© Т.В. Максимова, В.Ф. Шуйский, Д.С. Петров, А.С. Курбатова, 2006

УДК 581.5

Т.В. Максимова, В.Ф. Шуйский, Д.С. Петров, А.С. Курбатова

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ р. ПЛЮССЫ И ЕЕ ПРИТОКОВ НА ОСНОВЕ ИЗОБОЛИЧЕСКОГО МЕТОДА

Семинар № 7

Техногенное воздействие на р. Плюссу в Сланцевском районе Ленинградской области формируется целым комплексом различных производственных объектов (ОАО "Завод "Сланцы", "Цесла", "Ленинградсланец", "Полимер" и др.), причём некоторые из них имеют несколько промплощадок различной дислокации. Эти объекты распределены на водосборной территории р. Плюссы. Сброс производственных сточных вод осуществляется не только непосредственно в р. Плюссу, но и в её правые притоки – Рую, Кушёлку и Сиженку. Это определяет довольно сложный характер формирования техногенной нагрузки на экосистему р. Плюссы.

Задача детального анализа антропогенной сукцессии р. Плюссы выходит далеко за границы темы данной публикации. Здесь этот пример затронут лишь в связи с интересными особенностями пространственного распределения антропогенной нагрузки на реку, что делает особенно эффективным применение изоболического метода результирующей оценки многофакторных техногенных воздействий, уже описанного нами в предыдущих публикациях в "Горном информационно-аналитичес-ком бюллетене" [1, 2]. Напомним, что уровень сложного воздействия выражается кратностью превышения им собственного предельно допустимого для биоты уровня (Y). При этом важно отметить, что структура оригинального изоболического показателя Y впервые обеспечивает адекватный учёт реального эффекта взаимодействия всех комбинируемых факторов.

Изоболический метод оценки многофакторных воздействий на гидроэкосистемы может быть весьма эффективно использован при анализе техногенного экологического риска с учётом следующего [2, 3].

1) Традиционная методология и методы анализа риска опасных событий не соответствуют особенностям анализа техногенного эколого-экономического риска, обусловленного сооружением и эксплуатацией промышленных объектов, и не должны применяться в этих целях.

2) Для анализа эколого-экономического риска, обусловленного сооружением и эксплуатацией промышленного объекта, может использоваться оригинальная многосценарная модель, учитывающая вероятностный характер зависимости всех последовательных событий в каждом их возможном сценарии.

3) При верификации модели для ситуации конкретного воздействия желательно определять для каждого из событий наиболее адекватный тип аппроксимирующего распределения эмпирически. Если это не представляется возможным, допустимо

