

# МАЛЫЕ РЕКИ

## КАК ИСТОЧНИК загрязнения воды в ЦИМЛЯНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

**Произведена комплексная оценка качества воды малых рек, впадающих в Цимлянское водохранилище (ЦВ), установлены водотоки, представляющие экологическую опасность. Определены количественные характеристики загрязнения, поступающего в ЦВ со стоком малых рек, рассмотрены пространственные взаимосвязи между качеством воды в водохранилище и этими характеристиками.**

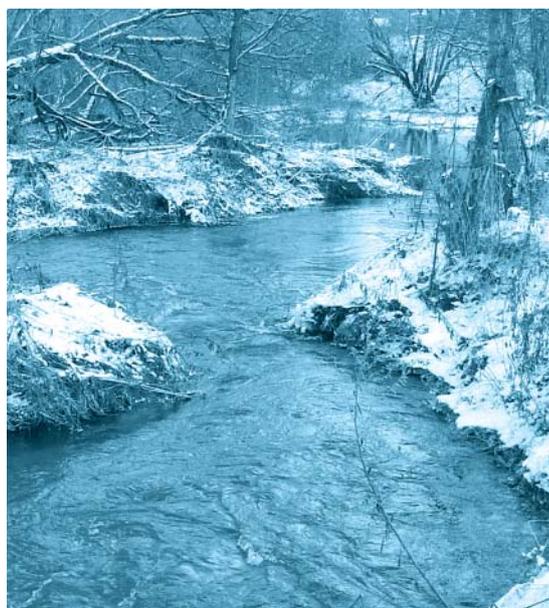
### Введение

**Ц**имлянское водохранилище (ЦВ) образовано в долине р. Дон и является одним из крупнейших искусственных водоемов, осуществляющих многолетнее регулирование стока. Качество воды ЦВ в последние годы достаточно стабильно и соответствует 3 классу, загрязненная [1]. В водном питании ЦВ основную роль играет сток р. Дон и незначительную – сток малых рек, так называемой боковой приточности [2]. Целью работы является установление роли малых рек в загрязнении воды ЦВ. Исследование состояло из следующих этапов: комплексная оценка качества воды малых рек; определение количественных характеристик загрязнения, поступающего в ЦВ с боковой приточностью; установление влияния малых рек на качество воды в разных створах ЦВ. В ходе исследования использованы официальные данные гидрохимической лаборатории ФГУ «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища» (ФГУ «УВРЦВ») за 2008-2009 гг. о показателях качества воды в 17 створах ЦВ и 10 малых реках.

*Комплексная оценка качества воды малых рек. Общая характеристика водотоков*

Гидрографическая сеть малых рек (от Калача-на-Дону до плотины Цимлянского гидроузла) состоит из 24 водотоков, наиболее значительные из которых – Чир, Аксай Курмоярский, Аксай Есауловский, Донская Царица, Мышковка, Цимла, Лиска, Россошь,

**Е.И. Шаврак\***,  
кандидат  
технических наук,  
доцент кафедры  
инженерной экологии  
Волгодонского  
инженерно-  
технического  
института  
Национального  
исследовательского  
ядерного  
университета  
«МИФИ»



Аксенец, Солоная [2]. Химический состав этих рек формируется на территории, характеризующейся неоднородностью состава почв. На водосборной площади левобережных рек (Донская Царица, Мышкова, Есауловский и Курмоярский Аксай) преобладают почвы со значительным развитием солончаков, что обуславливает наличие высокоминерализованных грунтовых вод. Водосборная площадь правобережных рек – Лиски, Чира, Солоной, Аксенец, Цимлы, Россоши – характеризуется темно-каштановыми почвами и менее минерализованными грунтовыми водами [2]. Загрязняющие вещества поступают в малые реки преимущественно в составе неорганизованных стоков с сельхозугодий. В *табл. 1* представлены некоторые характеристики малых рек.

