

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ВОДОСБОРА ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Васькова Е.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
ecoloeseniia@yandex.ru*

Предложена методология интегральной оценки экологического благополучия (ЭБ) водосбора. В качестве аппаратной методологии используется метод сводных показателей с использованием 22 критериев, агрегированных в 4 блока. Для апробации рассмотрен водосбор Иваньковского водохранилища с использованием равновесной модели задания приоритетов на всех уровнях свертки. Оценка выполнена для 5 классов (от I – высокое; до V – низкое) ЭБ. В результате, получено, что водосбор Иваньковского водохранилища относится к IV классу ЭБ.

Ключевые слова: экологическое благополучие, водосбор, Иваньковское водохранилище, метод сводных показателей, композитный индекс.

Введение. Иваньковское водохранилище является стратегически важным водным объектом для нескольких регионов, обеспечивая водоснабжение населения и промышленных предприятий. Экологическое благополучие водосбора водохранилища определяет социально-экономическое благосостояние населения, регионов в целом и водного объекта. На протяжении нескольких десятков лет исследуются экологическое состояние и благополучие водосбора и водохранилища с большим уклоном в отношении деградации экосистем [1-3].

Экологическое благополучие водосбора является интегральной оценкой, которая представляет собой многоуровневую и многокритериальную оценку, учитывающую иерархическое соподчинение подсистем, их свойств и влияющих факторов в условиях достаточного информационного обеспечения и при недостатке информации об их приоритетности. В перечень основных индексов для получения интегрального показателя экологического благополучия водосбора включены, учитывающие различные системные свойства (качество и токсическое загрязнение сред, устойчивость к изменению параметров), субиндексы.

Материалы и методы исследования. В настоящее время накоплен ряд работ, посвящённых интегральной оценке экологического благополучия водосбора [4-7]. Исследования производятся на основе метода сводных показателей [8], который зарекомендовал себя в эконометрии, экологии и других технических отраслях, требующих качественной оценки.

Объектом апробации методологии является водосбор Иваньковского водохранилища долинного типа, которое в территориальном отношении находится в Тверской и Московской областях - основной источник водоснабжения Москвы.

Общая схема получения интегральной оценки экологического благополучия водосбора Иваньковского водохранилища представлена на рисунке.

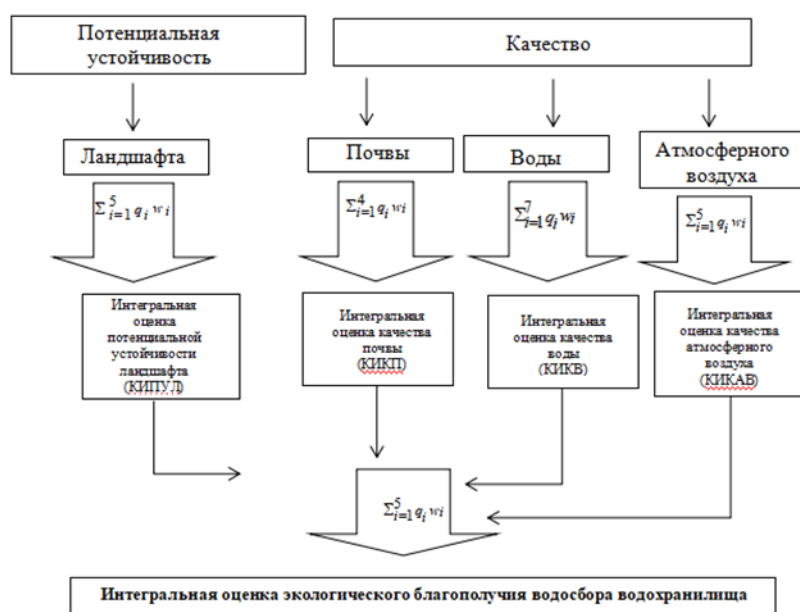


Рисунок – Этапы интегральной оценки экологического благополучия водосбора Иваньковского водохранилища

В основе методологии заложена этапность получения интегральных (компози-
тных) индексов каждой подсистемы общей системы оценки.

