

УДК 504.054:669.018.674 (282.247.35)

ВОЗМОЖНОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩ ЮГА РОССИИ

© 2007 г. Член-корреспондент РАН А.М. Никаноров¹, Т.А. Хоружая¹,
Е.А. Флик¹

На основе анализа данных наблюдений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) сделана оценка экологической опасности загрязнения воды тяжелыми металлами (медью, цинком, железом) для Цимлянского и Усть-Маньчских водохранилищ. Оценка основана на расчете коэффициентов загрязнения, токсичности, экологической опасности, а также индексов экологической опасности с учетом трофности. Установлены пространственно-временные характеристики опасности в этих водохранилищах, отличающиеся от уровней загрязненности. Направление и степень опасности загрязнения воды иллюстрированы графиками и уравнениями трендов.

Трудности оценки опасности токсического загрязнения водных экосистем связаны с комплексным характером последнего и возникающими в этой связи проблемами: трудностями учета комбинированных эффектов загрязняющих веществ, зависимостью токсических эффектов от солевого состава и жесткости воды, наличием биогенных элементов и органических веществ. Определенные приближения позволяют получить методические подходы, учитывающие эти аспекты [1, 2]. Для оценки опасности токсического загрязнения двух крупных водоемов Юга России – Цимлянского и Усть-Маньчских водохранилищ – мы попытались применить один из таких подходов [1].

В условиях характерных климато-географических и других особенностей в каждом из этих водохранилищ идут процессы эволюции на фоне антропогенного загрязнения токсичными химическими соединениями и биогенными элементами. Так, в Цимлянском водохранилище ежегодно регистрируют нарушения нормативов (ПДК) тяжелых металлов (соединений железа, меди, цинка), нефтепродуктов (НФПР), легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) [3, 4]. Содержание соединений меди в ряде случаев превышает ПДК в 15 раз, других загрязняющих веществ (ЗВ) – примерно в 4 раза, причем загряз-

нение носит хронический характер и в ходе мониторинга выявляется в 80–100% проб.

Следует отметить, что на критическое состояние экосистемы Цимлянского водохранилища и реальную угрозу его деградации специалисты указывали еще в конце 1980-х гг., когда особое беспокойство вызывал прогрессирующий рост в водной толще концентраций металлов (меди, цинка и кадмия), поставляемых с водосбора [5]. Тяжелые металлы, как известно [6], оказывают негативное влияние не только на низшие трофические звенья (фито- и зоопланктон), но и на более высокие (рыб). Однако до сих пор не ясно, каковы закономерности возникающих изменений в природной экосистеме, носят ли эти изменения катастрофический характер, происходит ли деградация экосистемы водохранилища. Конкретная оценка опасности этого вида загрязнения для Цимлянского водохранилища до сих пор остается неопределенной. Важно, что помимо перечисленных факторов на биологические эффекты металлов влияет форма их нахождения в водной среде (ионная или в виде комплексов с органическими и неорганическими лигандами).

Вода Маньчских водохранилищ и рек в связи с геологическим происхождением характеризуется повышенным содержанием минеральных солей. Река Маньч и Усть-Маньчские водохранилища расположены в Кумо-Маньчской впадине, тектоническом понижении, отделяющем юго-восток Русской равнины от Предкавказья. Маньчская впадина покрыта темно-каштановы-

¹ Гидрохимический институт Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Ростов-на-Дону.

ми почвами, а ее наиболее пониженная часть – сплошными солонцами, что существенно влияет на формирование водных ресурсов и качество воды. Исследованиям особенностей гидрохимического режима Западного Маныча посвящено значительное число публикаций (например, датируемых еще 30-ми годами XX столетия), однако опасность загрязнения тяжелыми металлами не изучалась.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОХРАНИЛИЩ

Цимлянское водохранилище создано в 1952–1953 гг. перекрытием плотиной реки Дон в нижнем течении (подпором у г. Цимлянска). Водохранилище представляет собой водоем руслового типа, вытянутый с северо-востока на юго-запад. Морфометрические параметры водохранилища характеризуют его как крупный водоем (табл. 1).

