

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

Экологическая оценка риска применяется для удовлетворения общественного здоровья и окружающей среды. Обзор экологических рисков в различных странах показывает, что различные методы, используемые компаниями ТРИАДА парадигма предложена в качестве наиболее объективной и доказуемой методологии для оценки экологического риска

Ключевые слова: Оценка экологического риска, антропогенные факторы, окружающая среда, загрязнение, нормативы безопасности.

MODERN APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL RISK

Ecological risk assessment is applicable for appreciation public health and environmental relations. Anthropogenic factors influence on organism and on ecosystems leads to high pollution. Implementation of international standards and tests for risk assessment are searched for by investigated groups. The review of ecological risks in different countries demonstrates different methods used by companies. TRIAD paradigm is suggested as the most objective and provable methodology for ecological risk assessment.

Keywords: Environmental risk assessment, human factors, environment, pollution, safety standards.

Оценка экологического риска (ОЭР) применяется при неоднозначном ответе о техногенном воздействии на состояние окружающей природной среды и здоровье человека (Макаров О., 2002.). На протяжении последних десятилетий в ряде развитых стран (США, ФРГ, Япония, Нидерланды и др.) активно проводится изучение проблем, связанных с оценкой экологических рисков. Под эгидой международных организаций – ЮНЕП, ВОЗ, МАГАТЭ, ИИАСА, SETAC, МНТЦ проводятся исследования по разработке международных стандартов и тестов применительно к влиянию антропогенных факторов окружающей среды на организм и природные экосистемы, оценке экологических рисков и управлению техногенным загрязнением. Проводится активная разработка оценки предельно допустимых концентраций вредных веществ, включающихся в круговорот природных экосистем и поиск путей ограничения антропогенного воздействия на окружающую среду в целом и живой организм, в частности (Bro-Rasmussen, 1988; SETAC 1997).

В странах с развитой рыночной экономикой, высокотехнологичным производством, а также культурой потребления и жесткой правовой ответственностью экологическая составляющая не оказывает столь существенного влияния на стоимость недвижимости и инвестиционную привлекательность проектов, как в государствах с переходной экономикой. Данное обстоятельство предопределяется двумя причинами. Во-первых, в зарубежной практике учет факторов окружающей среды осуществляется на стадии проектирования технологических процессов и составления проектно-сметной документации. Иными словами, экологическая прогрессивность организационно-технических и технологических решений подразумевается как бы сама собой, а затраты на соблюдение экологических стандартов входят в сметную стоимость проекта. Во-вторых, экологическая ситуация в наиболее развитых странах соответствует нормативам безопасности, что не требует дополнительных расходов на приведение качества отдельных компонентов окружающей среды в соответствие с уже установленными нормативами.

Одним из наиболее распространенных и, как считается, объективных методов учета экологического компонента в сознании общества в некоторых зарубежных странах (в

частности, в США) является метод социологического опроса. Населению, проживающему в экологически неблагоприятных условиях, задается вопрос об их готовности и размере оплаты за устранение того или иного негативного отклонения в состоянии окружающей среды. После обработки данных опроса можно действительно достоверно установить процентную или абсолютную поправку к стоимости недвижимости в данной местности.

Экономическая оценка экологических рисков в зарубежной практике складывается из следующих составляющих: ущерб жизни и здоровью людей; ущерб имуществу; ущерб окружающей природной среде и природным ресурсам.

Ущерб жизни и здоровью людей определяется по затратам, возникающим в связи с болезнью, включая расходы на лечение и потерянные доходы. В ущерб жизни и здоровью может также включаться моральный ущерб. На макроуровне оцениваются суммарные потери общества от увеличения заболеваемости и смертности, вызванных загрязнением окружающей среды.

Ущерб имуществу определяется как снижение его стоимости на основе применения стандартных методов оценки: затратного, доходного и сравнительного. В связи с тем, что в странах с рыночной экономикой методология и теория оценки рыночной стоимости имущества имеет давнее и довольно широкое развитие, оценка ущерба имуществу является наиболее отработанной процедурой.

Оценка ущерба окружающей природной среде и природным ресурсам производится по расходам на их замещение или воспроизводство, компенсирующее потери. Воспроизводство включает следующие составляющие: затраты на восстановление или замещение нарушенных природных ресурсов (первичная реабилитация); компенсация услуг природных ресурсов (экологических функций экосистем) за период до их восстановления в исходное состояние; расходы на оценку ущерба.

В Российской Федерации разработка проблемы оценки экологического риска находится на стадии становления. В Федеральном законе РФ от 10.01.02 от №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» дано определение понятия «экологический риск». В соответствии со ст. 1 закона, экологическим риском является «...вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера».

В 80-х и 90-х годах XX века изучение рисков в России было напрямую связано с изучением предполагаемого воздействия наиболее опасных природных и техногенных процессов и явлений на здоровье человека (Легасов, 1984). В последние годы все большее внимание исследователей привлекают вопросы изучения экологического риска в связи с его страхованием (Башкин, 2002). Таким образом, при изучении экологического риска оценка существующего состояния природно-территориальных комплексов, как правило, отходит на второй план. Между тем не меньший интерес, чем последствия аварийных ситуаций на производстве, представляет определение степени техногенной измененности различных природных компонентов в условиях существующего техногенного воздействия.

