КОГЭО** должна пройти оценку ее экономической эффективности;
- система **КОГЭО** должна опираться на реально существующую приборно-аппаратную базу и на соответствующего уровня специалистов.

Приведенная методология позволяет перейти к **КОГЭО**, содержащую в себе как существующие на данный момент данные, так и тот минимальный их набор, который необходим как дополнение, а именно:

1. *Группу геофизических, физических и химических факторов, воздействующих на человека и среду его обитания:*

- геолого-гоморфологические особенности территории;
- ландшафтные особенности территории;
- климатические особенности;
- состояние загрязненности атмосферного воздуха;
- состояние загрязненности вод;
- состояние загрязненности почв;
- состояние акустического режима;
- состояние электромагнитных полей;
- радиационную обстановку.

2. *Группу отклика «флора-фауна»:*

- состояние флоры;
- состояние фауны.

3. *Группу здоровья:*

- статистические данные о здоровье населения по возрастным группам, в первую очередь, по детским заболеваниям.

На основе данных по этим трем группам можно, *в первом приближении*, получить обобщенные и интегральные показатели факторов воздействия и составляющие отклика, с помощью которых затем построить показатели **КОГЭО** на контролируемой территории.

Следует отметить, что приведенная методология **КОГЭО** лишь частично учитывает геологическую составляющую. Более детальный учет геологической составляющей требует введения в **КОГЭО** дополнительной информации.

В эколого-геологическом отношении не предлагается нечто необычное и, как правило, выделяют два основных направления [8]:

Первое – оценку геологической ситуации с точки зрения ее благополучия, выражающую уровень экологической безопасности территории и находящихся на ней объектов. В этом случае необходимая информация должна содержать:

- *данные о строении и литологических особенностях пород, трещиноватость, степень выветривания, физико-химические характеристики;*
- *структурно – тектонические особенности территории;*
- *характеристики сейсмичности;*
- *наличие и характер развития геологических процессов, в том числе мерзлотных;*

- обводненность пород;
- наличие геохимических и геофизических полей;
- наличие геоактивных и геопатогенных зон.

Второе – оценка техногенного воздействия на геологическую обстановку.

Поскольку число видов воздействия достаточно велико, то возможны разные подходы к этой многоплановой проблеме. В одном из них различают два типа показателей:

1. *показатели техногенных воздействий на геологическую среду и*
2. *показатели измененности геологической среды в результате этого воздействия.*

Введение геологической составляющей в **КОГЭО**, таким образом, может быть проведено различными способами. Здесь важно отметить, что при этом должна сохраняться вся исходная схема рассмотрения, то есть мы должны остаться в рамках модели сложной системы и в рамках выбранного уровня описания [9].

В заключении отметим следующее обстоятельство. Понятно, что информация, поступающая в систему принятия решений должна быть соответствующим образом обработана. Но подобную обработку далеко не всегда можно выполнить, поскольку часто остается неясным, кому и с какой целью понадобятся соответствующие результаты.

Отсюда возникает проблема представления информации в систему принятия решений любого уровня на основе таких универсальных показателей, которые были бы одинаково приемлемы для всех управленческих структур в плане их иерархии. А это значит, что методы агрегирования и комплексирования данных должны быть, по возможности, максимально приближены к запросам практики.

Резюме

Представляет интерес провести сопоставление применяемых в некоторых руководящих документах (РД) [10] и в иных изданиях комплексных методов оценки экологического состояния и качества отдельных компонентов окружающей среды и подхода, рассмотренного выше. Пока оставим в стороне вопрос о погрешности производимого измерения.

Наиболее часто применяемым показателем в любом руководящем документе является отношение фактической, то есть измеренной, концентрации какого-либо конкретного ЗВ к его ПДК. Рассмотрим близкий к понятию индекса качества критерий оценки изменения экологического состояния воздушной среды. В РД степень загрязнения атмосферного воздуха устанавливается по кратности превышения ПДК с учетом класса опасности, суммации биологического действия загрязнений воздуха и частоты превышения ПДК.