Цимлянское водохранилище является важнейшим звеном технической водохозяйственной схемы бассейна Дона. Оно осуществляет многолетнее компенсационное регулирование стока Дона, обеспечивая нормальную водность в нижнем течении. Благодаря этому поддерживаются условия для судоходства по схеме река – море, нормальная работа водозаборных сооружений для хозяйственно-питьевого, сельскохозяйственного водоснабжения, рыбного хозяйства, рекреации. Водохранилище обеспечивает выработку электроэнергии Новочеркасской ГРЭС и Цимлянской ГЭС.

Усть-Манычская водохозяйственная система представляет собой каскад русловых водохранилищ, построенных в период 1932–1936 гг. на реке Западный Маныч. Как видно из табл. 1, мор-

фометрические характеристики Цимлянского водохранилища на порядки превышают таковые для Усть-Манычских водохранилищ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки экологической опасности (ЭО) загрязнения водохранилищ тяжелыми металлами мы применили подход, предложенный Хекенсоном [2] и использованный в исследовании В.А. Даувальтера [1]. Этот подход основан на расчете коэффициентов и индексов экологической опасности не только по концентрациям ЗВ, но и по показателям биопродуктивности (трофности) водоема. Высокий уровень трофности и биопродуктивности является характерной особенностью южных водоемов. Так, для Цимлянского водохранилища характерно высокое содержание азота и фосфора, превосходящее таковое в большинстве российских водохранилищ [7].

Исследования проведены по материалам наблюдений Росгидромета, взятым из базы данных Гидрохимического института. Использовали показатели концентраций тяжелых металлов, наиболее характерных для состава загрязнения водохранилищ: соединений меди, цинка, железа. Для расчета биопродуктивности использовали соответствующие по срокам отбора проб данные концентраций общего фосфора.

Расчеты сделаны для 9 пунктов и створов Цимлянского водохранилища за период 1984–1990 гг., для 3 пунктов и створов Пролетарского водохранилища и 4 пунктов и створов Веселовского водохранилища – за период 1976–2005 гг. В указанные периоды времени наблюдения были наиболее регулярными и, соот-

Таблица 1. Основные морфометрические показатели водохранилищ бассейна Азовского моря

Показатель	Водохранилище (отм. в абс. величинах)		
	Цимлянское, НПУ* 36,0 м	Веселовское, МСО** 9,25 м	Пролетарское, МСО 11,8 м
Площадь водного зеркала, км ²	2702	244	627,5
Объем воды, млн м ³	23 860	829	1275
Длина, км	186	97,5	184
Ширина сред., км	15	2,4	3,6 (вост. часть)
Глубина сред., м	8,8	3,4	2,0 (вост. часть)

Примечание. *НПУ – наивысший подпорный уровень, **МСО – минимальная судосодная отметка.

Таблица 2. Классификация степени потенциальной экологической опасности для пресноводных экосистем по величинам коэффициентов (E) и индексам (R) экологической опасности (по [1])

E	R	Степень экологической опасности
$E < 10$	$R < 75$	Низкая
$10 \leq E < 20$	$75 \leq R < 100$	Умеренная
$20 \leq E < 40$	$150 \leq R < 300$	Значительная
$40 \leq E < 80$	$R \geq 300$	Высокая
$E \geq 80$	*	Очень высокая

* Ранг степени опасности автором не предусмотрен.

ответственно, ряды были наиболее пригодными для статистической обработки.

Методика определения индекса экологической опасности по фактору риска загрязнения металлами включала расчеты следующих показателей: 1) коэффициента загрязнения для каждого металла (C), рассчитанного по превышению ПДК; 2) коэффициента токсичности для каждого металла (T), рассчитанного по концентрациям металлов и величине биопродуктивности; биопродуктивность определяли с помощью регрессионного уравнения в зависимости от содержания общего фосфора в воде по сравнению с нормативной величиной, полученной в результате анализа данных большого числа водоемов по [1]; 3) суммарных коэффициентов загрязнения (ΣC) и токсичности (ΣT) для всех металлов; 4) коэффициента потенциальной экологической опасности для каждого металла (E), который равен произведению двух предыдущих коэффициентов: $E = TC$; 5) индекса потенциальной экологической опасности (R) – суммы коэффициентов экологической опасности (E) для всех металлов.

Суть расчетов сводится к введению своего рода “поправки на трофность”, при этом чем больше показатель трофности (биопродуктивность, пропорциональная содержанию общего фосфора), тем меньше опасность токсического загрязнения.

Для оценки степени потенциальной экологической опасности каждого металла и их суммы использовали классификацию, приведенную в табл. 2.

