



## ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) ECOLOGY (ITS BRANCHES)

УДК 332.48.4

<https://doi.org/10.23947/2413-1474-2021-5-2-43-50>

**Методика оценки комплексного экологического и эколого-экономического ущерба окружающей среде от загрязнения поверхностных вод**

**Налбандян М. А.**

Ереванский университет «Айбусак» (г. Ереван, Республика Армения)

Вопросы загрязнения поверхностных вод актуальны и важны. Воздействие загрязненных вод на водосборный бассейн бывает как краткосрочным, так и долгосрочным. Негативное влияние сказывается на качестве почв, выращиваемых в водосборе растений и с.-х. культур, на здоровье проживающего в данной местности населения. С этой точки зрения актуальна оценка наносимого экологического и эколого-экономического ущерба. Для управления наносимым окружающей среде вредом необходимы сбалансированное экономическое развитие и контроль качества поверхностных вод. Разработанная и предлагаемая в данной статье методика комплексной оценки эколого-экономического и экологического ущерба направлена на содействие контролю за условиями экономического развития, на обеспечение и защиту прав общества, качества жизни людей.

**Ключевые слова:** экологический ущерб, экономический ущерб, загрязнение поверхностных вод, методика.

*Для цитирования:* Налбандян, М. А. Методика оценки комплексного экологического и эколого-экономического ущерба окружающей среде от загрязнения поверхностных вод / М. А. Налбандян // Экономика и экология территориальных образований. — 2021. — Т. 5, № 2. — С. 43–60, <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2021-5-2-43-50>

**Methodology for assessing the comprehensive ecological and ecological-economic damage to the environment from surface water pollution**

**Nalbandyan M.A.**

Yerevan “Haybusak” University (Yerevan, Armenia)

Surface water pollution issues are relevant and important. The impacts of polluted waters on the catchment area have both short and long term implications. The negative impact affects both the quality of soils grown in the catchment of plants and agricultural crops, and the health of the population living in the area. From this point of view, the assessment of the environmental and ecological-economic damage caused is relevant. To manage the damage to the environment, it is necessary to conduct balanced economic development and measures to control the quality of surface waters. The methodology developed and proposed in this article for a comprehensive assessment of environmental, economic and environmental damage is aimed at creating and monitoring conditions for economic progress, ensuring and protecting the rights of society and the quality of life.

**Keywords:** environmental damage, economic damage, surface water pollution, methodology.

**For citation:** M. A. Nalbandyan. Methodology for assessing the comprehensive ecological and ecological-economic damage to the environment from surface water pollution. *Economy and ecology of territorial formations*, 2021, vol. 5, no 2, pp. 43–50. <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2021-5-2-43-50>

**Введение.** Проблемы загрязнения окружающей среды актуальны сегодня как никогда. Научные изыскания в области оценки загрязнения природных объектов имеют как теоретическое, так и важное практическое значение. Оценка уровня загрязнения дает косвенное представление об уровне опасности, так как отражает всего лишь степень нарушения природного состояния того или иного объекта окружающей среды. Экономическая (промышленная, сельскохозяйственная) деятельность, наносящая определенный урон природе, приводящая к дисбалансу в той или иной экосистеме, четко представляет свои преимущества в виде дохода, прибыли. Для балансирования экономической активности в пределах минимального вреда окружающей среде следует сопоставлять экономические выгоды с эколого-экономическим ущербом. С этих позиций очень важно оценивать в денежной форме экологический и экономический ущерб.

Для оценки экономического ущерба прежде надо понять его уровень, отклонение параметров, характеризующих экологическое состояние, от нормативных, фоновых значений. Разность между природными и фактическими величинами показателей качества, отражающими изменение природной среды под воздействием антропогенных факторов, является негативным сдвигом. Экономическая оценка, выражающая этот сдвиг, позволяет оценить нанесенный ущерб в форме издержек, убытков, потерь, затрат на компенсацию этого сдвига.

Антропогенное воздействие на природные объекты вызывает нарушения качественных и количественных показателей окружающей природной среды (водных, земельных ресурсов, ресурсов растительного и животного мира). Сегодня наиболее уточненными являются методики оценки ущерба, наносимого лесным ресурсам, промысловым ресурсам океанов, различным видам растений, животных. Плохо разработаны методы оценки ущерба от загрязнения поверхностных вод, который выражается в потерях, причиняемых сельскому хозяйству, во вреде, наносимом здоровью населения.

