

Физическая география и геоэкология

УДК 574:556.53(470.331)

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СТАРИЦКОГО РАЙОНА

А.А. Цыганов

Тверской государственный университет, г. Тверь

Показана современная методика качественной оценки состояния поверхностных водных объектов на примере Старицкого района.

***Ключевые слова:** методика нормирования, оценка состояния, загрязнение вод.*

Оценке качества воды поверхностных водных объектов посвящены работы автора [9-22]. Целью данной работы явилась апробация современных методик оценки качества воды, на примере состояния поверхностных водных объектов Старицкого района.

Юридической основой нормирования качества воды водных объектов является «Водный кодекс РФ» и другие нормативные документы [2, 5-7]. Они устанавливают три категории использования водоёмов: 1 – питьевого; 2 – культурно-бытового и 3 – рыбохозяйственного назначения. К первой категории водопользования относится использование водных объектов или их участков в качестве источника питьевого и хозяйственно-бытового водопользования, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности. Ко второй категории водопользования относится использование водных объектов или их участков для рекреационного водопользования. Требования к качеству воды, установленные для второй категории водопользования, распространяются также на все участки водных объектов, находящихся в черте населённых мест. К третьей категории водопользования относится использование водных объектов для рыбного хозяйства (высшая, 1 и 2 категория)

Согласно методике гигиенического нормирования, содержание веществ в воде **питьевого назначения** оцениваются по трём **лимитирующим показателям вредности (ЛПВ):**

- **санитарно-токсикологическому**, являющемуся показателем максимально недействующей дозы суммарного поступления токсикантов в организм человека;
- **общесанитарному**, позволяющему оценивать качество воды и экологическое состояние водоёма питьевого назначения;
- **органолептическому**, определяющему максимальную концен-

трацию веществ, не вызывающих достоверных отрицательных изменений питьевых свойств воды.

Предельно допустимая концентрация в воде водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения (ПДК^{пит}) не должна вызывать прямого и косвенного отрицательного воздействия на органы человека в течение всей жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Перечни санитарно-гигиенических норм для водоёмов 1-й и 2-й категорий издаёт Минздрав России (ранее Санэпиднадзор). Так, ПДК^{пит} установлены в ГН 2.1.5.1315-03 (442 вещества) с дополнениями (ГН 2.1.5.2280-07), ОДУ (устанавливаются на три года) в ГН 2.1.5.1316-03 с дополнениями.

Оценка состояния поверхностных вод ведётся с помощью коэффициента загрязнения K_1 , по формуле 1:

$$K_1 = C_{\phi_1} / C_{\text{ПДК}_1}, \text{ где} \quad (1)$$

C_{ϕ_1} – фактическая концентрация i -го вещества, мг/л:

$C_{\text{ПДК}_1}$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества, мг/л.

В случае присутствия в воде водного объекта двух и более веществ 1-го и 2-го классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, т. е. одинакового ЛПВ, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать 1 по формуле 2:

$$C_{\phi_1} / C_{\text{ПДК}_1} + C_{\phi_2} / C_{\text{ПДК}_2} + \dots + C_{\phi_n} / C_{\text{ПДК}_n} < 1, \quad (2)$$

Согласно санитарному законодательству водные объекты питьевого, хозяйственно-бытового, культурно-бытового и рекреационного водопользования считаются загрязненными, если показатели состава и свойства воды в пунктах водопользования изменились под прямым или косвенным влиянием хозяйственной деятельности, бытового использования и стали частично или полностью непригодными для водопользования населения. Пунктом водопользования является участок водного объекта, используемый населением для питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения, рекреации и спорта.

Министерство природных ресурсов РФ (вместо Росрыбхоза), теперь должно публиковать **«Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней вредности (ОБУВ), для воды рыбохозяйственных водоёмов»**. ОБУВ^{рх} являются временными ПДК^{рх}, устанавливаемыми на 2 года, до разработки и принятия утверждённых ПДК. Последняя редакция принята приказом Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 г. N 20 (с дополнениями) «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных

веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (зарег. в Минюсте 9.02.2010 г. № 16326). Приведены ПДК^{рх} 1071 вещества.

