

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЁЖНОСТИ МАЛЫХ РЕК КРЫМА

Тимченко З. В., соискатель

В работе [1] предложена методика оценки экологического состояния малых рек, использующая результаты измерения параметров воды и их предельно-допустимые значения. Для квалификации экологической устойчивости реки и её участков используются минимальное и среднее значения комплексного показателя экологического состояния – КПЭС_{мин} и КПЭС_{ср}. Если эти показатели положительны, то экологическое состояние квалифицируется как устойчивое. Если величина КПЭС_{ср} положительна, а значение КПЭС_{мин} отрицательно, то экологическое состояние квалифицируется как в среднем устойчивое с очагами неустойчивости. При отрицательных значениях указанных показателей экологическое состояние неустойчивое. Нулевое значение КПЭС_{ср} определяет границу устойчивости. В результате измерения параметров на нескольких участках одной и той же реки или группы рек получим совокупность значений КПЭС_{ср}, которую можно использовать для оценки экологической надёжности реки или группы рек. Экологическая надёжность оценивается как вероятность устойчивого состояния, т.е. вероятность превышения КПЭС_{ср} нулевого значения. В связи со сравнительно небольшим числом значений КПЭС_{ср} целесообразно для оценки экологической надёжности (ЭН) использовать χ^2 – распределение вероятностей. Тогда ЭН определится по формуле

$$\text{ЭН} = 1 - \chi^2 / (2N - M + 0,5 \chi^2), \quad (1)$$

где χ^2 – значение функции «хи-квадрат» при доверительной вероятности 0,9; N – общее число значений КПЭС_{ср}; M – число отрицательных значений КПЭС_{ср}.

По упомянутой методике была проведена оценка экологического состояния семи рек северо-восточных склонов и 16-ти рек северо-западных склонов Крымских гор, восьми рек бассейна р. Салгир [1] по данным паспортизации рек, в которой автор принимала участие. Результаты оценки экологической устойчивости указанных трёх групп рек приведены в таблице 1 применительно к требованиям хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и в таблице 2 применительно к требованиям рыбохозяйственного использования вод. Там же содержится значения ЭН, рассчитанные по формуле (1). Судя по экологической надёжности и по процентному распределению рек по уровню устойчивости, реки с-з склонов Крымских гор находятся в наиболее благоприятных условиях. В наихудших условиях находятся реки с-в склонов Крымских гор. Отличия в экологической устойчивости и экологической надёжности связаны с различиями в антропогенной нагрузке на бассейны рек и сами реки.

Качество воды в устье реки является показателем антропогенной нагрузки, которая проявляется в виде производственных и бытовых сточных вод, поступающих в реку. Производственные сточные воды можно разделить на сельскохозяйственные и промышленные. Сельскохозяйственные сточные воды попадают в реку после дождей и таяния снега с территории, занятой сельхозпредприятиями. Эти воды несут с собой пестициды и удобрения. Промышленные сточные воды поступают в реку через канализационную систему и путём фильтрации. Таким же путём достигают реки и бытовые сточные воды. К бытовым сточным водам следует отнести также

дождевые и талые воды, смываемые в реку с урбанизированных территорий. Исходя из изложенного, выражение для годового объёма сточных вод, представляющих собой антропогенную нагрузку, запишется в виде:

$$W_{ст} = W_{сх} + W_{к.ф} + W_{ур}, \quad (2)$$

где $W_{сх}$ – годовой объём сельскохозяйственных сточных вод; $W_{к.ф}$ – годовой объём промышленных и бытовых вод, поступающих через канализационную систему и фильтрацию; $W_{ур}$ – годовой объём вод, смываемых с урбанизированной территории.

Относительную антропогенную нагрузку (ОАН) выразим с помощью уравнения (2) как отношение годового объёма сточных вод ($W_{ст}$) к годовому объёму стока реки (W):

$$ОАН = W_{ст}/W = W_{сх}/W + W_{к.ф}/W + W_{ур}/W. \quad (3)$$

Выражение для $W_{сх}$ и $W_{ур}$ запишем в виде:

$$W_{сх} = F_{сх} h = F_{сх} W / F; \quad (4)$$

$$W_{ур} = F_{ур} h = F_{ур} W / F, \quad (5)$$

Таблица 1.

