

## 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<sub>мин</sub> и КПЭС<sub>ср</sub>. Если эти показатели положительны, то экологическое состояние квалифицируется как устойчивое. Если величина КПЭС<sub>ср</sub> положительна, а значение КПЭС<sub>мин</sub> отрицательно, то экологическое состояние квалифицируется как в среднем устойчивое с очагами неустойчивости. При отрицательных значениях указанных показателей экологическое состояние неустойчивое. Нулевое значение КПЭС<sub>ср</sub> определяет границу устойчивости. В результате измерения параметров на нескольких участках одной и той же реки или группы рек получим совокупность значений КПЭС<sub>ср</sub>, которую можно использовать для оценки экологической надёжности реки или группы рек. Экологическая надёжность оценивается как вероятность устойчивого состояния, т.е. вероятность превышения КПЭС<sub>ср</sub> нулевого значения. В связи со сравнительно небольшим числом значений КПЭС<sub>ср</sub> целесообразно для оценки экологической надёжности (ЭН) использовать  $\chi^2$  – распределение вероятностей. Тогда ЭН определится по формуле

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

где  $\chi^2$  – значение функции «хи-квадрат» при доверительной вероятности 0,9; N – общее число значений КПЭС<sub>ср</sub>; M – число отрицательных значений КПЭС<sub>ср</sub>.

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 <sub>гр</sub> = 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 <sub>гр</sub> = 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 <sub>гр</sub> = 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 <sub>гр</sub> = 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 <sub>гр</sub> = 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 <sub>гр</sub> = 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  $F_{сх}$ ;  $F_{ур}$ ;  $F$  – 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.