Линейные тренды временных изменений коэффициентов загрязненности и коэффициентов экологической опасности строили и анализировали для каждого пункта наблюдений на водохранилищах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цимлянское водохранилище

По индексам экологической опасности для Цимлянского водохранилища (R – сумме коэффициентов опасности (E) для всех металлов) наиболее опасная ситуация складывалась на участках “пгт. Нижний Чир” в 1989 г. (172,34), “п. Ложки” в 1984 г. и 1989 г. (146,12 и 140,435 соответственно, табл. 3). Согласно классификации (табл. 2), эти величины соответствуют “значительной” степени опасности. Меньшие величины индексов характеризуют участки “пгт. Нижний Чир” в 1988 г. (82,2), “г. Волгодонск” в 1984 г. створ № 473104208 – 85,1), что соответствует “умеренной” опасности. Индексы для остальных участков отражают “низкую” степень экологической опасности. Таким образом, можно полагать, что опасность общего загрязнения тяжелыми металлами в целом существовала в рассмотренный период главным образом для верхних участков водохранилища (“п. Ложки”, “пгт. Нижний Чир”), тогда как по акватории она была относительно небольшой.

Анализ данных, связанных с оценкой экологической опасности отдельных металлов по E – коэффициентам экологической опасности, показывает, что они были наибольшими для соединений железа у “п. Ложки” ($E = 137,5$ и $E = 80,7$ г в 1984 и 1989 гг. соответственно), у “пгт. Нижний Чир” ($E = 82,5$ в 1989 г.), что соответствует “очень высокой” степени опасности по этому элементу (табл. 3). “Высокая” степень опасности по железу отмечена у “пгт. Нижний Чир” ($E = 60,75$ в 1988 г.), у “х. Красноярский” (№ 475204257 – $E = 59,9$ в 1984 г.), у “г. Волгодонск” (№ 473104208 – $E = 74,9$ в 1984 г.).

На верхних участках отмечены также “высокие” уровни опасности по соединениям меди (“п. Ложки” в 1989 г. – $E = 51,66$, “пгт. Нижний Чир” в 1990 г. – $E = 40,13$) и цинка (“пгт. Нижний Чир” в 1989 г. – $E = 60,14$). В остальных случаях степень опасности соответствовала “значительной” или “умеренной” (табл. 3).

Заметны и изменения в составе загрязнения металлами. Если в начале 1980-х гг. (1984 г.) основным компонентом опасного загрязнения были соединения железа, то к 1989–1990 гг. лидирующую роль на ряде створов стала играть медь (табл. 3).

Представляет интерес сравнение данных по показателям опасности и загрязненности.

Таблица 3. Характеристика экологической опасности загрязнения тяжелыми металлами акватории Цимлянского водохранилища (1984–1990 гг.)

№	Пункты и вертикали наблюдений (номер створа)	R_{\max}	Годы наибольшей ЭО по R	Степень ЭО по R	Металлы, обуславливающие наибольшую ЭО, E	Степень ЭО по E
1	п. Ложки	146,12 140,435 33,51	1984 1989 1990	З З Н	Железо, 137,5 Железо, 80,7 Медь, 51,66 Медь, 28,55	ОВ В/ОВ В З
2	пгт. Нижний Чир	172,34 82,2 45,583	1989 1988 1990	З У Н	Железо, 82,5 Цинк, 60,14 Железо, 60,75 Медь, 40,13	ОВ В В В
3	х. Красноярский (475204257)	63,27 40,51 38,92	1984 1986 1990	Н Н Н	Железо, 59,9 Медь, 39,7 Железо, 21,5	В З З
4	х. Красноярский (475204258)	35,2 31,77 14,86	1988 1984 1990	Н Н Н Н	Медь, 28,1 Железо, 29,88 Железо, 7,43 Медь, 7,43	З З Н Н
5	с. Жуковское (474204211)	35,9 13 11,66	1984 1986 1988	Н Н Н	Железо, 30,6 Медь, 12,8 Медь, 8,01	З У Н
6	с. Жуковское (474004223)	51,77 20 18,92	1984 1986 1988	Н Н Н	Железо, 30,6 Медь, 21,17 Медь, 20 Железо, 10,9	З З З У
7	г. Волгодонск (473104208)	85,1 9,8 6,9	1984 1986 1988	У Н Н	Железо, 74,9 Медь, 9,8 Медь, 3,28 Железо, 3,28	В Н Н Н
8	г. Волгодонск (473104209)	43,18 32,5 23,53	1984 1988 1990	Н Н Н	Железо, 29,88 Железо, 24,8 Медь, 17,97	З З У
9	г. Волгодонск (473504201)	29,88 28,87 17,75	1984 1990 1988	Н Н Н	Железо, 29,99 Медь, 17,97 Железо, 10,9 Железо, 10,05 Медь, 7,4	З У У У Н