*Определение основных загрязнителей ЦВ и питающих его водотоков*

В соответствии с [5] в верхнем и нижнем бьефах ЦВ, а также во всех малых реках нами были определены повторяемость слу-

\* Адрес для корреспонденции: [npi-ecology@rambler.ru](mailto:npi-ecology@rambler.ru)

**Таблица 1**

Гидрологические характеристики малых рек

Водоток	Длина рек, км [3]	Площадь водосбора, км <sup>2</sup> [3]	Годовой объем стока, млн м <sup>3</sup> (50 %-ная обеспеченность стока) [4]
Россошь	58	661	12
Цимла	186	1650	39
Чир	361	10500	172
Аксай Есауловский	222	2650	36
Аксай Курмоярский	146	1843	25
Аксенец	62	558	13
Солоная	35	385	9
Донская Царица	136	1070	13
Лиска	134	1560	52
Мышкова	129	1400	19

чаев превышения ПДК<sub>ВР</sub> и кратность превышения для основных ингредиентов воды ЦВ. В их перечень входило 15 веществ, наиболее характерных для поверхностных вод территории Российской Федерации [5]: растворенный кислород, БПК<sub>5</sub>, фенолы, нефтепродукты, нитриты, нитраты, азот аммонийный, фосфаты, хлориды, сульфаты,

**Таблица 2**

Основные загрязнители Цимлянского водохранилища и его притоков

Водоток	Год	Повторяемость случаев загрязненности, % / кратность превышения ПДК									
		сульфаты	хлориды	Фосфор фосфатов	натрий	железо	Mn <sup>2+</sup>	медь	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	БПК <sub>5</sub>	нефтепродукты
Россошь	2008	100/14	100/3		100/6,6	100/2,02	100/8,76	100/2,08	75/2,6	75/1,4	50/1,7
	2009	100/13,7	100/2,6		100/6,7	50/2,5	100/34	75/2,7		100/1,4	50/1,5
Цимла	2008	100/6	100/14		100/3	75/3,2	100/6	50/2,7	75/2,7	100/1,4	50/3,6
	2009	100/6,4	75/1,1		100/3,6	50/1,6	100/31	100/2,4		100/1,4	
Чир	2008	75/1,6					100/3,7	25/4	25/1,7		
	2009	100/1,8		50/1,7			100/8,6	75/2,4		75/1,4	
Есауловский Аксай	2008	100/7,8	75/2,4		100/3,7	75/1,7	100/7,2		75/2,8	75/1,4	50/2
	2009	100/9,3	100/2,3		100/4,8	50/1,8	100/20	100/2,3		25/1,9	
Курмоярский Аксай	2008	100/7,9	100/2,4		100/4,6	75/1,5	100/9,8		75/2	75/1,3	75/1,4
	2009	100/9,4	100/2,6		100/5,1		100/31	75/1,7		75/1,5	50/1,8
Дон	2008					25/1,5	75/7,2	70/2,1		70/1,3	70/2,1
	2009	100/1,14					100/5,1	100/3,2		100/1,3	
Нижний бьеф ЦВ	2008	70/1,14					70/4,2	50/2		70/1,2	40/1,9
	2009	100/1,17					100/3,4	50/1,6		100/1,3	25/1,4

железо, медь, цинк, марганец, никель,. Наиболее значимые результаты представлены в *табл. 2*.

Основными загрязнителями ЦВ и малых рек являются сульфаты, марганец, медь, нефтепродукты и органическое вещество, характеризующееся величиной БПК<sub>5</sub>. Превышение значений ПДК<sub>ВР</sub> для биогенных элементов, хлоридов, натрия, железа отмечается преимущественно только в малых реках.

*Оценка степени загрязненности малых рек*

На данном этапе использовались коэффициент комплексности загрязненности воды (ККЗВ) и удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ), широко применяемые в сетевых подразделениях Росгидромета и определяемые согласно [5]. Значения ККЗВ и УКИЗВ для малых рек, а также классы качества воды, определенные в соответствии с УКИЗВ, приведены в *табл. 3*. Во всех малых реках наблюдается загрязненность по комплексу веществ. Вода в большинстве рек оценивается как загрязненная и очень загрязненная. Стабильностью качественных показателей в 2008-2009 гг. отличались Россошь и Чир. Россошь – наиболее загрязненная из рассматриваемых рек. Ее воды классифицируются как грязные. Чир,