Нетрудно видеть недостаток такого подхода.

Во-первых, комплексные критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия, по существу, оценивают санитарно-токсикологическую ситуацию.

Во-вторых, никакого научного обоснования предложенных комплексных критериев не приводится, что позволяет рассматривать эти критерии как субъективные.

В-третьих, также ниоткуда не следует, почему выбранные показатели должны быть больше или меньше некоторых численных значений.

Предложенные критерии весьма приближены, представляют собой по существу простую сумму показателей и никак не удовлетворяют отмеченным выше рекомендациям по чувствительности, простоте, научной обоснованности и способности к агрегативности.

В таких РД ситуация в целом оценивается только по химической составляющей по классу СОСТАВ и предложенные критерии не могут "работать" в классах СВОЙСТВА, ПРОЦЕССЫ, ЯВЛЕНИЯ. Иначе говоря, эти критерии не способны дать объективную комплексную оценку (гео)экологической обстановки в целом.

Справедливости ради необходимо отметить, что для улучшения проводимых оценок и повышения степени их достоверности составители рассмотренного РД вводят два типа критериев:

1) критерии оценки изменения среды обитания и состояния здоровья населения и

2) критерии оценки изменения состояния природной среды.

Наше сопоставление относится к оценке изменения состояния среды обитания.

Что касается многочисленных методических и прочих изданий локального уровня, посвященных проблеме комплексных показателей (индикаторов) устойчивого развития, в том числе и так называемых общеевропейских индикаторов устойчивости, то их анализ занял бы много места и нет смысла проводить его здесь.

Причина этого состоит, прежде всего, в том, что в таких материалах доминирует чисто популистский, бюрократический подход. Простая проверка на соответствие предлагаемых показателей требованиям Комиссии по устойчивому развитию и правилам отбора для комплексных показателей (индикаторов) показывает, что многие озвученные показатели не являются комплексными индикаторами в том смысле, который им должен придаваться.

Литература

1. Комплексная оценка экологической ситуации большого города (концептуальный документ). // Фонды НИИ. Атмосфера. 1993.
2. Комплексная оценка экологической ситуации. НИИ охраны атмосферного воздуха. Сборник статей. № 3. СПб., 1998. – 144 с.
3. *Кузнецов В.И., Миляев В.Б., Тараканов А.О.* Математический аппарат комплексной экологической оценки. – СПб.: Северо-Балтийский морской экологический фонд. НИИ охраны атмосферного воздуха, 1998. – 72 с.
4. *Музалевский А.А., Потапов А.И., Усанов Б.П.* К вопросу подготовки информации для системы поддержки принятия решений по результатам экологического мониторинга. // Международный Экологический конгресс “Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности”. СПб., 14–16 июня 2000 г. Доклады. Т. 2, с. 151–153.
5. *Потапов А.И., Воробьев В.Н., Карлин Л.Н., Музалевский А.А.* Мониторинг, контроль, управление качеством окружающей среды. / Ч. 1. Мониторинг окружающей среды. – СПб.: изд. РГГМУ. 2002. – 442 с.
6. *Потапов А.И., Воробьев В.Н., Карлин Л.Н., Музалевский А.А.* Мониторинг, контроль, управление качеством окружающей среды. / Ч. 2. Экологический контроль. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2004. – 288 с.
7. *Потапов А.И., Воробьев В.Н., Карлин Л.Н., Музалевский А.А.* Мониторинг, контроль, управление качеством окружающей среды. / Ч. 3. Оценка и управление качеством окружающей среды. Изд. РГГМУ. – СПб., 2005. 598 с.
8. *Назимова Ю.В.* Оценка геологического состояния территории. / Сб. научных статей «Комплексная оценка экологической ситуации». НИИ охраны атмосферного воздуха. – СПб., 1998, с. 49–55.
9. *Холлинг К.С.* Экологические системы. Адаптивная оценка и управление. Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. 397 с.
10. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. РД. Приказ министра ООС и ПР РФ от 30 ноября 1992 г. М., 1992.