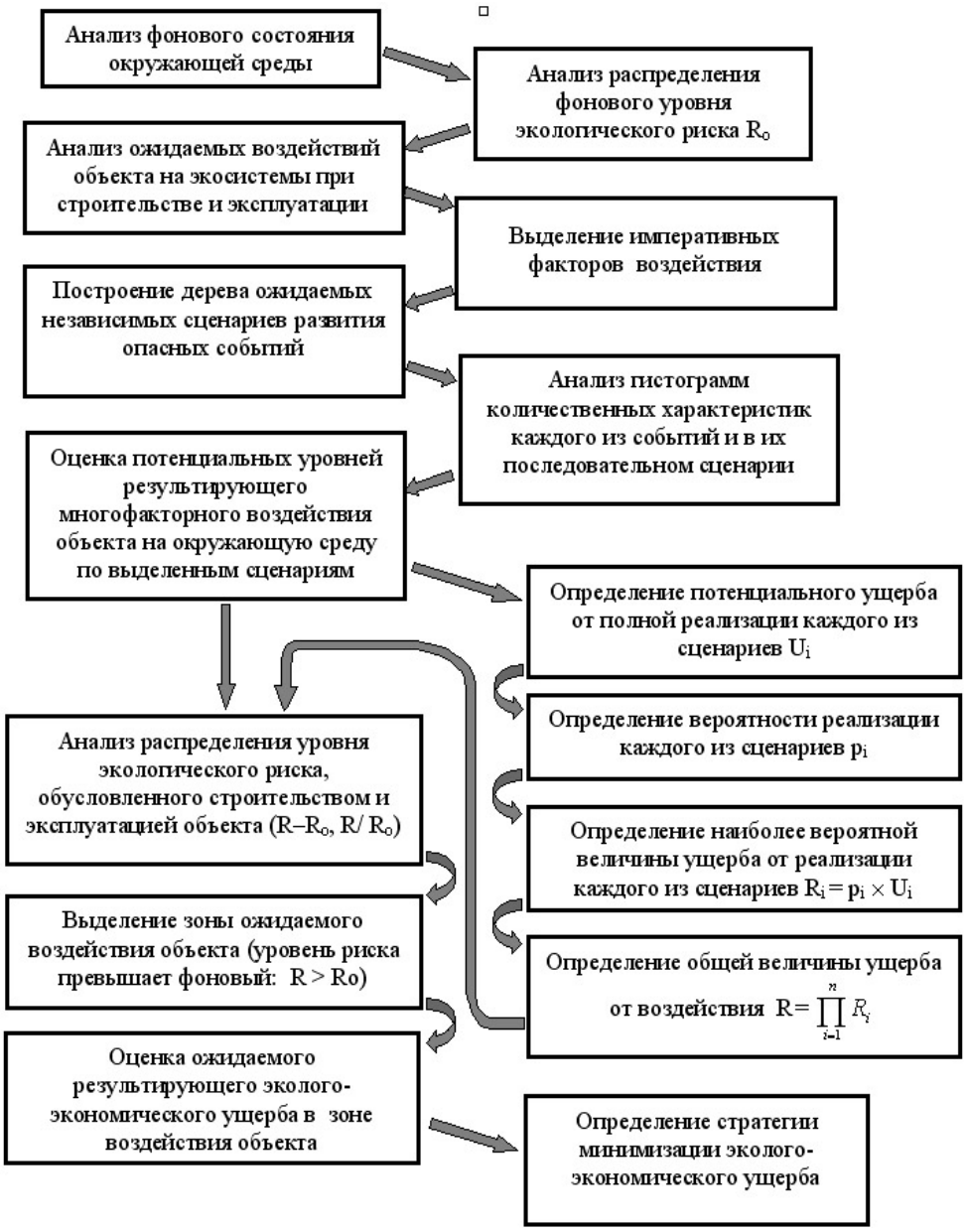

Рис. 1. Блок-схема этапов анализа экологического риска и оценки эколого-экономического ущерба от строительства и эксплуатации промышленного объекта

использовать в расчетах логнормальное распределение, как наиболее вероятное.

4) Анализ эколого-экономического риска, обусловленного сооружением и эксплуатацией производственных объектов, осуществляется по схеме, представленной на рис. 1.

При построении дерева ожидаемых экологически опасных событий прогнозируются не только потенциальные долго-

срочные изменения характеристик компонентов окружающей среды, определяющих их качество (изменения абиотической среды, видового разнообразия биоты, способности экосистем к самоочищению, нарушения автогенной сукцессии и др.). По возможности полно учитываются все ожидаемые экологически опасные события, связанные с эксплуатацией объекта в нормальном режиме и при возможных чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. При этом учитывается вероятностный характер связи между средними значениями классов гистограммы значений предыдущего фактора и соответствующими модами гистограмм значений последующего фактора.

Поскольку значения большинства переменных, связанных сценариями событий, распределяются асимметрично, их мода и медиана могут существенно различаться. При традиционном использовании в расчетах средних арифметических значений переменных это ведет к существенным ошибкам, возрастающим по мере удлинения цепи событий в сценарии. Поэтому при анализе сценариев возможных событий следует использовать результаты вероятностного анализа распределения значений переменных.

Изоболический метод используется именно на этом этапе риск-анализа. С помощью изоболического показателя *Y* может быть оценен ожидаемый к определённому времени уровень результирующего многофакторного воздействия – для каждого из рассматриваемых сценариев, для группы смежных сценариев или же для всего дерева событий в целом.

