

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.Р. Амаро Медина¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

INTEGRAL ASSESSMENT OF ECOLOGICAL WELL-BEING OF WATER OBJECTS

D.R. Amaro Medina¹

¹Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Рассматриваются теория, методология и опыт применения методов интегральной оценки для характеристики экологического благополучия (ЭБ) водных объектов. Приводятся модели и результаты интегральной оценки ЭБ ключевых систем.

The theory, methodology and experience of the integral assessment methods of ecological well-being (EW) are considered. The models and results of the EW assessment are presented.

Введение.

Вопросы оценки экологического состояния, экологического статуса, экологического благополучия и здоровья сложных природных систем начали активно обсуждаться в научной литературе в конце XX века в связи с развитием методов оценки эмерджентных свойств сложных систем в природе и обществе. Необходимость создания интегрального показателя экологического благополучия или «экологического паспорта реки» обсуждается с конца 1960-х годов до наших дней [1, 2].

В исследовании объектом изучения является речная система (РЧ). Под РЧ здесь будет пониматься система, состоящая из двух подсистем «водоток» и «водосбор», для каждой из которых определяется совокупность параметров, по которым будет производиться оценка экологического благополучия (ЭБ). Для каждой подсистемы будет рассчитываться интегральный показатель экологического благополучия (ИПЭБ) для ключевых геосистем. Предметом исследования в работе является экологическое благополучие.

Материалы и методы.

Для оценки экологического статуса и благополучия экологической ситуации в большинстве случаев используются обобщенные индексы в виде авторских d – функций или функций желательности. Они представляют собой способы перевода натуральных значений в единую безразмерную числовую шкалу с фиксированными границами. Необходимость введения функций желательности определяется различной размерностью переменных, входящих в индекс, что не позволяет усреднять их без каких-либо преобразований и необходимостью изменения весовых коэффициентов при изменении приоритетов оценивания.

В данном исследовании в качестве аналитической d -функции используется линейная свертка нормированных равновесных (неравновесных) значений критериев. Для нормирования используются: неубывающая и невозрастающая кусочно-степенные функции [3].

Диапазон изменения результата нормирования q_i находится в пределах от 0 до 1. В исследовании, «0» соответствовал высшему значению экологического благополучия, а «1» – низшему.

После нормирования значений параметров вводится интерпретирующая функция $Q(q) = Q(q_1, \dots, q_m)$, преобразовывающая нормированные показатели q_1, \dots, q_m в единый интегральный показатель $Q = Q(q)$, сопоставляя, j -му свойству некоторую числовую оценку $Q^{(j)} = Q(q^{(j)}) = Q(q_1^{(j)}, \dots, q_m^{(j)})$. В качестве синтезирующей функции выбрана функция вида $Q = q(q, w) = Q(q_1, \dots, q_m; w_1, \dots, w_m) = \sum q_i w_i$.

Результаты и их обсуждение.

Для создания классификации экологического благополучия речных систем были отобраны 63 критерия. Классификации создавались с использованием авторских оценочных шкал, входящих в различные оценочные классификации: продуктивности, качества сред (вода, атмосфера, почва), устойчивости и др.

Для оценки экологического благополучия для подсистемы водотока был выбраны параметры, образующие группы: 1-морфометрические и физико-географические, 2-

климатические, 3-гидрологические, 4-гидрохимические, 5-гидробиологические, 6-самоочищение, 7-риски загрязнения и устойчивость водотока. Для подсистемы водосбора также были выбраны соответствующие критерии оценки, образующие блоки: 1-благоприятность климата, 2-качество и загрязнение атмосферного воздуха, 3-качество и загрязнение почвы, 4-потенциальная устойчивость водосбора, 5-устойчивость почв.

В результате нормирования для подсистем реки и водосбора были получены шкалы интегральных показателей внутри каждой группы параметров (интегральный показатель 1-го уровня свертки) и между группами параметров (интегральный показатель 2-го уровня свертки или шкалы сводных показателей). На первом этапе величина интегрального показателя рассчитывалась при условии задания равных приоритетов (весов) для параметров, входящих в группу «водоток» и для параметров, входящих в группу «водосбор».

Одним из этапов исследований, важным для доказательства адекватности получаемых результатов, на наш взгляд, является разработка и реализация тестовых сценариев. Выполнение таких расчетов обусловлено необходимостью подтверждения применимости созданной модели-классификации для выполнения дальнейших исследований для водотоков и водосборов, различающихся по своим свойствам и их сочетаниям. В связи с этим рассмотрено 8 тестовых сценариев: четыре для водотока и четыре для водосбора. По результатам расчетов по сценариям 1 - 8 был сделан вывод о том, что разработанная классификация объективно отражает различные сочетания свойств водотока и водосбора таким образом, что разным комбинациям сочетаний соответствуют разные классы ЭБ. При этом в рамках «АСПИД» и «APIS» учитывается точность и достоверность полученных результатов [4]. Из результатов следует, что значения ИПЭБ, рассчитанные для чистых, устойчивых, разнообразных по составу, имеющих низкие риски загрязнения, сравнительно высокое самоочищение водотоков и водосборов, имеют более высокие классы ЭБ (I и II), а для водотоков и водосборов, имеющих альтернативные свойства – более низкие классы (III - V).