Для воды водоёмов рыбохозяйственного назначения, согласно «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения» (1991), качество воды оценивается по двум ЛПВ:

- токсикологическому;
- рыбохозяйственному.

Нормы рыбохозяйственные более жёсткие, чем гигиенические, поэтому они используются МПР России в качестве **экологических**. Концентрации ПДК^{рх} для рыбохозяйственных водоёмов обычно устанавливаются ниже концентраций ПДК^{пит} для питьевых водоёмов в 2–10 раз (и более), так как при этом учитывается возможность накопления ядовитых веществ в пищевых цепочках человека. Так, азот нитритный ПДК^{пит} = 1,0 мг/л, установленный по санитарно-токсикологическому ЛПВ и имеет 2 класс опасности; ПДК^{рх} = 0,02 мг/л, установленный по токсикологическому ЛПВ, и имеет 4 класс опасности.

Таким образом, для водоёмов, выполняющих несколько функций (например, питьевого и рыбохозяйственного назначения), существуют 5 лимитирующих показателей вредности. На практике это ведет к путанице, так как загрязняющее вещество может иметь различные ПДК, относящиеся к различным ЛПВ. Для экологических целей следует использовать в первую очередь ПДК^{рх}, при их отсутствии ориентировочно безопасные уровни вредности (ОБУВ^{рх}). Следует помнить, что при утверждении ПДК взамен ОБУВ, нормативы становятся более жёстким. Например, авиксил имел $C^{ОБУВ}_{авиксил} = 0,006$ мг/л, стал предельно допустимым нормативом $C^{ПДК}_{авиксил} = 0,003$ мг/л 2 класса опасности; топаз имел $C^{ОБУВ}_{топаз} = 0,005$ мг/л, стал предельно допустимым нормативом $C^{ПДК}_{топаз} = 0,003$ мг/л 3 класса опасности

При отсутствии рыбохозяйственных нормативов следует обращаться к санитарно-гигиеническим показателям предельно допустимых концентраций ПДК^{пит} и ориентировочно допустимого уровня ОДУ^{пит} водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Для некоторых веществ, например, фосфор фосфатов, разработаны различные рыбохозяйственные нормативы для олиготрофных водоёмов 0,05 мг/л, мезотрофных – 0,15 мг/л, эвтрофных – 0,2 мг/л. Согласно водного законодательства к водоёмам относятся озёра, пруды, болота. Как применять эти показатели для водотоков, т. е. рек, ручьёв и каналов не понятно.

В последнем перечне ПДК^{рх} приводятся региональные показатели. Например, для р. Рудной Приморского края для бора установлен норматив $C^{ПДК}_{бор} = 2,67$ мг/л, тогда как для всех водных объектов утверждён гигиенических норматив по санитарному ЛПВ 0,5 мг/л 4

класса опасности. В старых перечнях ПДК^{рх} для морских водоёмов он составлял 10,0 мг/л (при 12–18 ‰), в последнем 15,0 мг/л.

Всё выше сказанное позволяет утверждать, что оценка качества воды посредством соотнесения гидрохимических показателей с ПДК имеет ряд недостатков:

- превышение значений содержания конкретного ингредиента над его ПДК может быть вызвано как антропогенным воздействием (экологическими причинами), так и природными явлениями;

- вызывает сомнение обоснованность значений ряда ПДК^{рх}. Например, для меди она составляет 0,001 мг/л, тогда как для водоёмов питьевого назначения 1 мг/л (различие в 1000 раз). Неслучайно в последние годы произведено изменение ПДК^{рх} в сторону увеличения, так, например, для фосфора фосфатов в 4 раз (с 0,05 до 0,2 мг/л), что позволило исключить фосфор из списка загрязнителей поверхностных вод. Вероятно, это произойдет и с показателями БПК₂₀, НП, Fe³⁺.

На практике, часто используют фоновые значения ингредиентов, но ряд показателей (БПК₂₀, НП, фенолам, Fe³⁺) в определённые периоды или постоянно в различных физико-географических условиях могут превышать ПДК^{рх}.