Примечание. В таблицу включены три максимальные величины для каждого створа. Условные обозначения: R – индекс ЭО; E – коэффициент ЭО; ОВ – очень высокая ЭО; В – высокая ЭО, З – значительная ЭО, У – умеренная ЭО, Н – низкая ЭО.

Сравнение трендов изменений суммарного загрязнения металлами (ΣC) и индексов ЭО (R) на Цимлянском водохранилище показывает, что ситуация на разных створах была различной (табл. 4). На ряде створов временная динамика показателей имела синусоидальный характер; в этой связи в отдельных случаях разбивали временной интервал на отдельные периоды и сопо-

ставляли динамику величин сравниваемых показателей.

В большинстве случаев тренды ΣC были положительными (табл. 4, пример на рис. 1), т.е. уровень загрязненности за рассмотренный период возрастал (к 1989–1990 гг.). Исключением был участок “х. Ложки” (1984–1987 г.), где тренды были отрицательными. Для участка

Таблица 4. Тренды показателей экологической опасности и загрязненности в разные годы наблюдений (1984–1989 гг.) для Цимлянского водохранилища

№	Пункт наблюдений, вертикаль, годы наблюдений	Уравнения трендов индексов ЭО, A^2	Уравнения трендов коэффициентов загрязненности – ΣC , A^2
1	х. Ложки, 1984–1987	$y = -46,981 x + 93330;$ $A^2 = 0,81$	$y = -34,75 x + 69045;$ $A^2 = 0,72$
2	пгт. Нижний Чир № 482304300, 1984–1990	$y = 15,644 x - 31028;$ $A^2 = 0,37$	$y = -0,0357 x + 109,89;$ $A^2 = 2E - 05$
3	пгт. Нижний Чир № 482104313, 1984–1990	$y = -3,2387 x + 164801;$ $A^2 = 0,02$	$y = -8,375 x + 16686;$ $A^2 = 0,25$
4	х. Красноярский № 475204258, 1984–1990	$y = 4,0148 x - 7946,8;$ $A^2 = 0,1$	$y = -0,9464 x + 1913,3;$ $A^2 = 0,1$
5	х. Красноярский № 475204258, 1986–1989	$y = 24,139 x - 47958;$ $A^2 = 0,75$	$y = 10,65 x - 21139;$ $A^2 = 0,90$
6	п. Жуковское № 474204211, 1984–1990	$y = 13,999 x - 27775;$ $A^2 = 0,29$	$y = 2,2679 x - 4472,6;$ $A^2 = 0,05$
7	п. Жуковское № 474004223, 1986–1989	$y = 11,5 x - 22829;$ $A^2 = 0,82$	$y = 20,477 x - 40666;$ $A^2 = 0,57$
8	г. Волгодонск № 473104208, 1984–1990	$y = -4,6775 x + 79320,6;$ $A^2 = 0,1$	$y = 6,8 x - 13490;$ $A^2 = 0,46$
9	г. Волгодонск № 473104209, 1984–1990	$y = 3,9664 x - 7858;$ $A^2 = 0,21$	$y = 6,5536 x - 12998;$ $A^2 = 0,48$
10	г. Волгодонск № 473104201, 1984–1990	$y = 3,3081 x - 6547,2;$ $A^2 = 0,1$	$y = 8,5179 x - 16903;$ $A^2 = 0,87$
Наиболее общая тенденция для створов		Увеличение	Увеличение

Примечание. В таблицу включены достоверные или близкие к достоверным уравнения по коэффициенту аппроксимации A^2 (выделены). Уравнения для других пунктов были статистически не значимыми.

“пгт. Нижний Чир” (№ 482104313) тренды также были отрицательными. Показатель экологической опасности R , как и показатель загрязненности, также увеличился на большинстве створов. Коэффициенты корреляции (r) между показателями C и R были значимыми для большинства створов водохранилища ($r = 0,52-0,98$).