В настоящее время используют в основном два методических подхода для определения ущерба от загрязнения [1]:

- 1) косвенных подход;
- 2) подход на основе прямого счета (реципиентный).

Метод прямого счета основывается на определении экономического ущерба от воздействия загрязнения на конкретные виды реципиентов через суммирование различных потерь, выраженных в денежной форме. Для оценки ущерба от загрязненных поверхностных вод целесообразнее использовать отмеченный метод, так как необходимые данные для расчетов потерь доступны и имеются в наличии.

Цель данной статьи — определить мероприятия, которые необходимы для проведения экологической оценки загрязнения поверхностных вод, а также для определения эколого-экономического ущерба от загрязненных вод и сопоставления его с экономическими выгодами.

**Экологическая оценка загрязнения поверхностных вод.** В 2011 году в Республике Армения принят документ, в котором принцип оценки качества воды, официально утвержденный и повсеместно используемый, состоит в сопоставлении значений параметров состава и свойств исследуемой воды с экологическими нормативными значениями. Экологическими нормативами являются средние многолетние значения гидрохимических показателей, рассчитанные для каждого речного бассейна за определенный промежуток времени. По своему содержанию это фоновые концентрации компонентов химического состава в воде реки или участка реки. Утвержденные нормативы охватывают 14 крупных бассейнов территориального управления.

Данные экологические нормы используются для оценки качества воды с целью защиты водных экосистем, а также они полезны с точки зрения целевого водопользования. Уровень загрязнения отра-

жается в пяти классах качества. Разработанные нормы позволяют учитывать экологические особенности речных бассейнов, что актуально для горных речных экосистем. Пригодность воды оценивается для шести целей водопользования (табл. 1).

Таблица 1

Система целевого водопользования поверхностных вод

Цель / функция	Класс по целям	I	II	III	IV	V
		Отличный	Хороший	Средний	Неудов.	Плохой
Национальный водный ресурс		●	○	○	○	○
Охрана водотоков		●	○	-	-	-
Функционирование экосистем, рыбоводство / защита	Лососевые	●	○	-	-	-
	Карповые	●	○	○	-	-
Орошение		●	○	○	○	-
Промышленное водопользование		●	○	○	○	○
Производство энергии		●	○	○	○	○

Так, согласно требованиям, значение pH не должно превышать 8,5, а электропроводность — 1000  $\mu\text{C}/\text{cm}$ . Промышленное водопользование и производство электроэнергии не ограничивается классом качества по целям. Действующие в России нормативы поверхностных вод, национальные для Армении и международные (ВОЗ и ЕС) нормы питьевых вод, а также основные требования ФАО к качеству оросительной воды представлены в табл. 2–4 [2–5].

Таблица 2

Некоторые национальные и международные стандарты изученных показателей

Показатель/концентрация	Поверхностные воды (2021), Россия	Питьевая вода (2002) РА	Питьевая вода, ВОЗ (WHO) (2018)	Питьевая вода, директива 98/83 ЕС
pH	6.5–8.5	6–9	—	6.5–9.5
$E_w$ , $\mu\text{S}/\text{cm}$	—	—	—	2500
Мутность, NTU	—	2.6	5	—
$\text{O}_2$ , мг/дм <sup>3</sup>	<4	—	—	—
TDS, мг/дм <sup>3</sup>	1000	1000	1000	—
СГ, мг/дм <sup>3</sup>	350	350	250	250
$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	500	500	250	250
$\text{Na}^+ + \text{K}$ , мг/дм <sup>3</sup>	200	200	200	200
Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	—	7	—	—
$\text{NH}_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	2.0	—	—	0.5
$\text{NO}_2^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	3.3	3.0	3	0.5
$\text{NO}_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	45	45	50	50
$\text{PO}_4^{3-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	—	—	—	—
Hg, мкг/дм <sup>3</sup>	0.5	0.5	0.6	1
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	100	100	50	50
Cd, мкг/дм <sup>3</sup>	1	1	3	5
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	30	30	10	10
Ni, мкг/дм <sup>3</sup>	100	100	70	20
Mo, мкг/дм <sup>3</sup>	250	250	70	—