Для устранения этих недостатков специалисты в области охраны окружающей среды используют различные виды индексов загрязнения воды (ИЗВ).

Т а б л и ц а 1

Критерии загрязнённости вод по ИЗВ₆

Класс качества вод	Качество вод	Величина ИЗВ ₆	
		Пресные воды	Морские воды
1	Очень чистая	<0,3	<0,25
2	Чистая	0,3-1	0,25-0,74
3	Умеренно загрязнённая	1,0-2,5	0,75-1,24
4	Загрязнённая	2,5-4,0	1,25-1,74
5	Грязная	4,0-6,0	1,75-3,0
6	Очень грязная	6,0-10	3,1-6,0
7	Чрезвычайно грязная	>10	>6,0

Ряд учёных [1, 4] предлагает включать в индекс загрязнения 6 основных показателей (ИЗВ₆), который рассчитывается по формуле 3:

$$\text{ИЗВ}_6 = 1/6 \sum_{i=1}^6 C\phi_i / \text{ПДК}_i. \quad (3)$$

В расчётах используется 6 ингредиентов, включая растворённый кислород (РК) и биологическое потребление кислорода за 5 дней (БПК₅), а также четыре ингредиента, имеющие наибольшие значения, независимо от того, превышают они ПДК или нет.

Норма по биологическому потреблению кислорода за 5 суток (БПК₅) установлена авторами неверно, так как он равен 2,10 мг О/л. 3,0

мг О₂/л – это ПДК для биологического потребления кислорода за 20 суток (БПК₂₀). Пересчётный коэффициент 1,43. Нормы для БПК₅ [1, 4] для расчёта ИЗВ₆ следующие:

- 1) менее 3 мг О₂/л – 3;
- 2) 3–15 мг О₂/л – 2;
- 3) более 15 мг О₂/л – 1.

При расчёте нормированной величины значение БПК делится на соответствующую норму.

Нормы по РК следующие:

Т а б л и ц а 2

Химический состав поверхностных вод р. Волги в районе г. Старицы
(по данным районной СЭС)

Место отбора	рН	Минерализация	O ₂	БПК ₅	ПО	Щелочность	Общая жёсткость
		мг/л				мг-экв./л	
11.11.03 г.							
1. пб Сельцо	7,28	129,8	8,80	2,89	12,2	1,5	1,3
2. лб Сельцо	7,25	128,3	8,90	2,03	12,3	1,6	1,4
3. пб Старо-Ямская	7,24	130,1	8,70	2,76	11,9	1,7	1,5
4. лб Старо-Ямская	7,23	130,0	8,90	3,93	12,1	1,7	1,5
6.04.04 г.							
5. пб Сельцо	7,18	109,6	8,24	4,16	17,6	2,0	1,5
6. лб Сельцо	7,30	110,6	8,16	4,08	18,0	2,0	1,83
7. пб Старо-Ямская	7,20	109,3	8,18	3,98	16,9	1,0	1,43
8. лб Старо-Ямская	7,24	109,7	8,16	3,16	16,8	1,9	1,4
10.08.04 г.							
9. пб Сельцо	7,10	108,3	8,90	4,10	15,1	2,3	1,5
10. лб Сельцо	7,00	108,0	8,80	4,20	15,2	2,3	1,5
11. пб Старо-Ямская	7,00	103,6	9,30	3,90	13,5	2,1	1,5
12. лб Старо-Ямская	7,00	103,2	9,20	3,70	14,0	2,3	1,5
25.05.05 г.							
13. пб Сельцо	7,08	119,6	8,16	2,96	12,4	2,2	2,0
14. лб Сельцо	7,24	121,6	8,76	2,76	11,4	2,2	2,0
15. пб Старо-Ямская	7,05	113,6	9,16	3,15	10,0	1,9	2,0
16. лб Старо-Ямская	7,15	124,5	9,76	3,06	11,8	2,1	2,0
26.07.05 г.							
17. пб Сельцо	7,1	106,7	10,4	1,80	8,8	2,0	2,0
18. лб Сельцо	7,1	106,7	10,3	1,70	8,9	2,0	2,0
19. пб Старо-Ямская	7,0	106,8	9,0	1,34	8,2	2,0	2,0
20. лб Старо-Ямская	7,0	111,1	9,2	2,50	11,4	2,3	2,0
10.10.05 г.							
21. пб Сельцо	7,23	131,1	8,84	3,63	13,8	2,9	2,5
22. лб Сельцо	7,24	130,8	8,76	3,58	13,9	2,8	2,4
23. пб Старо-Ямская	7,21	115,7	9,26	2,86	10,8	2,3	2,2
24. лб Старо-Ямская	6,98	124,8	8,96	3,16	12,8	2,5	2,2