Следует отметить, что в ряде случаев соответствие не прослеживалось и изменения показателей были разнонаправленными: при росте ЭО или отсутствии достоверных изменений показатель загрязненности снижался (“пгт. Нижний Чир” (№ 482304300), “х. Красноярский” (№ 475204258)).

Направление тренда фосфора в основном было отрицательным, в некоторых случаях прослеживалась обратная зависимость R от концентрации фосфора (рис. 1).

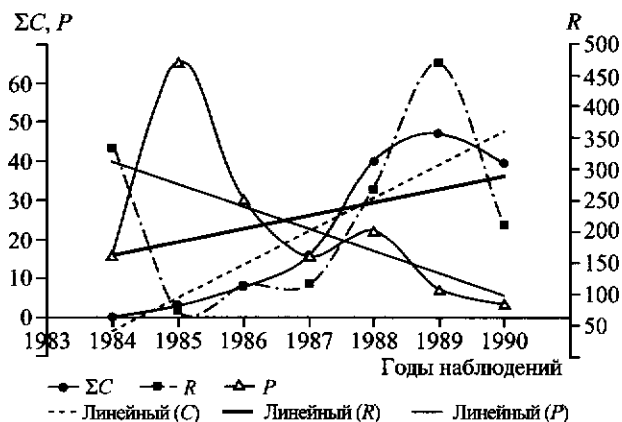


Рис. 1. Динамика изменений показателей R и C для Цимлянского водохранилища в пункте “г. Волгодонск” (1984–1989 гг.)

Таблица 5. Характеристика опасности загрязнения металлами
Усть-Маньчских водохранилищ (1988–2005 гг.)

Пункты и створы наблюдений (вертикали)	R_{\max}	Годы наибольшей опасности по R	Степень ЭО	Металлы, обуславливающие наибольшую опасность (E)	Степень ЭО по E
Пролетарское водохранилище					
п. Правый Остров (3023801)	1005,4	1994	В–ОВ	Железо (984,6)	ОВ
	907,03	1998	В–ОВ	Железо (885,5)	ОВ
	684,77	2000, 2001	В–ОВ	Железо (401,4) Медь (281,2)	ОВ
	139,69	1989	В	Железо (66,75), Медь (34,84), Цинк (38,1)	ОВ 3 3
с. Маньч-Грузское (3023802)	570,19	2002	В–ОВ	Железо (363,4), Медь (128,8)	ОВ ОВ
	559,65	1994	В–ОВ	Железо (443)	ОВ
	291,96	2000, 2001	В–ОВ	Железо (71,15), Медь (126,4)	ОВ ОВ
Г/у 0,7 км (3023804)	30712	1981	В–ОВ	Железо (21438), Медь (9243)	ОВ ОВ
	8959,4	1982	В–ОВ	Железо (8897)	ОВ
	5990,7	1983	В–ОВ	Железо (5904)	ОВ
Весёловское водохранилище					
свх. Пролетарский (3023901)	7298,2	1982	В–ОВ	Железо (7182)	ОВ
	5784,4	1985	В–ОВ	Железо (5660)	ОВ
	105,16	1980	В–ОВ	Медь (57,85), Цинк (39,60)	ОВ 3
свх. Буденновский (3023902)	22800	1981	В–ОВ	Железо (22651)	ОВ
	4525,4	1984	В–ОВ	Железо (4423)	ОВ
	4178,2	1980	В–ОВ	Железо (4112)	ОВ
ст. Валуйская (3023905)	31828	1981	В–ОВ	Железо (31727)	ОВ
	4296,9	1982	В–ОВ	Железо (4228)	ОВ
	2750,9	1983	В–ОВ	Железо (2652)	ОВ
х. Новоселовка (3023903)	19245	1981	В–ОВ	Железо (19140)	ОВ
	2713	1982	В–ОВ	Железо (2652)	ОВ
	1594,2	1985	В–ОВ	Железо (1368), Цинк (196,2)	ОВ
	94,48	1980	У	Железо (69,01), Медь (21,3)	ОВ

Усть-Маньчские водохранилища

Степень экологической опасности по соответствующим индексам (R) в большинстве случаев была “высокой” и даже “очень высокой” (табл. 5).