Результаты оценки экологического состояния рек применительно к требованиям хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

Квалификация ЭС	Устойчивое	С очагами неустойчивости	Неустойчивое
Реки с-з склонов Крымских гор (ОАН _{гр} = 0,580; ЭН = 0,75)			
Проценты	62,5	25	12,5
Реки	Альма, Коса, Бодрак, Кача, Стиля, Марта, Бельбек, Коккозка, Ураус-Дереси, Бага Нижняя	Чёрная, Байдарка, Сухая Речка, Айтодорка	Западный Булганак, Чурук-Су
Малые реки бассейна р. Салгир (ОАН _{гр} = 0,805; ЭН = 0,31)			
Проценты	25	12,5	62,5
Реки	Бурульча, Тана-Су	Зуя	Ангара, Малый Салгир, Биюк-Карасу, Сары-Су, Кучук-Карасу
Реки с-в склонов Крымских гор (ОАН _{гр} = 1,289; ЭН = 0,21)			
Проценты	14,3	14,3	71,4
Реки	Сухой Индол	Куртинская	Восточный Булганак, Мокрый Индол, Салы, Чорох-Су, Соляная

Таблица 2

Результаты оценки экологического состояния рек применительно к требованиям
 рыбохозяйственного назначения вод

Квалификация ЭС	Устойчивое	С очагами неустойчивости	Неустойчивое
Реки с-з склонов Крымских гор (ОАН _{гр} = 0,580; ЭН = 0,528)			
Проценты	12,5	50	37,5
Реки	Коса, Бага Нижняя	Стиля, Бельбек, Коккозка, Ураус-Дереси Чёрная, Байдарка, Сухая Речка, Айтодорка	Западный Булганак, Альма, Бодрак, Кача, Марта, Чурук-Су
Малые реки бассейна р. Салгир (ОАН _{гр} = 0,805; ЭН = 0,088)			
Проценты	0	12,5	87,5
Реки	-	Ангара	Малый Салгир, Зуя, Бурульча, Бюк-Карасу, Тана-Су, Сары-Су, Кучук-Карасу
Реки с-в склонов Крымских гор (ОАН _{гр} = 1,289; ЭН = 0)			
Проценты	0	14,3	85,7
Реки	-	Сухой Индол,	Восточный Булганак, Мокрый Индол, Кур- тинская, Салы, Чорох- Су, Соляная

где F_{cx} , F_{yp} – площадь бассейна реки, занятая сельхозпредприятиями и урбанизированными территориями; h - слой стока; F - площадь бассейна реки.

Подставляя формулы (4) и (5) в равенство (3), окончательно получим выражение для относительной антропогенной нагрузки:

$$OAN = f_{cx} + f_{yp} + w_{к.ф}, \quad (6)$$

где $f_{cx} = F_{cx} / F$; $f_{yp} = F_{yp} / F$ – удельная площадь, занятая, соответственно, сельхозпредприятиями и урбанизированными территориями; $w_{к.ф} = W_{к.ф} / W$ – удельный объём промышленных и бытовых сточных вод..

Значения OAN может быть равно нулю (река на территории Гослесфонда), единице (например, сельхозосвоенность равна единице при отсутствии населённых пунктов и производственных объектов) и может превышать единицу.

Критерий антропогенной нагрузки (6) применительно к группе рек запишется в виде

$$OAN_{гр} = F_{cx} / F + F_{yp} / F + W_{к.ф} / W, \quad (7)$$

где $F_{ск}$; $F_{ур}$; F – сумма площадей, занятых сельхозпредприятиями, урбанизированными территориями и бассейнами группы рек; $W_{к.ф}$; W – сумма годовых объёмов промышленных и бытовых сточных вод, поступающих в реки, и сумма годовых объёмов стока рек.

Рассчитанные по формуле (7) значения $OAN_{гр}$ приведены в табл. 1,2. Видно, что рекам с-в склонов Крымских гор соответствует наибольшая антропогенная нагрузка, а рекам с-з склонов Крымских гор – наименьшая. Таким образом, как и следовало ожидать, с увеличением антропогенной нагрузки (увеличение $OAN_{гр}$) происходят понижение экологической надёжности и экологической устойчивости рек.

В диапазоне $OAN_{гр} \leq 0,8$ связь между ЭН и $OAN_{гр}$ описывается следующими выражениями (индекс корреляции 0,98):

- для хозяйственно-бытового и культурно-бытового водопользования
$$ЭН = 1 - 3640(OAN_{гр})^{8,8} \exp [-8,25 (OAN_{гр})];$$
- для вод рыбохозяйственного назначения
$$ЭН = 1 - 230(OAN_{гр})^{5,65} \exp [-5,37 (OAN_{гр})].$$

Эти выражения позволяют в первом приближении оценить экологическую надёжность группы рек по значению относительной антропогенной нагрузки. Для точной оценки экологической надёжности необходимо провести анализ экологического состояния каждой из рек.

Литература

1. Тимченко З.В. Оценка экологического состояния малых рек Крыма // Культура народов Причерноморья. – 1998. – № 3. – ISBN 6-8742-0578-7 – С. 39-41.