Сu, мкг/дм <sup>3</sup>	100	100	200	200
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	100	500	500	—
Cr, мкг/дм <sup>3</sup>	50	50	50	50
Co, мкг/дм <sup>3</sup>	100	100	—	—

Таблица 3

Основные требования ФАО к качеству оросительной воды

Уровень ограничения	pH	E <sub>w</sub> , мС/см	TDS Мг/л	СГМг-экв/л	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N Мг/л	SAR	RCs Мгэкв/л
Без ограничений	6.5–8.4	<700	<450	<4	<5	<3	<1.25
От слабого к среднему	—	700–3000	450–2000	4–10	5–30	3–9	1.2–2.5
Строгий	—	>3000	>2000	>10	>30	>9	>2.5

Таблица 4

Требования ФАО для оценки качества воды для орошения по тяжелым металлам

Уровень ограничения	Концентрация, мкг/дм <sup>3</sup>						
	Cd	Pb	Ni	Mo	Cu	Zn	Cr
Максимальный	10	5000	200	10	200	2000	100

По методу Стеблера дается щелочная характеристика воды, рассчитываемая по содержанию в ней хлоридов и сульфатов натрия [6]. Этот метод используется для оценки качества оросительной воды. Оценивается данная характеристика с помощью ирригационных коэффициентов по нижеприведенным формулам:

$$K_i = 288/5 Cl^- \text{ — в случае, если ионы } Na^+ \text{ меньше, чем ионы } Cl^- \quad (1)$$

$$K_i = 288/Na^+ + 4 Cl^- \text{ — в случае, если ионы } Na^+ \text{ больше, чем ионы } Cl^- \quad (2)$$

При величине ирригационного коэффициента  $K_i > 18$  качество воды хорошее;  $K_i = 18-6$  — вполне удовлетворительное,  $K_i = 6-1.2$  — неудовлетворительное,  $K_i < 1.2$  — плохое. Плохое качество воды ограничивает ее использование для орошения.

Для ирригационной оценки воды в отношении ее способности к осолонцеванию почв используется метод И. Н. Антипова-Каратаева [7]. Чтобы оценить качество воды по этому методу, величину общей минерализации  $C$  (г/л) умножают на коэффициент, равный 0,23, и получают критическое число. Если оно оказывается меньше отношения суммы кальция и магния к содержанию натрия, то вода плохого качества.

Оценить пригодность воды для орошения можно также, основываясь на уровне электропроводности воды. В случае, если величина электропроводности  $E_c$  варьирует в пределах 0–250, т. е. имеет низкую соленость, то она пригодна и может использоваться. При средней солености (250–750) вода пригодна в условиях умеренного выщелачивания. Если же величина  $E_c$  достигает значений 2250 мСм/см и выше, то, являясь по качеству высокой и очень высокой солености, она непригодна для орошения в обычных условиях и может использоваться только при хорошем дренаже [8].

Геохимическая оценка качества воды рек проводится только для тяжелых металлов на основе суммы коэффициентов концентрации — отношения фактической концентрации элемента в пробе к его концентрации в фоновой или контрольной пробе — с определением превышения фактических концентраций над фоновыми [9]. Понятие «фоновое содержание химических элементов» означает среднее содержание химических элементов в природных средах на основе статистических исследований их есте-

ственного варьирования в пределах однородного в геологическом или ландшафтно-геохимическом отношении участка. По отношению к природным водам их можно охарактеризовать как показатели качества воды, которые сформировались под влиянием преимущественно природных факторов.

В рамках проведения геохимической оценки качества поверхностных вод коэффициент концентрации тяжелых металлов рассчитывается по формуле (3), а суммарный коэффициент геохимического ряда — по формуле (4):

$$K_c = C_i / C_{\phi} \quad (3)$$

$$K_c = \sum (C_i / C_{\phi}), \quad (4)$$

где  $C_i$  — определенная концентрация тяжелых металлов в воде,

$C_{\phi}$  — фоновая концентрация.