Исключение составили: на Пролетарском водохранилище “п. Правый Остров” в 2005 г. – “умеренная”, на Веселовском “свх. Буденновский” и “ст. Валуйская” в 1986 и 1990 гг. – “низкая” и “значительная”, “х. Новоселовка” в 1980 г. – “умеренная” ЭО.

Анализ результатов расчетов величин E для Усть-Маньчских водохранилищ показал, что они наибольшие для соединений железа на большинстве створов Пролетарского и Веселовского водохранилищ (табл. 5). Практически на всех створах степень ЭО загрязнения соединениями железа соответствует “очень высокой”.

В отдельные годы на ряде створов значительный вклад в величины показателя опасности (E)

вносила медь: в 2000–2001 гг. – на Пролетарском водохранилище, “с. Маньч-Грузское”; в 1986 г. – “Г/у, 0,7 км ниже плотины”; в 1980 г. – на Веселовском водохранилище, “свх. Пролетарский”; в 1986 г. – на Веселовском водохранилище, “свх. Буденновский”, “ст. Валуйская” и “х. Новоселовка”. В ряде случаев к меди присоединялся цинк: на Пролетарском водохранилище в 1989 г. “п. Правый Остров”; на Веселовском – в 1980 г. “свх. Пролетарский”, в 1985 г. – “х. Новоселовка”.

Анализ трендов в Усть-Маньчских водохранилищах показывает, что они были направлены в сторону снижения ЭО и загрязненности по суммарным показателям (табл. 6). На Пролетарском водохранилище для створа “Г/у, 0,7 км” тренды (1981–1983 гг. и 1984–1990 гг.) отрицательные, на Веселовском для трех створов (“ст. Валуйская”, “свх. Буденновский”, “х. Новоселовка”, 1980–1986 гг.) – отрицательные. Однако за период 1989–1991 гг. для створа “х. Новоселовка” тренды

Таблица 6. Тренды показателей экологической опасности и загрязненности для Усть-Маньчских водохранилищ в разные годы наблюдений (1980–1984–1990 гг.)

№	Пункт наблюдений, вертикаль, годы наблюдений	Уравнения трендов индексов ЭО, A^2	Уравнения трендов коэффициентов загрязненности – ΣC , A^2
Пролетарское водохранилище			
1	г/у, 0,7 км, 1981–1983	$y = -123,61 x + 2E + 0,7;$ $A^2 = 0,84$	$y = -466,5 x + 925823;$ $A^2 = 0,87$
2	г/у, 0,7 км, 1984–1990	$y = -447,27 x + 888632;$ $A^2 = 0,43$	$y = -165 x + 327779;$ $A^2 = 0,58$
Веселовское водохранилище			
3	ст. Валуйская, 1980–1986 гг.	$y = -22123,9 x + 4E + 06;$ $A^2 = 0,17$	$y = -131,8 x + 262024;$ $A^2 = 0,19$
4	ст. Валуйская, 1989–1991 гг.	$y = -104,83 x + 209025;$ $A^2 = 0,23$	$y = -26,425 x + 52797;$ $A^2 = 0,16$
5	свх. Буденновский, 1980–1986 гг.	$y = -1820,2 x + 4E + 06;$ $A^2 = 0,26$	$y = -134,96 x + 268316;$ $A^2 = 0,42$
6	х. Новоселовка, 1980–1986 гг.	$y = -1317,3 x + 3E + 06;$ $A^2 = 0,17$	$y = -83,429 x + 165899;$ $A^2 = 0,14$
7	х. Новоселовка, 1989–1991 гг.	$y = 122,61 x - 243653;$ $A^2 = 0,31$	$y = 46 x - 91346;$ $A^2 = 0,34$
Наиболее общая тенденция для створов		Снижение	Снижение

Примечание. В таблицу включены достоверные или близкие к достоверным уравнения по коэффициенту аппроксимации A^2 (выделены). Уравнения для других пунктов были статистически не значимыми.