**Таблица 3**

Результаты комплексной оценки загрязненности малых рек

Водоток	2008 г.			2009 г.		
	ККЗВ, %	УКИЗВ	Качество воды, согласно [5]	ККЗВ, %	УКИЗВ	Качество воды согласно [5]
Россошь	39	3,4	грязная 4 класс	36	3,2	грязная 4 класс
Цимла	32	2,7	очень загрязн. 3 класс Б	29	2,3	загрязненная 3 класс А
Чир	18	0,9	слабозагрязн. 2 класс	18	1,4	слабозагрязн. 2 класс
Аксай Есауловский	36	2,9	очень загрязн. 3 класс Б	32	2,7	очень загрязн. 3 класс Б
Аксай Курмоярский	36	2,8	очень загрязн. 3 класс Б	32	2,8	очень загрязн. 3 класс Б
Аксенец	29	1,8	загрязненная 3 класс А	25	2,1	загрязненная, 3 класс А
Солоная	32	2,8	очень загрязн. 3 класс Б	32	2,6	очень загрязн. 3 класс Б
Донская Царица	25	1,9	загрязненная 3 класс А	32	2,6	очень загрязн. 3 класс Б
Мышковка	25	1,1	слабозагрязн. 2 класс	25	2,0	загрязненная, 3 класс А
Лиска	18	1,6	слабозагрязн. 2 класс	36	2,8	очень загрязн. 3 класс Б

являющийся самым крупным притоком, может быть отнесен к слабозагрязненным рекам. Ухудшение качества воды в 2009 г. отмечено для Донской Царицы, Мышковки, Лиски.

*Определение количественных характеристик загрязнения, поступающего в ЦВ со стоком малых рек*

Для количественной оценки боковой приточности как источника загрязнения ЦВ в соответствии с [6] были проведены расчеты массы загрязняющих веществ (ЗВ), поступивших в водоем в течение 2008 г. со стоками малых рек. Согласно [7] определены показатели токсической экологической опасности стоков, отражающие токсичность их компонентов. При расчете учтены только те вещества, концентрации которых в водах боковой приточности превышали значения ПДК<sub>вр</sub>, а именно: азот аммонийный, железо, магний, марганец, БПК<sub>5</sub>, медь, нефтепродукты, сульфаты, хлориды, натрий.

*Определение массы ЗВ*

Расчет осуществлен по формуле (1) [6],

$$M_j = \sum_{i=1}^n (Q_j \cdot (C_{\text{факт}}^i - C_{\text{ПДК}}^i) \cdot 10^6) \quad (1),$$

где:  $M_j$  — масса ЗВ, поступивших со стоком  $j$ -ой малой реки, т/год;  $Q_j$  — среднегодовой

объем стока  $j$ -ой малой реки, м<sup>3</sup>/год [4];  $C_{\text{факт}}^i$  — средняя фактическая за 2008 г. концентрация  $i$ -го ЗВ в  $j$ -ом речном стоке, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{\text{ПДК}}$  — предельно допустимая концентрация  $i$ -го ЗВ для водоемов рыбохозяйственного значения, мг/дм<sup>3</sup>;

$n$  — количество веществ, концентрации которых в водах  $j$ -ой малой реки превышали значения ПДК<sub>вр</sub>,

$10^{-6}$  — коэффициент перевода массы ЗВ в т. На основании полученных данных о массе ЗВ ( $M_j$ ) и информации о площади водосбора конкретного водотока ( $S_j$ ) (табл. 1) по формуле (2) были определены коэффициенты загрязненности водосбора ( $K_j^j$ ), т/км<sup>2</sup>:

$$K_j^j = \frac{M_j}{S_j} \quad (2)$$

Результаты расчетов представлены в табл. 4.

*Определение токсической экологической опасности стоков малых рек*

Для количественной оценки степени экологической опасности стоков малых рек был использован показатель токсической экологической опасности, соответствующий сверхнормативному количеству единиц ПДК ЗВ, вносимому в водоем с рассматриваемым стоком [7]. Этот показатель отражает токсичность ЗВ и рассчитывается по формуле (3):

**Таблица 4**

Загрязнение речных стоков малых рек и территории их водосбора (2008 г.)

