УДК 577.47:502.747

Е.Г.НЕСТЕРЕНКО, О.С.ИВАНОВА
Горный факультет, группа ИЗ-01-2,
ассистенты профессора

РЕЗУЛЬТАТЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА СИНЕРГИЗМА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ИХ КОМБИНИРОВАННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Рассмотрены суммационный и изоболический методы оценки воздействия факторов разной природы на компоненты окружающей среды. Несмотря на простоту суммационной формулы, которая вошла во многие нормативные документы, мы пришли к выводу, что наиболее целесообразно применять изоболическую модель.

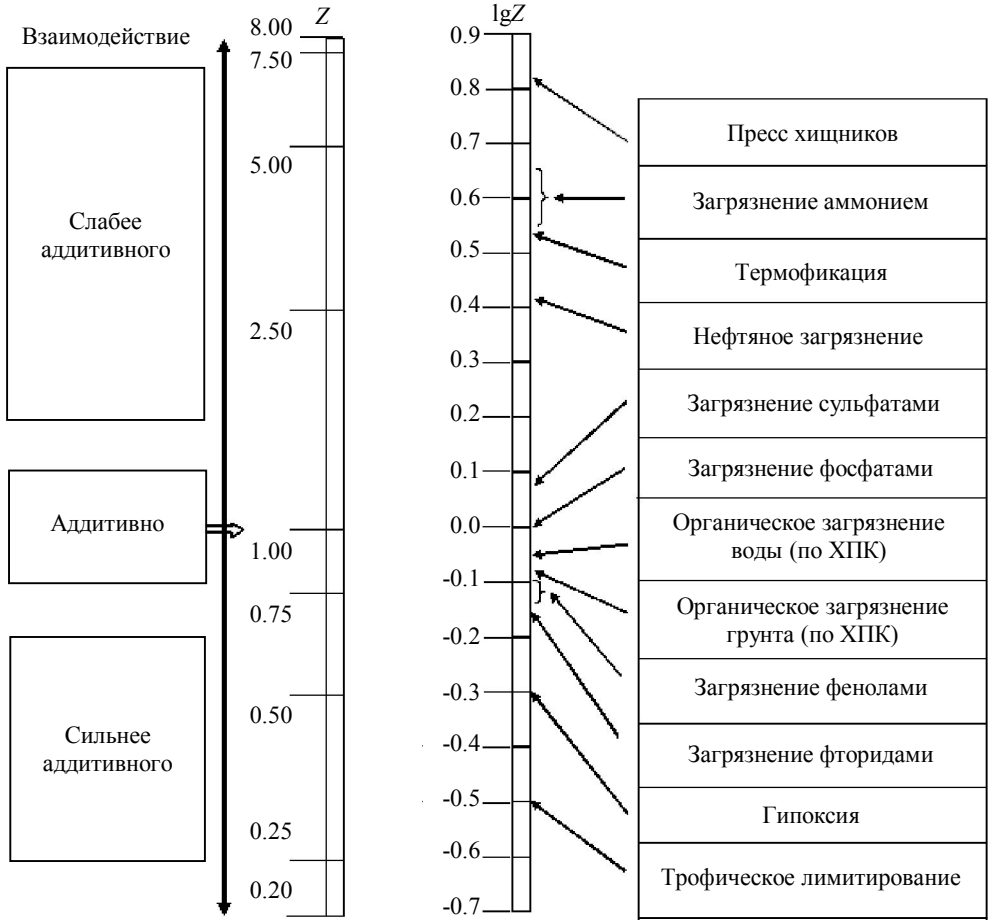
Two methods to estimate the influence of different factors on the environment, summation and isobolometry, are studied in this article. Despite the simplicity of the summation method, which is used in many regulatory documents, it is more advisable to implement the isobolometric model.

Как известно, организм никогда не подвергается действию только какого-либо одного экологического фактора. Общее количество факторов, действующих на любой организм, трудно не только определить, но даже сколько-нибудь точно представить. Наиболее влиятельные, или «лимитирующие», факторы учесть проще. Как правило, реальное воздействие на организм оказывает лишь несколько десятков таких «главных факторов». Они имеют различную природу (физическую, химическую, биологическую) и весьма сложно взаимодействуют между собой.