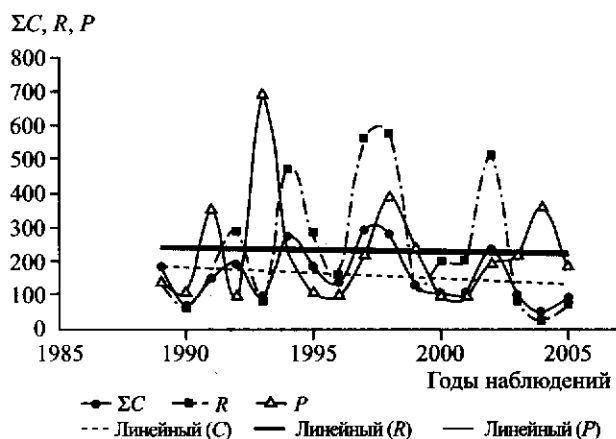


Рис. 2. Динамика изменений показателей R и C для Пролетарского водохранилища в пункте «с. Маньч-Грузское» (1989–2005 гг.)

стали положительными. Коэффициенты корреляции между показателями C и R в пунктах «с. Правый Остров» и «свх. Пролетарский» высокие, составляли 0,92 и 0,96 соответственно.

Следует отметить, что на ряде створов изменения носили колебательный характер (пример на рис. 2).

Тренды концентраций фосфора на разных створах Усть-Маньчских водохранилищ отличались и были как положительными, так и отрицательными. Видимой связи между показателями ЭО и концентрацией фосфора не прослеживалось.

Таким образом, в отличие от динамики показателей на Цимлянском водохранилище (роста ЭО и загрязненности к 1990 г. в большинстве случаев), общей тенденцией было их снижение в Усть-Маньчских водохранилищах с 1980–1984 гг. к 1990 г. Временные изменения показателей ЭО и загрязненности в Усть-Маньчских водохранилищах были однонаправленными, в отличие от Цимлянского водохранилища, где в ряде случаев соответствия не прослеживалось.

Приведенные данные показывают, что использование показателей ЭО, рассчитанных с учетом биопродуктивности (трофности) водоемов, позволяет получить качественно новую информацию, отличающуюся от информации о содержании загрязняющих веществ в водной экосистеме.

ВЫВОДЫ

1. В Цимлянском водохранилище наиболее опасная ситуация по индексам ЭО в 1981–1984–1990 гг. сложилась на верхних участках водохранилища (значительная степень опасности), но для большей части акватории степень

ЭО была низкой. На отдельных пунктах отмечена умеренная степень ЭО. Степень ЭО для Усть-Маньчских водохранилищ в большинстве случаев была «высокой» и даже «очень высокой».

2. Общей временной тенденцией изменений (по трендам) на Цимлянском водохранилище был рост показателей ЭО и загрязненности к 1990 г., причем в ряде случаев эти изменения не были однонаправленными. На Усть-Маньчских водохранилищах общей тенденцией (по трендам) было их снижение с 1980–1984 гг. к 1990 г. Временные изменения показателей ЭО и загрязненности в Усть-Маньчских водохранилищах были однонаправленными. Определенные отличия выявлены и в динамике фосфора.

3. Выявлены изменения в составе загрязнения металлами: на Цимлянском водохранилище в начале 1980-х гг. основным компонентом опасного загрязнения были соединения железа, к 1989–1990 гг. лидирующую роль на ряде створов стала играть медь; на Усть-Маньчских водохранилищах с начала и до конца рассмотренного периода наблюдений основной вклад в загрязнение вносили соединения железа.

4. Следует обратить особое внимание на рост показателей ЭО (E , R) и загрязненности тяжелыми металлами (C) для ряда пунктов наблюдений на Цимлянском водохранилище («х. Красноярский», створ № 475204258, «с. Жуковское», створ № 474204211, «г. Волгодонск», створ № 473104209) и пункта «х. Новоселовка», створ № 3023903 на Веселовском водохранилище.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Даувальтер В.А. Оценка экологического состояния поверхностных вод Севера: седиментологический подход // Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия (монографический сборник) / Под ред. акад. РАН Ю.А. Израэля и др. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1999. С. 212–227.
2. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – sedimentological approach // Water Res. 1980. V. 14. P. 975.
3. Качество поверхностных вод РФ. Ежегодники. Обнинск: ВНИИГМИ МЦД, 2000–2004 гг.
4. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Страдомская А.Г., Миронова Т.В. Химические показатели в оценке токсического загрязнения Нижнего Дона // Метеорология и гидрология. 2002. № 11. С. 68–74.
5. Отчет о научно-исследовательской работе «Изучить влияние основных групп токсикантов, биогенных элементов и органического вещества на процесс эвтрофирования Цимлянского водохранилища. Установить биогеохимическую динамику угле-

родсодержащих соединений и их роль в миграции тяжелых металлов. Выдать Минводхозу РСФСР рекомендации по снижению уровня антропогенного загрязнения и «цветения» водохранилища синезелеными водорослями». Ростов-на-Дону, 1989. Номер госрегистрации 0.186.0135662. Инв. номер 02.9.10 034441.

6. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Бражникова Л.В., Жулидов А.В. Качество воды: оценка токсичности / Сер. Качество вод. Вып. 3. СПб, 1999. 159 с.

7. Пресноводные экосистемы в условиях антропогенного эвтрофирования. Гидрохимические материалы. Т. СХІУ. СПб: Гидрометеиздат, 1999. 265 с.

A POSSIBILITY OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF ECOLOGICAL HAZARD OF WATER POLLUTION BY HEAVY METALS IN THE SOUTH RUSSIA RESERVOIRS

**Corresponding Member of RAS A.M. Nikanorov, T.A. Khoruzhaya,
E.A. Flik**

On the basis of analysis of the Roshydromet observation data the assessment of the ecological hazard of water pollution by heavy metals (copper, zinc, iron) in Tsimlanskoe and Ust-Manich reservoirs is made. An assessment is based on calculation of coefficients of pollution, toxicity, ecological hazard, and index of the ecological hazard, considering trophic characteristics. Spatial-temporal distinctions of characteristics of the pollution hazard in these reservoirs are established. The direction and rates of changes in water pollution hazard are illustrated with charts and trend equations.

REFERENCES

1. Dauval'ter V.A. 1999. [Estimation of ecological condition of surface waters of the North: sedimentological approach]. In: *Antropogennoe vozdeystvie na prirodu Severa i ego ekologicheskie posledstviya (monograficheskiy sbornik)*. [Anthropogenous influence upon the nature of the North and its ecological consequences (monographic collection)]. Yu.A. Izrael et al. (Eds). Apatity, KSC RAS Publishers: 212–227. (In Russian).
2. Hakanson L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control – sedimentological approach. *Water res.* 14: 975. (In English).
3. *Kachestvo poverkhnostnykh vod RF. Ezhegodniki*. [Quality of surface waters of RF. Year-books]. 2000–2004. Obninsk. (In Russian).
4. Nikanorov A.M., Khoruzhaya T.A., Stradomskaya A.G., Mironova T.V. 2012. [Chemical indices in estimation of toxic pollution of Lower Don]. *Meteorologiya i gidrologiya*. (11): 68–74. (In Russian).
5. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote "Izuchit' vliyanie osnovnykh grupp toksikantov, biogennykh elementov i organicheskogo veshchestva na protsess evtrofirovaniya Tsimlyanskogo vodokhranilishcha. Ustanovit' biogeokhimicheskuyu dinamiku uglerodosoderzhashchikh soedineniy i ikh rol' v migratsii tyazhelykh metallov. Vydav' Minvodkhozuh RSFSR rekomendatsii po snizheniyu antropogennogo zagryazneniya I "tsveteniya" vodokhranilishcha sinezelenymi vodoroslyami"*. [Report about scientific research work "To explore influence of main groups of toxicants, biogenic elements and organic matter on the eutrofication process of the Tsimlyansk water reservoir. To determine the biogeochemical dynamics of carbon-containing compounds and their role in migration of heavy metals. To output to the Ministry of water supply of the RSFSR recommendations on reduction of anthropogenous pollution and "florescence" of the water reservoir by blue-green algae"]. Rostov-on-Don, 1989. State registration number 0.186.0135662. Inv. number 02.9.10 034441.
6. Nikanorov A.M., Khoruzhaya T.A., Brazhnikova L.V., Zhulidov A.V. 1999. *Kachestvo vody: otsenka toksichnosti*. [Quality of water: estimation of toxicity]. Issue 3. Ser.: Quality of waters. St. Petersburg: 159 p.
7. *Presnovodnye ekosistemy v usloviyakh antropogennogo evtrofirovaniya. Gidrokhimicheskie materialy*. [Freshwater ecosystems in condition of anthropogenous eutrofication. Hydrogeochemical materials]. 1999. Vol. CXIV. St. Petersburg, Gidrometeoizdat: 265 p.