Как отмечалось, антропогенное воздействие на р. Плюссу и её притоки характеризуется довольно сложной пространственной динамикой. В отличие от более простых ситуаций, пространственные изменения уровня антропогенного воздействия в р. Плюссе не могут рассматриваться просто как монотонно убывающая функция расстояния от некоторого его локального источника. Ситуация осложнена тем, что река поочерёдно принимает воды нескольких притоков, каждый из которых испытывает воздействие различных производственных объектов и, соответственно, загрязняется сточными водами разного состава. В свою очередь, эти притоки поразному влияют и на воды Плюссы. Кроме того, поступление загрязнённых вод из притоков перемежается их сбросом непосредственно в р. Плюссу, что дополнительно усложняет общую картину техногенного воздействия на гидроэкосисте-

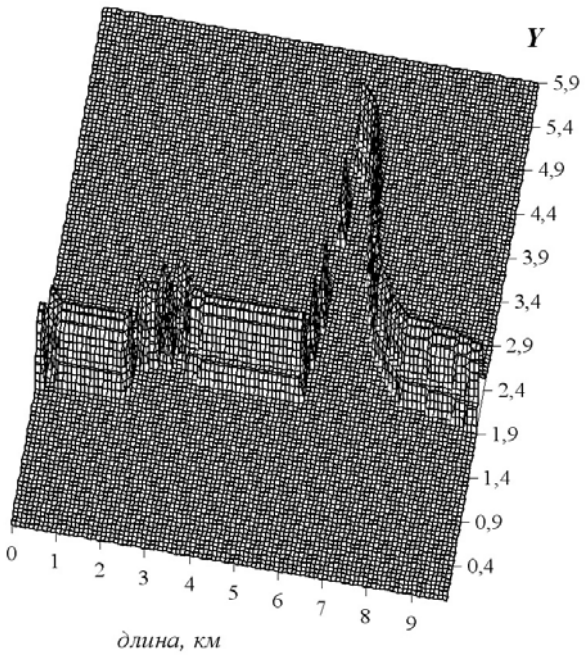

Рис. 2. Динамика значений изоболического показателя уровня многофакторного воздействия Y на импактном участке реки Плюссы. По оси аппликат – частости значений Y