Примечание: лб – левый берег Волги; пб – правый берег Волги

- 2) более 6 мг/л – 6;
- 3) 6-5 мг/л – 12;
- 4) 5-4 мг/л – 20;
- 5) 4-3 мг/л – 30;
- 6) 3-2 мг/л – 40;
- 7) 2-1 мг/л – 50;
- 8) 1-0 мг/л – 60.

При расчёте нормированной величины значение РК делится на содержание кислорода.

На основании ИЗВ₆ предложено выделять классы загрязнения вод (табл. 1), для пресных и морских вод численные градации индекса различаются.

М. Ершова [3] предлагает в ИЗВ включать 9 показателей: содержание кислорода, биологическое потребление кислорода, азот аммонийный, нитратов и нитритов, ортофосфаты, фенолы, СПАВ и нефтепродукты. Вызывает сомнение использование показателей БПК и РК. БПК (косвенно отражающий содержание органических веществ) в природных водах может достигать значительных величин, например, у болотных озёр [9], при этом вода является природной, явно без антропогенного загрязнения. Содержание кислорода очень сильно зависит от температуры воды, и подвержено значительным колебаниям по сезонам.

По нашему мнению, **индекс загрязнения воды полный ИЗВ_{пол}** [15-22] не должен включать фиксированное число показателей (шесть или 9), в расчёт следует брать все вещества, превышающие ПДК^{РХ}, так как само это число показателей уже показывает неблагоприятное гидрохимическое состояние водоёмов (рассчитывается по формуле 2, полученный результат делится на число показателей).

Также необходимо проводить наблюдения на фоновых (не загрязнённых) водных объектах). Это позволит исключить невязку по веществам, имеющим высокие кларковые (фоновые) значения, и ИЗВ таких водных объектов, следует брать за точку отсчёта уровня загрязнения.

Гидрохимическая фация поверхностных вод Старицкого района кальциево-гидрокарбонатная с низкой минерализацией (табл. 2). В целом воды имеют невысокую общую жёсткость 1,3-2,5 мг-экв./л и щелочность – 1,5-2,9 мг-экв./, т. е. воды являются мягкими. Кислотность (рН 7,0-7,3) слабо меняется по сезонам и всегда нейтральна, либо слабо щелочная. Перманганатная окисляемость (ПО) показывает содержание легко окисляемых органических веществ и колеблется от 8,2 до 18,0 мг О₂/л. Последнее значение отмечается вблизи очистных сооружений (по берегу Волги д. Сельцо). Содержание кислорода близко к насыщению в течение всего года, и не опускается ниже 8,16 мгО₂/л. Биологическое

потребление кислорода (БПК₅) близко к значениям предельно допустимой концентрации (ПДК) – 2,10 мгО₂/л.

Оценка качества воды р. Волги в Старице была проведена по результатам анализов районной санитарно-эпидемиологической службы (СЭС) в 2003-2005 гг. Химические анализы 26.08.86 г. выполнены по общепринятым методикам [8]. Качество воды по рыбохозяйственным нормативам водных объектов г. Старицы и Старицкого района неудовлетворительное (табл. 3). Вода ручьев, протекающих через городскую территорию на правом берегу Волги, имеет повышенную минерализацию, главным образом за счёт повышенного содержания катионов кальция и гидрокарбонатного аниона. Значительна концентрация хлоридов и сульфатов. Вода всех водных объектов жёсткая, с превышением ПДК^{рх} по трёхвалентному железу, фосфору фосфатов, шестивалентному хрому и меди, нефтепродуктам (н/п), гидрокарбонатам.