В развитие методологии по оценке изменения качества природной среды было предложено (Саватеева, 2005) оценивать степень выраженности экологических рисков по пятибалльной шкале, разработанной на основе существующих шкал состояния отдельных природных сред и окружающей природной среды в целом. Указанные шкалы, отражая градации состояния природных компонентов, характеризуют их устойчивость к внешнему воздействию. При этом под устойчивостью отдельных природных компонентов и окружающей природной среды, в целом, подразумевается их способность сохранять функционирование в пределах естественного колебания их параметров.

О.А. Саватеева ввела в природоохранную практику следующие категории выраженности экологического риска: очень слабую (нижняя граница риска) и слабую степень выраженности экологического риска, соответствующие состоянию окружающей среды, когда риск практически отсутствует, а также чрезвычайную и катастрофическую

степень выраженности экологического риска (верхняя граница риска), сопоставимые с чрезвычайной ситуацией и экологическим бедствием.

Оценка экологического риска, по мнению О.А. Саватеевой, должна быть интегральной. Она базируется на системном подходе к решению проблемы и выражена интегральным показателем. Для каждого из ранжированных показателей степени выраженности экологического риска отдельного природного компонента (почвенного покрова, атмосферного воздуха, природных вод, растительного и животного мира, геологической среды), состояния здоровья людей проводится построение картосхем их пространственного распределения с приложением соответствующих пояснительных записок. Посредством пространственного совмещения картосхем отдельных значимых показателей степени выраженности экологического риска отдельных компонентов окружающей природной среды осуществляется построение картосхемы степени выраженности экологического риска окружающей природной среды в целом.

Другой подход к оценке экологического риска определяется как «практика определения природы и вероятности антропогенных воздействий на животных, растения и окружающую среду» (SETAC, 1997). Наиболее корректный анализ сложных взаимодействий между созданным человеком загрязнением и окружающей средой требует применения мультидисциплинарного подхода и определения ряда параметров, которые могут дифференцировать и описать как предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ, так и предупредить отдельные неблагоприятные эффекты на окружающую среду (Charman, 1990). В рамках вышеуказанных методов ОЭР обычно проводится простое сравнение между химическими данными и стандартами качества природной среды (СКС) (Barron and Wharton, 2005), даже если используемые критерии для принятия решения в случаях превышения СКС различаются в разных странах (Bardos et al. 2001; CLARINET 2002).

Недавно в рамках ОЭР для загрязненных почв был предложен Триадный подход (Rutgers et al., 2000; Jensen and Mesman, 2006). Применение Триадного подхода позволяет исследовать возможные негативные эффекты токсикантов на различном уровне биологической организации, от организма до популяции и/или сообщества (Charman 1990). Хотя эта методология несколько лет назад была сформулирована для осадочных пород, ее редко применяли для ОЭР на загрязненных территориях. Парадигма ТРИАД позволяет оценить потенциальные вредные воздействия на экосистему, учитывая одновременно концентрации химических веществ, биодоступность поллютантов и экотоксикологические параметры наблюдаемых экосистем. Последние обычно определяют с помощью набора экотоксикологических тестов, а также мониторинга возможных экологических изменений, которые классифицируются как изменения в структурных и функциональных параметрах сообществ. Пример Триадного подхода подробно описан в работе (Jensen and Mesman 2006).

Данные, получаемые от различных «ветвей» ТРИАД, основаны на возможности измеренных признаков непосредственно представить отрицательные воздействия на экосистему, они разнородны и характеризуются различной релевантностью в отношении полной оценки ущерба, нанесенного экосистеме. Некоторые параметры (такие, как биомаркеры) описывают эффекты на суборганизменном уровне биологической организации, и на различных фазах развития синдрома стресса в модельных организмах (Dagnino et al. 2007). Другие экотоксикологические отклики (как выживаемость и репродуктивность) отражают возможные непосредственные эффекты на уровне популяции (Spurgeon et al. 1994). Химические анализы демонстрируют присутствие потенциально опасных веществ в почвах, но, чаще всего, не характеризуют их биодоступность, которая более угрожает целостности экосистемы (Semenzin et al. 2007). Наконец, прямое определение структуры и функций сообществ позволяет четко определить воздействие совокупности факторов окружающей среды на экосистемы (Crumbling et al. 2001).