Оценка качества воды по исследованным параметрам является необходимым шагом, который помогает определить, по каким именно показателям и в какой степени регистрируется загрязнение, т. е. она позволяет выявить факторы риска и дальнейшие шаги по оценке экологического ущерба и экономического вреда, наносимого именно обнаруженными поллютантами.

**Оценка эколого-экономического ущерба от загрязненных вод.** Оценка эколого-экономического ущерба включает в себя следующие базовые понятия: затраты на снижение загрязнений и на восстановление окружающей среды, на компенсацию воздействия на здоровье, закупочная рыночная цена

Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды  $Y$  определяется суммой затрат у реципиентов, направленных на предотвращение вредного воздействия (3 пред.) и на компенсацию результатов воздействия (3 комп.).

$$Y = Y^{\text{пред}} + Y^{\text{комп}} = Z^{\text{пред}} + Z^{\text{комп}}.$$

Показатели ущерба обычно выражаются в денежной форме, в стоимостных параметрах, включая фактические и вероятные убытки, наносимые природным объектам и обществу загрязнением водных объектов, а также дополнительные затраты на компенсацию убытков природоохранного значения.

При этом включают издержки, связанные с предотвращением загрязнения в самом источнике с целью уменьшения проникновения неочищенных сточных вод. К ним можно отнести следующие виды издержек:

- 1) затраты на строительство и эксплуатацию специальных объектов, включающие в себя сооружения очистки и обезвреживания вод,  $T$ ;
- 2) разработка и внедрение замкнутых технологических систем, способствующих минимизации вредных выбросов в окружающую среду,  $E$ ;
- 3) создание системы автоматизированного контроля и управления загрязнением поверхностных вод,  $A$ .

Тогда все издержки могут быть в целом выражены и рассчитаны с помощью формулы:

$$I = T + E + A \quad (5)$$

Если же попытаться определить эколого-экономический ущерб по детализованным элементам и сферам воздействия, то следует проводить соответствующие расчеты по предлагаемым ниже формулам.

Так, для расчетов расходов, вызванных изменением окружающей среды под воздействием загрязненных поверхностных вод и направленных на компенсацию вредного воздействия, необходимо учитывать следующие затраты и потери:

1. Затраты на медицинское обслуживание:

$$M = s_1 \times n_1 + s_2 \times n_2, \quad (6)$$

где  $s_1$  и  $s_2$  — затраты учреждений здравоохранения на амбулаторное и стационарное лечение,  $n_1$  и  $n_2$  — количество людей, прошедших амбулаторное и стационарное лечение.

Причем рассматриваются те диагнозы и заболевания, которые выросли в период регистрации загрязнения водных объектов на территории, по сравнению с периодом, когда поверхностные воды характеризовались качеством, отвечающим стандартам и экологическим нормам, то есть прежде необходимо провести исследования по выявлению данных заболеваний.

2. Оплата лечебных отпусков:

$$V=L \times N, \quad (7)$$

где L — средние выплаты по временной нетрудоспособности, руб/день,

N — количество дней временной нетрудоспособности.

Естественно, принимается во внимание условие рассмотрения заболеваний и диагнозов, связанных именно с наличием и ростом загрязнения согласно предварительному исследованию.

3. Потери потенциально планируемого урожая:

$$C=V \times S (P-s), \quad (8)$$

где V — количество с.-х. продукции с гектара;

S — площадь земель, находящихся под негативным влиянием загрязнения;

s и P — закупочная цена с.-х. продукции до и после изменения условий, руб/ед.

4. Потери потенциально возможного вылова рыбы из водных объектов, расположенных на территории:

$$F= V \times S (P1-s1), \quad (9)$$

где V — объем вылова рыбы на единицу площади водоема или реки, т(кг)/кв.м;

S — площадь водоема или реки, подвергавшихся загрязнению, кв.м;

s1 и P1 — закупочная цена рыбы до и после изменения условий, руб/т.

Интегральная оценка эффективности решений, система управления, менеджмент в эколого-экономической области формируются показателями инвестиционного, экологического, инфраструктурного и социального эффектов (рис. 1).