Методология представлена пятью этапами:

– 1. Выбор блоков критериев или субиндексов: отбор критериев оценки. Общее число критериев в данной работе – 22, которые разбиты на четыре блока – потенциальная устойчивость ландшафта, оценка качества сред – почвы, воды, атмосферного воздуха.

6. 2. Определение минимальных (*min*) и максимальных (*max*) значений критериев $x = (x_1, \dots, x_n)$, входящих в блоки [9]. Одновременно вводится пять классов ЭБ водосбора (I класс – высокая степень ЭБ, II класс – нормальная степень ЭБ, III класс – средняя степень ЭБ, IV класс – низкая степень ЭБ, V класс – чрезвычайно низкая степень ЭБ).

– 3. Формируется вектор $q = (q_1, \dots, q_m)$ нормированных показателей, представляющих собой функции $q_i(x), i = 1, \dots, m$, вектора исходных критериев $x = x_1, \dots, x_n$ и оценивающих различные аспекты исследуемого объекта с использованием m различных критериев.

Значение $q_i \in 0 \leq q_i \leq 1$, где $q_i = 0$ – благополучие системы, $q_i = 1$ – чрезвычайно низкая степень ЭБ.

– 4. Выбор интерпретирующей функции интегрального показателя $Q = Q(q, w)$ – сводная оценка Q .

7. 5. При определении весов должно выполняться условие: $w_i > 0, w_1 + \dots + w_m = 1$.

Перечень отобранных критериев каждого блока интегрального показателя, представлены в таблице 1, 2.

**Таблица 1 – Критерии методологии для оценки
экологического благополучия водосбора водохранилища**

Наименование показателя	Перечень критериев
Потенциальная устойчивость ландшафта	Оценивается по величине композитного индекса потенциальной устойчивости ландшафта (КИПУЛ) для 5 классов по 4 критериям: радиационный баланс (ккал/см ² год), радиационный индекс сухости (К), ветровой режим: количество дней с сильными ветрами (баллы), индекс биологической эффективности климата (ТК).
Качество водных объектов водосбора	Оценивается по величине композитного индекса качества водных объектов водосбора (КИКВ) для 5 классов и включает 7 критериев: цветность (град), перманганатная окисляемость (мгО/л), концентрация Мп (мг/л), концентрация Fe (мг/л), концентрация Р _{общ} (мгР/л), концентрация РО ₄ (мгР/л), концентрация нитритного азота NO ₃ (мг/л).
Качество почвы	Оценивается по величине композитного индекса качества почвы (КИКПВ) для 5 классов и включает 4 оценочных критерия: суммарный показатель загрязнения (Z _c) (ед.), индекс БГКП, яйца и личинки гельминтов (жизнеспособных), коли-титр.
Качество атмосферного воздуха	Оценивается по величине композитного индекса качества атмосферного воздуха (КИКАВ) для 5 классов по 7 критериям: концентрация взвешенных веществ (дПДК), концентрация SO ₂ (дПДК), концентрация NO ₂ (дПДК), концентрация NO (дПДК), концентрация CO (дПДК), концентрация формальдегида (дПДК), концентрация бенз(а)пирена (дПДК)

**Таблица 2 – Оценочная шкала второго уровня свертки
интегрального показателя экологического благополучия водосбора**

Класс экологического благополучия	Степень ЭБ				
	I Высокая	II Нормальная	III Средняя	IV Низкая	V Чрезвычайно низкая
Интегральный показатель экологического благополучия водосбора (ИПЭБВ)	0,00-0,10	0,10-0,21	0,21-0,44	0,44-0,73	0,73-1,00

Результаты и их обсуждение. В результате сбора исходных данных на основе материалов исследований [1-3, 10] и их дальнейшей обработки, в соответствии с методологией, были получены рекогносцировочные и характерные значения, представленные в таблице 3.