Водоток	Масса ЗВ в речном стоке		Коэффициент загрязненности водосбора, $K_{зj}$ , т/км <sup>2</sup>	ТО речных стоков	
	$M_j$ , тн	% от общей массы		$TO_j$ , млрд ед ПДК	% от общей ТО
Росошь	73406	18,4	110,9	902	10,3
Цимла	41890	10,4	25,4	945	10,8
Лиска	11109	2,8	7,2	510	5,9
Чир	14734	3,6	1,4	1462	16,7
Аксай Есауловский	88099	22,1	33,3	1264	14,9
Аксай Курмоярский	137856	34,5	74,8	1990	22,7
Аксенец	3060	0,76	5,5	235	2,7
Солоная	11722	2,9	30,4	278	3,2
Донская Царица	13466	3,4	12,6	548	6,3
Мышковка	4054	1,0	2,9	583	6,5
Всего	399400	100		8718	100

$$TO_j = \sum_{i=1}^n \left( \left( \frac{C_{i\text{факт}}^j}{C_{i\text{ПДК}}} - 1 \right) \cdot Q_j \cdot 10^3 \right) \quad (3)$$

Где:  $TO_j$  – токсическая экологическая опасность  $j$ -го речного стока, единиц ПДК/год,  $10^3$  – коэффициент перевода объема стоков из м<sup>3</sup> в дм<sup>3</sup>, все остальные обозначения идентичны таковым для формулы 1. Значения токсической экологической опасности для стоков малых рек приведены в *табл. 4*.

В 2008 г. малые реки принесли в ЦВ почти 400 тысяч тонн ЗВ. В массовом выражении больше всего загрязнений содержится в водах Аксаия Курмоярского, Аксаия Есауловского, Росоши и Цимлы. Наибольшую экологическую опасность для водных ресурсов ЦВ представляют стоки Аксаия Курмоярского, Аксаия Есауловского и Чира. Максимальная загрязненность территории водосбора характерна для р. Росошь.

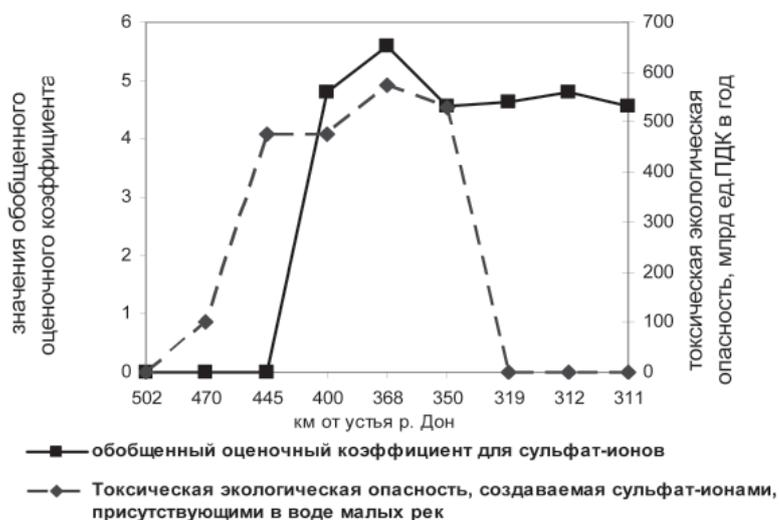
*Рассмотрение пространственных взаимосвязей между качеством воды ЦВ и количеством ЗВ, поступивших с водами малых рек*

ЦВ включает три участка – Верхний (502-445 км от устья р. Дон), Центральный (445-368 км от устья р. Дон) и Приплотинный (368-309 км от устья р. Дон). Боковая приточность на Верхнем участке представлена реками Чиром, Лиской, Мышковкой, Донской Царицей; на Центральном участке – Аксаем Есауловским, Аксаем Курмоярским, Аксенцом и рекой Солоной. В Приплотинный участок впадают воды Цимлы и Росоши [2]. Поскольку малые реки отличаются характеристиками стоков, следует ожидать, что их влияние на качество воды на каждом участке ЦВ будет иметь свои специфические особенности. Согласно данным