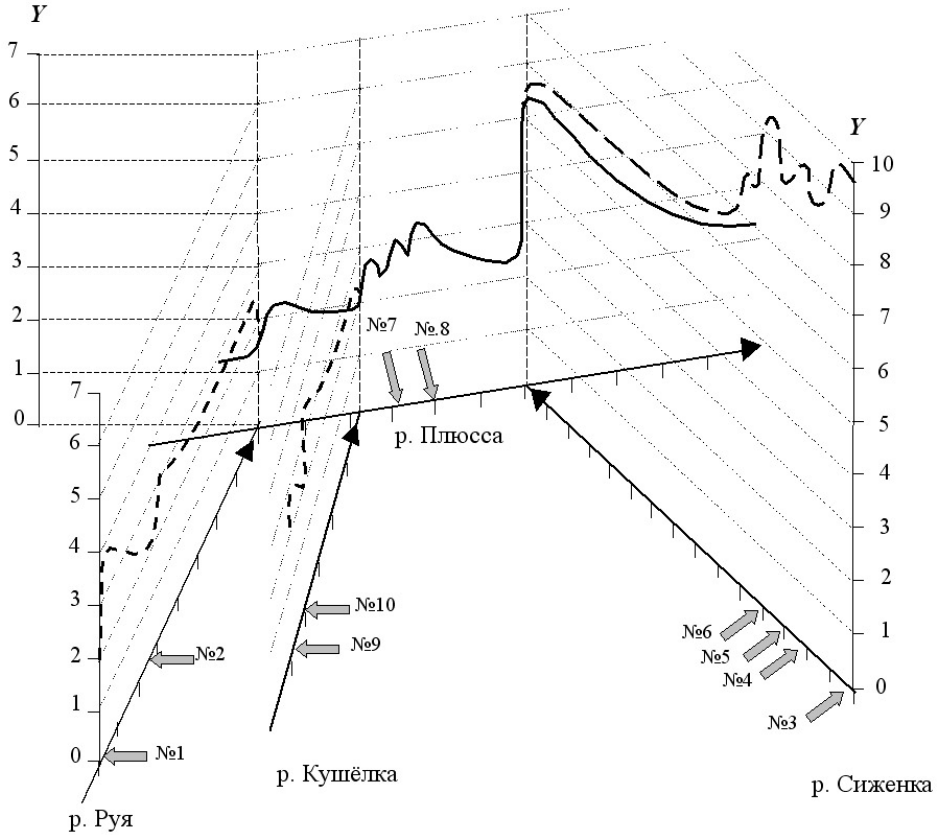

Рис. 3. Формирование многофакторного антропогенного воздействия на реку Плюссу и ее притоки. Отметки на осях абсцисс указывают расстояния (в километрах). Стрелками отмечены выпуски производственных, ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод. На оси ординат – значения изоболического показателя уровня многофакторного антропогенного воздействия на гидроэкосистему (Y)

му.

Результаты гидроэкологических исследований на р. Плюссе и её притоках, проведённых в период летней межени (июль и август) 2000–2003 гг., позволили подробно картировать это сложное воздействие [3] и обобщить результаты его изучения с использованием изоболического показателя результирующего многофакторного воздействия. Ход изменений изоболического показателя *Y*, с учетом распределения его частостей, для импактного участка р. Плюссы представлен на рис. 2.

Общая картина техногенного воздействия на р. Плюссу и ее притоки наглядно демонстрируется на рис. 3. В связи со сложностью рисунка здесь отражен только ход изменения средних, наиболее вероятных значений изоболического показателя *Y*, а соответствующие им гистограммы не отображаются.

Полученные иллюстрации позволяют довольно наглядно представить себе распределение техногенной нагрузки по речной акватории. Так, очевидно, что наиболее существенный вклад в загрязнение р. Плюссы дает р. Сиженка.

Даже фоновый уровень содержания поллютантов в ней весьма высок, поскольку фактически ее истоком является выпуск

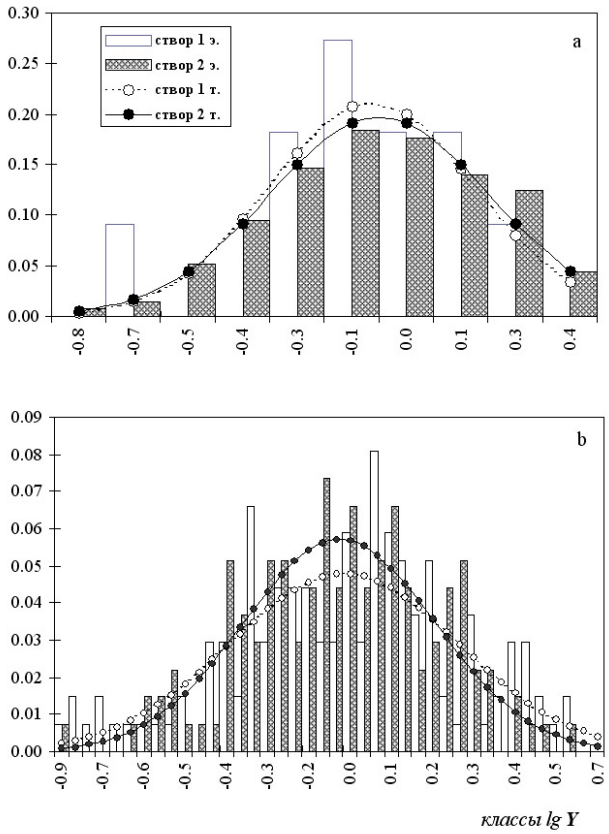

Рис. 4. Пример гистограммы значений изоболического показателя воздействия на биоту Y при техногенном эвтрофировании реки на двух створах наблюдения при 12 (a) и 38 (b) классах вариант ("э." – эмпирические частости, "т." - теоретические (расчетные) частости для логнормального распределения)

шахтных вод № 3, а сточные воды ОАО "Завод "Сланцы" окончательно превращают ее в наиболее загрязненный приток Плюссы.