Рис. Интегральная оценка эффективности решений в эколого-экономической системе

**Заключение.** Таким образом, для корректной оценки и сбалансирования развития экономики в стране с учетом экологической составляющей необходимо проводить все вышеперечисленные мероприятия, оценивать все издержки, убытки, необходимые затраты и сопоставлять их с экономическими выгодами. Система, которая не уделяет внимания мероприятиям по предотвращению загрязнения и

другого негативного экологического влияния, не может рассматриваться как правовая, отвечающая требованиям экологической безопасности. Обязательное наличие предупреждающих и контролируемых загрязнений мероприятий является неоспоримым требованием для продвижения экономического прогресса на основе ответственности перед обществом, обеспечивающей и защищающей права граждан.

### Библиографический список

1. Березовский, П. В. О методических принципах оценки экономического ущерба от загрязнения окружающей среды / П. В. Березовский // Записки Горного института. — 2013. — Т. 203. — С. 14–17.
2. Водный кодекс Российской Федерации : [принят Государственной Думой 12 апреля 2006 года, одобрен Советом Федерации 26 мая 2006 года] // КонсультантПлюс : [сайт]. — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/) (дата обращения: 27.04.2021).
3. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Guidelines for drinking-water quality. 4th ed., 2018, 89 p.
4. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption, *OJL 330, 5.12.1998, p. 32–54*
5. Ayers R.S., Westcot D.W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1994. 174 p.
6. Радов, А. С. Практикум по агрохимии / А. С. Радов, И. В. Пустовой, А. В. Корольков ; под ред. И. В. Пустового. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Агропромиздат, 1985. — 312 с.
7. Практикум по курсу «Мелиорация почв» / Ф. Р. Зайдельман, Л. Ф. Смирнов, А. П. Шваров, А. С. Никифорова. — Москва : Изд-во МГУ, 2002. — 52 с.
8. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв / Ф. Р. Зайдельман ; 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Изд-во МГУ, 2003. — 480 с.
9. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами ; [сост. Ю. Е. Сает и др.]. — Москва : ИМГРЭ, 1982. — 73 с.

Поступила в редакцию 10.02.2021

Запланирована в номер 15.04.2021

### Об авторе:

Налбандян М. А., Ереванский университет «Айбусак» (г. Ереван, Республика Армения), [marinen3@yahoo.com](mailto:marinen3@yahoo.com)

### References

1. Berezovskij PV. O metodicheskikh principah ocenki ekonomicheskogo ushcherba ot zagryazneniya okruzhayushchej sredy [On methodological principles of assessing economic damage from environmental]. Notes of the Mining Institute, 2013, 203:14-17. (In Rus.)
2. Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii : [prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 12 aprelya 2006 goda, odobren Sovetom Federacii 26 maya 2006 goda] [Water Code of the Russian Federation: [adopted by the State Duma on April 12, 2006, approved by the Federation Council on May 26, 2006]]. KonsultantPlus. (In Rus.)
3. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Guidelines for drinking-water quality - 4th ed., 2018: 89.
4. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption, *OJL 330, 5.12.1998:32–54*.
5. Ayers RS., Westcot DW. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1994: 174.

6. Radov AS., Pustovoj IV., Korol'kov AV. Praktikum po agrohimii [Workshop on agrochemistry, the 4<sup>th</sup> edition]. Moscow, Agroprom publ.house, 1985:312. (In Rus.)
7. Zajdel'man FR. ,Smirnov, LF., Shvarov AP., Nikiforova AS. Praktikum po kursu «Melioraciya pochv» [Workshop on the course "Soil reclamation«]. Moscow, Publ.house of MSU, 2002:52. (In Rus.)
8. Zajdel'man FR. Melioraciya pochv; 3-e izd., ispr. i dop. [Soil reclamation, the 3d edition]. Moscow, Publ.house of MSU, 2003:480. (In Rus.)
9. Metodicheskie rekomendacii po geohimicheskoj ocenke zagryazneniya poverhnostnyh vodotokov himicheskimi elementami ; [cost. Yu. E. Saet i dr.]. [Methodological recommendations for the geochemical assessment of surface water pollution by chemical elements]. Moscow, IMGCRE, 1982:73. (In Rus.)

Received 10.02.2021

Scheduled in the issue 15.04.2021

***Authors:***

**Nalbandyan M.A.** Yerevan “Haybusak” University, Yerevan, Armenia, [marinen3@yahoo.com](mailto:marinen3@yahoo.com)