Т а б л и ц а 3

Химический состав воды поверхностных водных объектов Старицкого района, мг/л (26.06.86 г.), ПДК^{рх}

Показатели	ПДК ^{рх}	1		2		3		4		5	
		С _{фi}	к ПДК	С _{фi}	к ПДК	С _{фi}	к ПДК	С _{фi}	к ПДК	С _{фi}	к ПДК
БПК ₅	3,0	1,5	0,5	2,4	0,8	1,43	0,48	1,9	0,63	2,5	0,83
O ₂		8,6	0,68	7,8	0,77	7,3	0,82	7,1	0,85	6,6	0,91
Ca ²⁺	180	10,02	0,06	86,17	0,48	53,11	0,30	82,16	0,46	12,1	0,07
Mg ²⁺	40	3,65	0,09	30,40	0,76	13,37	0,33	26,14	0,65	2,50	0,06
K ⁺	50	3,00	0,06	14,70	0,29	5,80	0,12	1,60	0,03	1,78	0,04
Na ⁺	120	0,90	0,001	44,40	0,37	222,2	1,85	7,8	0,07	3,45	0,03
HCO ^{3x}	30 ¹	30,5	1,02	344,6	11,49 ¹	353,8	11,79 ¹	356,8	11,89	78,3	2,61 ¹
Cl ⁻	300	7,09	0,02	85,08	0,28	198,5	0,66	7,09	0,02	8,02	0,03
SO ₄ ²⁻	100	11,53	0,11	34,55	0,35	51,02	0,51	18,10	0,18	12,3	0,12
Fe ³⁺	0,1	1,00	10,0	1,10	11,0 ¹	0,90	9,0 ¹	1,00	10,0	1,2	12,0 ¹
Si	0,1	0,61	0,06	0,65	0,06	0,56	0,06	0,70	0,07	0,62	0,06
N _{NH4}	0,39	0,08	0,21	0,48	1,23	0,52	1,33	0,04	0,10	0,34	0,87
N _{NO2}	0,02	0,01	0,5	0,05	2,5	0,06	3,0	н.о.	0	0,03	1,5
N _{NO3}	9,1	0,08	0,01	3,78	0,42	3,49	0,38	0,29	0,03	0,56	0,06
P _{P2O5}	0,2 ²	0,87	4,35	0,23	1,15	0,89	4,45 ¹	0,39	1,95	0,43	2,15 ¹
Ni	0,01	н.о.	0	0,010	1,0	0,011	1,1	н.о.	0	0,01	1,0
Cr ⁶⁺	0,02	н.о.	0	0,06	3,0 ¹	0,05	2,5	н.о.	0	0,01	0,5
Cu	0,001	0,017	17,0	0,021	21,0 ¹	0,019	19,0 ¹	н.о.	0	0,021	21,0 ¹
Zn ²⁺	0,01	н.о.	0	0,030	3,0	0,012	1,2	н.о.	0	сл.	0
н/п	0,05	0,04	0,8	0,12	2,4	0,21	4,2	0,02	0,4	0,06	1,2
ИЗП ^{рх} _{пол}			5,59		4,95		4,67		5,06		4,80
n			6		12		13		5		9
ИЗВ ⁶ _{рх}			5,59		6,60		7,59		4,33		6,58

Примечание: Пункты отбора проб: 1. Озеро Десятинское; 2. Ручей у монастыря; 3. Ручей 300 м ниже монастыря; 4. Красный ключ; 5. Волга у монастыря;

n – количество химических ингредиентов, включенных в расчёт ИЗВ;

ПДК для БПК₅ в действительности 2,10, но взят норматив 3,0, чтобы соответствовать методике расчёта ИЗВрх₆;

ИЗВрхпол – индекс загрязнения воды полный, рассчитывается делением суммы коэффициентов загрязнения K_1 ЗВ на их количество;