Программа оценки экологического риска требует выбора оценочных критериев (потенциально чувствительных рецепторов и их характеристик) и их измерений (метрик,

используемых для оценки потенциального воздействия загрязнителей на рецепторы). Проект МНТЦ КР-2092 основан на количественных методах интегрированной оценки и управления рисками. Методы Weight of evidence (WOE) (оценки значимости данных) – ключевые компоненты оценок экологического риска и риска для здоровья населения, и могут быть определены как форма синтеза отдельных рядов данных; применение этих методов при формулировании заключения о степени ухудшения или риска позволяет оперировать как качественными (изучение видимых различий), так и количественными характеристиками (измерения в условных величинах). Большая часть приложений методов WOE связана с интеграцией отдельных рядов качественных данных (lines of evidence – LOE), показывающих степень воздействия на экологические акцепторы (мишени) или на людей (Linkov et al., 2006). В целях этого проекта количественная методология определения (взвешивания) значимости рядов данных (LOE) будет одновременно охватывать ряды как количественных данных, так и качественных LOE. Методология основана на решении многокритериальных задач (multi-criteria decision analysis (MCDA)), при этом будут сохранены преимущества других вариантов методов WOE, такие как экспертная оценка и применение логических научных аргументов (Linkov et al., 2007).

В настоящее время Триадный подход к оценке экологического риска (ERA) и метод решения многокритериальных задач (MCDA) планируется применять для техногенных районов Кыргызстана с учетом следующих параметров:

1) химические анализы почв (выявление наличия потенциально опасных веществ); 2) экологические параметры (оценка изменений в структуре и функциях микробных сообществ, биоиндикация);

3) токсикологические анализы (выживаемость и репродуктивность, генотоксичность).

Результаты будут обобщены и представлены в виде трех показателей:

1) индекс экологического риска, выявляющий уровень повреждения биологических систем на уровне популяционного сообщества;

2) индекс биологической уязвимости, показывающий потенциальную угрозу равновесию биологических систем;

3) индекс генотоксичности, оценивающий эффекты генотоксичности. Такой подход позволит интегрировать полученный в процессе работы массив экспериментальных данных и дать оценку потенциального риска для почв территорий Каджи-Сая с высокой антропогенной нагрузкой (проект МНТЦ КР-2092).

Литература:

1. [CLARINET] Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies. 2002. Review of decision support tools for contaminated land and their use in Europe. Vienna (AT): Austrian Federal Environment Agency, 192 p.
2. Bardos RP, Mariotti C, Marot F, Sullivan T. 2001. Framework for decision support used in contaminated land management in Europe and North America. Land Contam Recl 9:149–163.
3. Barron MG, Wharton SR. 2005. Survey of methodologies for developing media screening values for ecological risk assessment. Integr Environ Assess Manag 1:320–332.
4. Bro-Rasmussen, F. 1986. Hexachlorobenzene: An ecotoxicological profile of an organochlorine compound. Hexachlorobenzene: Proceedings of an international symposium, Lyon, France, June 24-28, 1986. Eds. C.R. Morris and J.R.P. Cabral. IARC Scientific Publications No. 77, Lyon, France.
5. Chapman PM. 1990. The sediment quality Triad approach to determining pollution-induced degradation. Sci Total Environ 97–98:815–825.
6. Crumbling DM, Lynch K, Howe R, Groenjes C, Shockley J, Keith L, Lesnik B, Van Ee J, McKenna J. 2001. Managing uncertainty in environmental decisions. Environ Sci Technol 35:404A–409A.

7. Dickerson RL, Hooper MJ, Gard NW, Cobb GP, Kendall RJ. 1994. Toxicological foundations of ecological risk assessment: Biomarker development and interpretation based on laboratory and wildlife species. *Environ Health Perspect* 102:65–69.
8. Jensen J, Mesman M. 2006. Ecological risk assessment of contaminated land. Decision support for site specific investigations. 136 p.
9. Linkov I, Satterstrom FK, Kiker G, Batchelor C, Bridges T, Ferguson E. From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: recent developments and applications. *Environ Int* 2006;32(8):1072–93.
10. Linkov I, Satterstrom FK, Steevens J, Ferguson E, Pleus RC. Multi-criteria decision analysis and environmental risk assessment for nanomaterials. *J Nanopart Res* 2007;9(4):543–54.
11. Rutgers M, Faber JH, Postma JF, Eijssackers H. 2000. Site-specific ecological risk: A basic approach to function-specific assessment of soil pollution. The Netherland soil research programme report, Vol 28. Aquasense (NL): RIVM.
12. Semenzin E, Temminghoff EJM, Marcomini A. 2007. Improving ecological risk assessment by including bioavailability into species sensitivity distributions: An example for plants exposed to nickel in soil. *Environ Pollut* 148:642–647.
13. Spurgeon DJ, Ricketts H, Svendsen C, Morgan AJ, Kille P. 2005. Hierarchical responses of soil invertebrates (earthworms) to toxic metal stress. *Environ Sci Technol* 39:5327–5334.
14. Башкин В.Н. Управление экологическим риском. М.: Научный мир, 2005. 368 с.
15. Легасов В.А., Демин В.Ф., Шевелев Я.В. Экономика безопасности ядерной энергетики. М.: ИАЭ-4072-3, 1984. 49 с.
16. Макаров О.А. Состояние почвы как объект экологического нормирования окружающей природной среды. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук М.: 2002. 46 с.
17. Саватеева О.А. Оценка экологических рисков малых городов Московской области (на примере г. Дубны). Автореферат на соискание уч. ст. канд. техн. наук. М.: РУДН, 2005.