**Таблица 3 – Оценка экологического благополучия водосбора
Иваньковского водохранилища
по материалам натурных наблюдений 2018-2021 гг. (второй уровень свертки)**

Наименование критерия	Рекогносцировочное значение	Характерное значение
Радиационный баланс (ккал/см ² год)	33,10	1,0
Радиационный индекс сухости (К)	0,77	1,0
Ветровой режим: количество дней с сильными ветрами (баллы)	27	1,0
Индекс биологической эффективности климата (ТК)	6	0,30
КИПУЛ	-	0,83
цветность (град)	263,8	1,0
перманганатная окисляемость (мгО/л)	36,2	1,0
концентрация Мп (мг/л)	0,03	0,0
концентрация Fe (мг/л)	0,66	0,66
концентрация Р _{общ} (мгР/л)	0,11	0,10
концентрация РО ₄ (мгР/л)	0,09	0,15
концентрация нитритного азота NO ₃ (мг/л)	0,51	0,13
КИКВ	-	0,43
суммарный показатель загрязнения (Zс), ед.	25	0,20
индекс БГКП, ед.	1	0,00
яйца и личинки гельминтов (жизнеспособных)	не обнаружено	0,00
коли-титр	не обнаружено	0,00
КИКП	-	0,05
концентрация взвешенных веществ (дПДКс.с.)	1,4	0,70
концентрация SO ₂ (дПДКс.с.)	0,1	0,05
концентрация NO ₂ (дПДКс.с.)	0,7	0,35
концентрация NO (дПДКс.с.)	0,4	0,20
концентрация СО (дПДКс.с.)	0,4	0,20
концентрация формальдегида (дПДКс.с.)	0,4	0,20
концентрация бенз(а)пирена (дПДКс.с.)	0,8	0,40
КИКАВ	-	0,30
ИПЭБВ	-	0,40

Закключение. В результате проведенных расчетов на основе выработанной методологии было получено, что водосбор Иваньковского водохранилища относится к IV классу ЭБ – низкая степень ЭБ. При этом в общее неблагополучие наибольший вклад вносят блоки «потенциальная устойчивость ландшафта» и «качество воды водных объектов водосбора». Таким образом, в качестве мероприятий может быть предложено использование очистных сооружений, которые позволят сократить загрязнение вод и повысить экологическое благополучие ближе к I-му классу ЭБ.

Библиографические ссылки

1. Кирпичникова, Н.В., Полянин, В.О., Курбатова, И.Е., Черненко, Ю.Д. Критерии оценки экологического состояния водосборов малых рек и выноса биогенных веществ в Иваньковское водохранилище // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2021. – № 6. – С. 81-105.
2. Ахметьева, Н.П. Экологическое состояние природных вод водосбора Иваньковского водохранилища и пути по сокращению их загрязнения. – Москва: Изд-во ЛКИ, 2007. – 223 с.
3. Григорьева, И.Л., Комиссаров, А.Б., Чекмарёва, Е.А. Трансформация качества воды Иваньковского водохранилища и его малых притоков за многолетний период под воздействием природных и антропогенных факторов // Вопросы географии. Русское географическое общество. Сб. 145 Гидрологические изменения. – 2018. С. 337-347.
4. Дмитриев, В.В., Дмитриев, Н.В., Воскресенская, В.А., Фролова, А.Д., Кожеко, Ю.Р. Развитие методологии интегральной оценки экологической целостности геосистем // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – № 8(1). – 2014. – С. 78-85.
5. Дмитриев, В.В., Федорова, И.В., Бирюкова, А.С. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. Часть IV. Интегральная оценка экологического благополучия наземных и водных геосистем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География, № 2. 2016. – С. 37-53.
6. Дмитриев, В.В., Огурцов, А.Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. III. Интегральная оценка устойчивости почвы и наземных геосистем // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Серия 7. Геология. География. № 4, 2014. – С. 114-130.
7. Дмитриев, В.В. Интегральные оценки состояния сложных систем в природе и обществе // Биосфера, 2010, Т. 2, № 3. – С. 507-520.
8. Хованов, Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб.: СПбГУ, 1996. – 195 с.
9. Шитиков, В.К., Розенберг, Г.С., Зинченко, Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 436 с.
10. Боршунова, Д.В. Оценка степени загрязнения почвы по микробиологическим и паразитологическим показателям от объекта размещения отходов (ОРО), расположенного по адресу: Тверская обл., Калининский р-н, Славновское с/п, 21 км автодороги Тверь-Бежецк // Вестник научных конференций. 2021. № 7-2(71).