ИЗВрх₆ – индекс загрязнения воды рассчитан по 6 показателям;

содержание фосфора фосфатов 0,22 – для эвтрофных водоёмов;

10,0 – K_1 коэффициент загрязняющего вещества, используемый для расчёта ИЗВ;

Для гидрокарбонат-иона 30-4001 мг/л рекомендован ВОЗ для воды питьевой, норматив 30 мг/л, взят как самый жёсткий

Индекс загрязнения воды полный ИЗВрхпол включал в себя от 5 до 13 показателей, у всех водных объектов: вода оз. Десятинского – 5,06 и вода Красного ключа на р. Холохольня – 5,06, у р. Волга у монастыря – 5,06 (табл. 1), ручей у монастыря 4,95, у ручья ниже монастыря – 4,67 – 5 класс – вода грязная, по оценке с помощью рыбохозяйственных нормативов.

Индекс загрязнения воды, включающий 6 показателей (ИЗВрх₆), в водоёмах колеблется от 4,33 (5 класс – вода грязная) до 7,59 (6 класс – очень грязная). Для всех образцов характерно многократное превышение по трёхвалентному железу, фосфору фосфатов, шестивалентному хрому и меди, нефтепродуктам (н/п), гидрокарбонатам, что связано с их высокой концентрацией для вод всей Верхневолжской гидрохимической провинции [11-15].

Значительны превышения ПДКрх по фосфору фосфатов в 1,2-4,5 раза. Впечатляют превышения по меди над рыбохозяйственными нормативами в 17-21 раз, тогда как превышения по питьевым показателям не наблюдается. Всё это ставит под сомнение использование оценки качества воды с помощью ИЗВрх₆ [16-22].

Устранить субъективные недостатки подобной оценки, возможно используя метод сравнения с фоновым объектом, таковым является Красный ключ, ИЗВрх₆= 4,33, ИЗ-Врх₆=5,06, что может случить фоновым значением для поверхностных водных объектов всего Старицкого района. Тогда, для 1, 2, 3 и 5 проб индекс загрязнения с учётом фона составит ИЗВрх₆= 5,59 – 4,33 = 1,26 (3 класс – умеренно-загрязнённая), 2,30 (3 класс – умеренно-загрязнённая), 3,26 (4 класс – загрязнённая), 2,35 (5 класс – умеренно-загрязнённая).

Анализ санитарно-гигиенических нормативов показал (табл. 4), что во всех пробах отмечено превышение над ПДКпит по железу в 3-4 раза. В воде ручья, ниже монастыря, отмечено превышение по натрию, в обоих городских ручьях повышенное содержание хрома шестивалентного.

Соответственно, у первой пробы с учётом фона $ИЗВ_{рхпол} = 5,59 - 5,06 = 0,53$ (2 класс – чистая), у 2 пробы ниже нуля (1 класс – очень чистая), у 3 и 5 пробы меньше 0 (1 класс – чистая). Полученные значения позволяют оценить антропогенное воздействие на данные объекты, оно минимально.

Индекс загрязнения воды полный рассчитанный по санитарно-гигиеническим нормативам ($ИЗП_{питпол}$) включает в себя от 3 до 5 показателей и колеблется от 1,28 до 1,91 (3 класс – умеренно загрязнённая).

$ИЗП_{пит6}$ колеблется от 0,92 (2 класс – чистая) до 1,32 (3 класс – умеренно загрязнённая).

Т а б л и ц а 4

Химический состав воды поверхностных водных объектов
Старицкого района, мг/л (26.06.86 г.), ПДК_{пит}

