Анализ методов оценки экологического риска показывает, что наиболее серьезного развития требует этап определения зависимости «доза-эффект». Предложен один из перспективных методов построения зависимости «доза-эффект» с использованием нейросетевых технологий.

Ключевые слова: экологическая безопасность, риск, информационные технологии, «доза-эффект», нейросетевые технологии.

Особенностью развития техногенной среды за последнее время является изменение ее системных свойств: возникновение рисков, обусловленных длинными причинноследственными связями, их междисциплинарный характер, глобальные изменения техногенного характера, высокая чувствительность к «слабым воздействиям» и др. Это с неизбежностью приводит к необходимости использования системного подхода к анализу техногенных рисков, промышленной и экологической безопасности с использованием методов системного анализа, исследования операций, теории принятия решений, многокритериальной оптимизации и др.

Стержнем концепции экологической безопасности является теория экологического риска, который определяется вредными воздействиями на здоровье населения. Риск - одна из важнейших категорий, отражающих меру опасности ситуаций, в которых имеются потенциальные факторы, способные неблагоприятно воздействовать на человека, общество и природу. Проблема адекватной оценки экологического риска тесно связана со многими другими экологическими и экономическими проблемами - финансированием экологических исследований и природоохранных мероприятий, экологическим страхованием и другими.

В системе социально-гигиенического мониторинга экологическим риском считается потенциальная опасность для здоровья отдельной личности, группы лиц, части населения или населения в целом, возникающая или ожидаемая в связи с неблагоприятным

воздействием отдельных факторов окружающей среды. Рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) определяют риск как «ожидаемую частоту нежелательных эффектов, возникающих от заданного воздействия загрязнителя». Согласно Глоссарию Американского Агентства Охраны Окру жающей Среды (Ш ЕРА) риск есть «вероятность повреждения, заболевания или смерти при определенных обстоятельствах».

В последнее время все большее распространение получает подход к определению риска неблагоприятного события, который учитывает и вероятность этого события, и все его возможные последствия. При этом вероятность события или процесса выступает одним из компонентов риска, а мера последствий (ущерб) - другим. Такое «двумерное» определение риска используется при его количественном оценивании - риск может быть определен как произведение вероятности опасности рассматриваемого события на магнитуду (меру) ожидаемых последствий. Такое представление может использоваться как для оценки безопасности, так и при выборе оптимальных проектных и управленческих решений и представляет собой простейший вариант модели «ожидаемой полезности» в теории принятия решений. При этом в качестве ущерба при анализе экологической безопасности для населения должны использоваться показатели (индикаторы) состояния здоровья - параметры, совокупность которых дает адекватную оценку состоянию здоровья человеческой популяции.

Основные требования к перечню индикаторов достаточно очевидны: полнота и сбалансированность (адекватное отражение общего состояния здоровья населения); чувствительность (статистически достоверное изменение при изменении условий); статистическая зависимость между индикаторами здоровья и среды; интерпретируемость (доступность для понимания); доступность и надежность данных (стандартные методики оценки и возможность сопоставления по времени и регионам); экономичность. За основу перечня индикаторов здоровья населения можно взять соответствующие рекомендации ВОЗ. Однако для использования внутри страны ввиду слишком широкого разнообразия условий проживания по регионам список необходимо расширить, дополнив показателями, позволяющими сравнивать территории и оценивать динамику состояния здоровья населения и среды обитания.

Общая методология оценки риска здоровью, как инструмента научной экспертизы, к настоящему времени достаточно хорошо отработана. Вместе с тем, существует большое количество теоретических и практических проблем, связанных с конкретной реализацией каждого из этапов данной методологии. Эти проблемы особенно обострились в связи с необходимостью внедрения аналитического аппарата в практическую деятельность, в связи с тем принятие оперативных управленческих решений на основе лишь установления причинно-следственных связей или проведения научной экспертизы по оценке риска является не всегда возможным. Все это ставит задачу научного обоснования такой системы оценки риска здоровью, которая бы органично сочеталась с принципами социально-гигиенического мониторинга и методами обеспечения здоровья населения, реализуемыми в существующей практике.