ФГУ «УВРЦВ» основными загрязнителями цимлянской воды являются ионы марганца, меди, сульфатов, нефтепродукты и БПК<sub>5</sub>. Для каждого из этих ЗВ, согласно [5], были найдены обобщенные оценочные баллы  $S_k^i$ , учитывающие значения концентраций и частоту обнаружения случаев превышения ПДК для  $i$ -го ЗВ в  $k$ -ом створе ЦВ. При установлении роли малых рек в загрязнении определенного участка ЦВ по формуле 5 определена экологическая опасность, обусловленная конкретным ЗВ, присутствующим в стоке малых рек:

$$TO_k^i = \sum_{j=1}^m \left( \left( \frac{C_{\text{факт}}^j}{C_{i\text{ПДК}}} - 1 \right) \cdot Q_j \right) \cdot 10^3 \quad (5)$$

Где:  $TO_k^i$  – токсическая экологическая опасность, создаваемая  $i$ -м ЗВ, поступающим со стоком малых рек в районе  $k$ -ого створа ЦВ; ед. ПДК/год;  $m$  – количество малых рек, впа-



**Рис. 1.** Влияние малых рек на загрязнение ЦВ сульфат-ионами.

дающих в ЦВ в районе  $k$ -ого створа, остальные обозначения идентичны таковым в формуле 1.

Исследование взаимосвязей между величинами  $TO_k^i$  и  $S_k^i$  позволяет сделать вывод, что сток малых рек в 2008 г. явился основным фактором загрязнения ЦВ сульфатами (рис. 1).

На Верхнем участке значение обобщенного оценочного балла для сульфатов было равно нулю. Это значит, что концентрации сульфатов не превышали значения ПДК. Поступление высокоминерализованных вод боковой приточности в Центральную часть ЦВ привело к увеличению содержания сульфатов до сверхнормативных значений на большей части водохранилища.

Для остальных ЗВ (марганец, медь, нефтепродукты и БПК<sub>5</sub>) был характерен значительный уровень загрязнения уже во входном створе ЦВ. Сток рек боковой приточности, в зависимости от величины его токсической экологической опасности, лишь усиливал или ослаблял первоначальный уровень загрязнения.

## Заключение

**О**сновные загрязнители ЦВ и малых рек – сульфаты, марганец, медь, нефтепродукты и органическое вещество, характеризующееся величиной БПК<sub>5</sub>. Наиболее загрязненные водотоки – Россошь, Цимла, Аксай Есауловский, Аксай Курмоярский, Солоная. В меньшей степени загрязнен Чир. В течение 2008 г. в составе вод малых рек в ЦВ поступило около 400 тысяч тонн загрязняющих веществ. С учетом токсичности компонентов это составило 8718 млрд единиц ПДК.

## Ключевые слова:

Цимлянское водохранилище, малые реки, экологическая опасность, загрязнение воды, пространственные взаимосвязи

В 2008 г. сток малых рек на Центральном участке ЦВ явился основным фактором загрязнения водохранилища сульфатами, в меньшей степени влияя на показатели содержания нефтепродуктов, БПК<sub>5</sub>, меди и марганца.

## Литература

1. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2008 году». Ростов-на-Дону.: изд-во ООО «Синтез технологий», 2009. 300 с.
2. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Цимлянское, водораздельные и Маньчские водохранилища.: Гидрометеоиздат, 1977. 204 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР.: Гидрометеоиздат, 1973.-Т.4 Донской район.- 460 с.
4. Косолапов А.Е. Моделирование водохозяйственных балансов. / Косолапов А.Е., Никоноров В.А., Лагута М.И.// Новочеркасск, 2008. 230 с.
5. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Росгидромет. СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. 36 с.
6. «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства». утв. Приказом МПР № 87 от 13 апреля 2009 г.
7. Лотош В.Е. Суммарная экологическая оценка эффективности мероприятий по защите водного бассейна // Экологические системы и приборы. 2002. № 1. С. 2-8.

E.I. Shavrak

## SMALL RIVERS AS MAIN SOURCE OF WATER POLLUTION IN ZYMLIANSK RESERVOIR

**I**ntegral assessment of water quality has been made for small rivers flowing into Zymliansk reservoir, polluted water streams being determined. Pollution quantitative

characteristics of Zymliansk reservoir were estimated. Common relations with reservoir water quality and these characteristics are described.

**Key words:** Zymliansk reservoir, small rivers, ecological danger, water pollution, spatial correlations.