Совместно факторы могут действовать совсем иначе, чем по отдельности. Иногда они ослабляют действие друг друга: например, если они взаимодействуют химически с образованием безвредного продукта или оказывают противонаправленное действие на одну и ту же систему органов. Чаще взаимодействие факторов в той или иной степени усиливает их эффект. Простейшим частным случаем последней ситуации считается суммарное действие, которое передается известной аддитивной формулой (сумма отношений концентрации веществ к их ПДК).

Так, например, оценивают и нормируют примеси к атмосферному воздуху в «группах суммации» (очевидно, правильнее было бы назвать их «группами суммирования»). В группы суммации объединены вещества, которые, как принято считать, примерно одинаково действуют в организме на один и тот же рецептор. О том, как опасно суммировать эффект веществ сходного действия, для которых не доказана строгая аддитивность, предупреждал и сам автор данного подхода токсиколог А.Г.Аверьянов*. Именно он констатировал и описал суммационный эффект для нескольких наркотиков одинакового действия, однако отметил, что при малейшем дополнительном усложнении состава смеси описание их взаимодействия аддитивной формулой теряет корректность. К сожалению, современные эпигоны аддитивной модели часто пренебрегают этим предостережением. Например, принято суммировать действие диоксида серы, оксидов азота и оксида углерода. Однако известны опыты, показавшие, что и в остром, и в хроническом режиме воздействия эффект этой смеси гораздо сильнее суммарного, что связано с появлениями принципиально новых изменений организма. Подлинно аддитивное взаимодействие экологических факторов

* *Аверьянов А.Г.* К вопросу об оценке воздушной среды при наличии нескольких вредных комонентов // Гигиена и санитария. 1957. № 8. С.64-67.



Результаты изучения различных многофакторных воздействий на биоту рек и озер Северо-Запада России. ХПК – химическое потребление кислорода

вообще и химических агентов в частности встречается в природе очень редко.

Тем не менее, благодаря своей простоте суммационная формула вошла во многие нормативные документы, ее применяют для нормирования смесей вредных веществ и в воздухе, и в воде. Концентрацию остальных веществ просто по одиночке сравнивают с их ПДК, т.е. молчаливо принимают, что они как бы не взаимодействуют с другими компонентами газовоздушной смеси. Нами используется более точный, изоболический, метод оценки совместного действия факторов разной природы*. Предельно допустимый уровень совместного действия факторов определяется формулой

$$\sum_{i=1}^{n}\left[\left(X_{ij}-X_{i0}\right)\left(X_{it}-X_{i0}\right)^{-1}\right]^{Z_i}=1,$$

где X_{ij} – j-е значение i-го фактора; X_{i0} и X_{it} – его оптимальное и толерантное значение.

Параметр Z показывает силу взаимодействия конкретного фактора с остальными: при $0 < Z < 1$ взаимодействие сильнее аддитивного, при $Z = 1$ – взаимодействие аддитивно, при $Z > 1$ – взаимодействие слабее аддитивного. Следует отметить, что в разных факторных комбинациях значения параметра Z, рассчитанные для одного и того же фактора, изменялись довольно слабо, что облегчает их интерпретацию и сравнение (см. рисунок).

Отметим, что изучаемые факторы отражали не только химические вещества, они имели самую разную природу, что вполне соответствует реальной ситуации многофак-

* Количественная оценка, нормирование и регуляция многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы. Закономерности лимитирования пресноводного макрозообентоса экологическими факторами / В.Ф.Шуйский, Д.С.Петров, Т.В.Максимова, О.С.Иванова // Зап. Горного института. 2003. Т.154. С.115-118.

торного воздействия на биоту окружающей ее среды. Более или менее близким к аддитивному, или суммарному, оказалось взаимодействие с другими факторами органического загрязнения воды и грунтов, загрязнения воды фосфатами, сульфатами и фенолами. Наиболее слабо влияли на другие факторы пресс хищников, загрязнение воды аммонием, сброс подогретых вод с электростанций.

Наиболее резко усиливали эффект других вредных факторов хроническое недоедание и кислородное голодание. Очевидно, эти факторы непременно следует учитывать при оценке и нормировании многофакторных воздействий на любые компоненты окружающей среды.

Таким образом, нормирование сложных воздействий теперь получает адекватную количественную основу.

Научный руководитель д.б.н. проф. *В.Ф.Шуйский*