В международной практике процедура оценки риска здоровью при анализе качества окружающей среды состоит из четырех основных этапов: идентификация опасности (выявление факторов, представляющих угрозу для здоровья человека), оценка экспозиции (получение информации о дозовых нагрузках населения), выявление зависимости «доза-эффект» (прогноз изменений в состоянии здоровья человека или группы людей в результате воздействия вредного агента) и характеристика риска (оценка количественных величин риска, анализ и характеристика неопределенностей и обобщение информации). Анализ подходов, методов и методик проведения всех этапов оценки риска показывает, что наиболее серьезного развития требует этап оценки зависимости «доза-эффект». Для обеспечения возможности его реализации, методологически он должен, с одной стороны, основываться на тех же принципах, что и существующая система нормирования вредных факторов окружающей среды, но, с другой стороны, максимально использовать все возможности этой системы с использованием современных вычислительных и информационных технологий. Альтернативный подход - создание специализированной нормативной информационной базы, имеющей правовой статус, широкую доступность и четкие инструкции по ее применению - является важной задачей, но его реализация возможна лишь в весьма отдаленной перспективе, т.к. для этого требуется использование большого объема временных, трудовых и финансовых ресурсов.

Преимущество подхода, основанного на методологии оценки риска здоровью, заключается в возможности анализа ретроспективной и прогнозирования перспективной ситуации. Кроме того, система оценки риска здоровью органично вливается в систему общего управления и принятия решений, принятую в административной практике, так как риск может измеряться и иметь стоимость.

Установить степень влияния на здоровье населения различных факторов можно методами математического моделирования. Для этого часто используется регрессионный анализ, позволяющий с помощью уравнения регрессии, построенного по данным об уровнях факторов в течение определенного времени, определить влияние каждого из них. При этом значения коэффициентов уравнения регрессии выражают воздействие соответствующих факторов на здоровье населения, а свободный член характеризует усредненный уровень здоровья по всем территориям (в том числе, определяемый действием и неучтенных факторов).

Другой способ определения воздействия экологических факторов на состояние здоровья населения с использованием многофакторного регрессионного анализа базируется на динамической информации об уровнях факторов и здоровья населения за ряд последовательных лет по определенной территории. Тогда для каждой территории может быть построено свое регрессионное уравнение, связывающее уровень здоровья населения со значением факторов, коэффициенты которого выражают специфический вклад в уровень здоровья населения каждого фактора на конкретной территории. Оценка воздействия состояния окружающей среды на здоровье населения на макроуровне (например, в целом для страны) осуществляется агрегированием данных, полученных для всех территорий.

Однако большинство существующих моделей не учитывают реакцию системы на возмущающие и управляющие воздействия, а также экономические показатели затрат на предотвращение чрезвычайных ситуаций. Они не позволяют применять показатель степени риска в качестве критерия оптимизации или рационализации («пороговой оптимизации» или «сатисфакции») для принятия решений. В ряде моделей заложена только оценка вероятности аварии или прогноз только ее последствий без оценки степени и допускаемого уровня риска эксплуатации объектов как комплекс-

ных показателей, учитывающих доминирующие комплексные факторы (вероятность аварии и вероятный ущерб).

Одним из перспективных методов построения зависимости «доза-эффект» представляется использование нейросетевых технологий, которые позволяют обрабатывать большие объемы данных и оперативно устанавливать взаимосвязи между входными и выходными параметрами.

Для проверки приемлемости использования нейросетевых технологий для оценки экологического риска построена обобщенная модель влияния вредных выбросов на здоровье населения Красноярского края. В качестве индикаторов состояния окружающей среды использовались объемы выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и веществ 1-2 классов опасности, в качестве основных индикаторов здоровья населения - данные о динамике естественного движения населения, ожидаемой продолжительность жизни и заболеваемости. Для построения нейросетевой модели использовались стандартные методики программного пакета Neuro Office.

Тестовые расчеты показывают, что нейросетевая модель вполне удовлетворительно описывает исходные данные -погрешность по различным показателям здоровья населения составляет от 1,9 до 4,7%.

Расчеты по нейросетевой модели показывают, что снижение объемов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ на 10% при прочих равных условиях может привести к увеличению средней продолжительности предстоящей жизни населения Красноярского края на 1,5-2 года и снижению смертности примерно на 0,1 (на 1000 чел.), что соответствует снижению индивидуального риска на 10-4 в год и риска социального ущерба (или социальному эффекту) в стоимостном выражении на 180-420 млн. руб (в среднем - около 300 млн. руб или 10 млн.долларов).

Расчеты, выполненные на основе предлагаемого подхода, по-видимому, имеют большую степень неопределенности по сравнению с результатами, полученными при точном соблюдении требований научной экспертизы. Однако, его преимуществом является то, что уже сейчас имеются все необходимые правовые, методические и информационные возможности для его внедрения в практику экологической экспертизы и контроля за состоянием природной среды.

Кроме того, предложенный метод анализа риска может позволить, при необходимости, получить объективную количественную информацию о степени опасности конкретного действующего или проектируемого производственного объекта, выявить зоны и территории, где уровень риска превышает значения, при которых необходимо ужесточение контроля или принятия определенных мер по его снижению и обеспечению нормативной безопасности производственного персонала и населения.