Полученные результаты изучения пространственной динамики многофакторного техногенного воздействия на р. Плюссу и её притоки использовались как для определения эколого-экономичес-кого ущерба, наносимого речной экосистеме предприятиями Сланцевского района, так и для сравнительной оценки ожидаемой эффективности альтернативных проектов природоохранных мероприятий [3] (пример на рис. 5).

Тренд – теоретические частоты логнормального распределения:

$$F = \frac{N \times c}{\sigma \times \sqrt{2\pi}} \times e^{-0.5 \times \left(\frac{\lg U_n - \overline{U_n}}{\sigma}\right)^2},$$

где $\overline{X}$ – средняя арифметическая логарифмов значений ущерба, σ – среднее квадратическое отклонение, N – объем выборки, C – классовый интервал, F – частота класса (объясненная доля дисперсии эмпирических частот – 95 %; N = = 240 060; C = 0.033; σ = =0,129; мода предотвращенного ущерба $\overline{\lg U}$ = =3,97. Предотвращенный экологический ущерб (R) – 9 350 тыс. руб/год).

В заключение отметим, что применение изоболического метода позволяет не только эффективно осуществлять экологическую диагностику и риск-анализ. Метод даёт возможность решать и обратную задачу [2, 3]:

– определять степень такого необходимого уменьшения значений конкретных исходных факторов, которое обеспечит приемлемый уровень их совместного действия на гидроэкосистему;

– обоснованно выбирать практические меры для обеспечения расчётных значений этих факторов;

– прогнозировать последствия выбранных мер по регуляции факторных значений: рассчитывать ожидаемый результирующий уровень их совместного действия на биоту и, при необходимости, вносить в

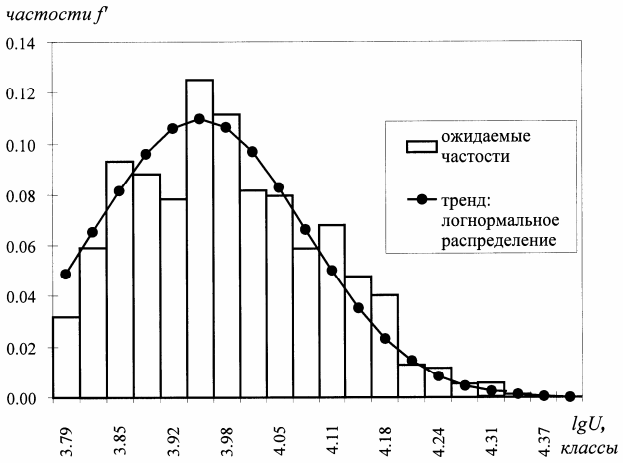

Рис. 5. Гистограмма значений предотвращённого экологического ущерба гидроэкосистеме, ожидаемого от реализации одного из проектов природоохранных мероприятий (U_n, тыс.руб.×год$^{-1}$; масштаб логарифмический) (по [3])

проектные решения соответствующие коррективы, своевременно обеспечивая этим предотвращение и минимизацию будущего техногенного экологического ущерба ещё на стадии проектирования производственного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шуйский В.Ф., Петров Д.С., Матюшонок М.Л., Савченко А.В.* Оценка и подход к нормированию многофакторных техногенных воздействий на биосистемы // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2000 – № 12 – С. 109–112.

2. *Шуйский В.Ф., Максимова Т.В.* Количественная оценка техногенного ущерба гидроэкосистемам на основе анализа эколо-гического риска // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2003 – №1. – С. 135-138.

3. *Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С.* Изоболический метод оценки и нормирования многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы по состоянию макрозообентоса – СПб.: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), 2004 – 304 с.

Коротко об авторах

Максимова Т.В. – аспирантка, кафедра геоэкологии,
Шуйский В.Ф. – профессор, доктор биологических наук, кафедра БП и РГП,
Петров Д.С. – ассистент, кандидат технических наук, кафедра геоэкологии,
Курбатова А.С. – студентка,

Санкт-Петербургский государственный горный институт.