Для оценки влияния приоритетов (весов) на ИПЭБ речной системы были выполнены расчеты для трех вариантов задания весов на втором уровне свертки показателей: 1 – равновесность; 2 - антропоцентризм (акцент на жизнеобеспечение человека, общества, их ресурсобеспечение, использование санитарно-гигиенических регламентов и нормативов и т.п.); 3 - биоцентризм (сохранение среды жизни для гидробионтов, приоритет использования методов биологического контроля качества среды и т.п.). Для вариантов 2 и 3 использовались возможности «АСПИД» и «APIS». В итоге, для всех вариантов на основе качественного задания приоритетов были получены средние количественные значения весовых множителей.

На следующем этапе реализовано построение ИПЭБ для второго уровня свертки (сводный показатель) для водотока и водосбора для трех рассмотренных вариантов. Анализ результатов показал, что расхождения ИПЭБ для оценочных шкал по классам ЭБ водотока не велики. Расхождение между классами составило: 12,5% (I-II); 17,2% (II-III); 10,6% (III-IV); 5,8% (IV-V). Для водосбора эти различия несколько больше. Расхождение: 25% (I-II); 21,9% (II-III); 24,4% (III-IV); 11,6% (IV-V). Во всех классах, как и для водотока, максимальные отличия присущи третьему варианту задания приоритетов (биоцентризм). Наибольшие отличия отмечены между вариантами 2 и 3. Равновесное задание приоритетов дает промежуточный результат между 2 и 3 вариантами.

После этого был рассмотрен природный объект и оценено его ЭБ на основе рассмотренных критериев. В качестве примера выбрана река Мста и ее водосбор, расположенные на территории Северо-Запада РФ. Для задания характеристик использовались средние значения параметров внутри групп (первый уровень свертки).

Экологическое благополучие реки Мста и ее бассейна определялось путем расчета ИПЭБ по трем рассмотренным выше вариантам. Определение класса ЭБ рассматриваемого объекта выполнялось по тем же правилам, что и в вариантах 1-3.

Было выявлено, что для ключевого объекта по значениям ИПЭБ, полученным в варианте 1 (равновесное задание параметров), ЭБ реки попадает в левую границу II класса (0,24) при границах класса 0,18-0,33, а ЭБ водосбора попадает в правую границу I класса (0,20) при границах класса 0-0,22. При расчетах по варианту «2» (антропоцентризм), ЭБ реки Мста также попадает в левую границу II класса (0,23) при границах класса 0,18-0,34, ЭБ ее водосбора – в правую границу I класса (0,18) при границах класса 0-0,20. Расчет по варианту «3» (биоцентризм)

показал, что ЭБ реки и ЭБ водосбора попадают в середину II класса (0,25) и (0,33) соответственно. Для шкалы ИПЭБ водотока границы класса составляют от 0,16-0,29, а для ИПЭБ водосбора – от 0,25 до 0,39.

Важной частью исследования являлась проверка предположения о том, перейдет ли речная система в другой класс ЭБ, если одновременно гипотетически увеличивается антропогенная нагрузка по ряду параметров. Для проверки было решено выбрать группы параметров, наиболее уязвимые при антропогенном воздействии. Для водотока были выбраны группы гидрохимических и гидробиологических параметров, а для водосбора – группы «качество и загрязнение атмосферного воздуха» и «качество и загрязнение почвы».

В варианте «1н» нагрузка внутри названных групп была увеличена на 30%, а в варианте «2н» - в 2 раза (на 200%). Задание весов (приоритетов) - равновесность.

Анализ полученных в «1н» и «2н» значений ИПЭБ для реки Мста и ее водосбора показал, что на обе подсистемы (реку и водосбор) ощутимо повлияло увеличение нагрузки в «2н». Полученное значение ИПЭБ реки Мста свидетельствует о переходе системы от левой границы II класса (0,25) к его правой границе (0,32), то есть, ухудшению экологического благополучия практически на один класс. Расчет сводного показателя ЭБ для водосбора показал незначительное изменение. При двукратном увеличении нагрузки (в 2 группах из 5) водосбор реки сохранил свои свойства и параметры режимов в пределах класса, в котором он находился до воздействия, а двукратное увеличение параметров режимов в водотоке (в 2 группах из 7) обусловило переход реки в более старший класс (снижение класса ЭБ).

Литература

1. Paul Logan. Ecological quality assessment of river and integrated catchment management in England and Wales. Scientific and legal aspects of biological monitoring in fresh water. Bristol, United Kingdom, 2001. – pp. 25-32.
2. Дмитриев В.В., Мякишева Н.В., Хованов Н.В. Многокритериальная оценка экологического состояния и устойчивости геосистем на основе метода сводных показателей. I. Качество природных вод. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 1996. № 3. - с. 40-52.
3. Хованов Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1996. - 196 с.
4. Hovanov, N. et al. Multicriteria estimation of probabilities on basis of expert non-numeric, non-exact and non-complete knowledge. European Journal of Operational Research, Book 195, №3, 2009. – pp. 857 – 863.