Показатели	ПДК ^{пит}	1		2		3		4		5	
		С _{ф₁}	к ПДК								
БПК ₅	3,00	1,50	0,50	2,40	0,80	1,43	0,48	1,90	0,63	2,50	0,83
O ₂		8,60	0,68	7,80	0,77	7,30	0,82	7,10	0,85	6,60	0,91
Ca ²⁺	140 ¹	10,02	0,07	86,17	0,62 ²	53,11	0,38	82,16	0,59 ²	12,1	0,09
Mg ²⁺	50	3,65	0,07	30,40	0,61	13,37	0,27	26,14	0,52 ²	2,50	0,05
K ⁺	50	3,00	0,06	14,70	0,29	5,80	0,12	1,60	0,03	1,78	0,04
Na ⁺	200	0,90	0,005	44,40	0,22	222,2	1,11	7,8	0,04	3,45	0,02
HCO ³⁻	400 ¹	30,5	0,08	344,6	0,86 ²	353,8	0,88 ²	356,8	0,89 ²	78,3	0,26
Cl ⁻	350	7,09	0,02	85,08	0,24	198,5	0,57	7,09	0,02	8,02	0,02
SO ₄ ²⁻	500	11,53	0,11 ²	34,55	0,07	51,02	0,10	18,10	0,06	12,3	0,02
Fe ³⁺	0,30	1,00	3,33	1,10	3,67	0,90	3,0	1,00	3,33	1,2	4,00
Si	10,0	0,61	0,06	0,65	0,06	0,56	0,06	0,70	0,03	0,62	0,06
N _{NH4}	1,16	0,08	0,07	0,48	0,44	0,52	0,45	0,04	0,03	0,34	0,29 ²
N _{NO2}	1,00	0,01	0,01	0,05	0,05	0,06	0,06	н.о.	0	0,03	0,03
N _{NO3}	10,17	0,08	0,01	3,78	0,37	3,49	0,34	0,29	0,03	0,56	0,06
P _{P2O5}	1,14	0,87	0,76 ²	0,23	0,20	0,89	0,78	0,39	0,34	0,43	0,38 ²
Ni	0,02	н.о.	0	0,010	0,50	0,011	0,55	н.о.	0	0,01	0,50 ²
Cr ⁶⁺	0,05	н.о.	0	0,06	1,2	0,05	1,0	н.о.	0	0,01	0,20
Cu	1,00	0,017	0,017	0,021	0,021	0,019	0,019	н.о.	0	0,021	0,02
Zn ²⁺	1,00	н.о.	0	0,030	0,03	0,012	0,012	н.о.	0	сл.	0
н/п	0,30	0,04	0,13	0,12	0,40	0,21	0,70	0,02	0,07	0,06	0,20
ИЗВ ^{пит} _{пол}			1,50		1,61		1,28		1,60		1,91
п			3		4		5		3		3
ИЗВ ^{пит} ₆			0,92		1,32		1,22		1,13		1,15

Примечание: для Ca² 30-140¹ мг/л – рекомендации ВОЗ;
0,11² – показатель используется для расчёта $ИЗВ_{пит6}$

Проведённый анализ, во втором случае привел к противоположным результатам. По санитарно-гигиеническим нормативам пробы воды на 1-2 класса чище, чем по рыбохозяйственным нормам.

С учётом фона $ИЗП_{питпол}$ во всех пробах близок 0, т. е. вода 1 класса (очень чистая), $ИЗП_{пит6}$ тоже близок к нулю, вода 1 класса (очень чистая).

Полученные результаты показывают, что по санитарно-гигиеническим критериям, антропогенное воздействие на качество поверхностных вод практически не обнаруживается.

Рассмотрим случай, когда на качество поверхностных вод оказывается сильное антропогенное воздействие. Химические анализы воды реки Волги у д. Волга («Барская усадьба»), показали значительную концентрацию тяжёлых металлов, по рыбохозяйственным нормативам, в сбросе с очистных сооружений базы отдыха (железо, азот аммонийный и нитритов, никель, хром шестивалентный, медь, цинк, нефтепродукты). В таблицу не включены многие показатели – кобальт, хром трехвалентный, алюминий, кадмий, мышьяк, ртуть, так за представленный период, эти элементы в пробах вод не обнаружены (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Анализы воды р. Волги в районе, д. Волга (2010 г.) у о/с базы отдыха «Барская усадьба», ПДК^{рх}

Показатели	ПДК ^{рх}	1		2		3		4	
		С _{ф₁}	С _{ф₁} /ПДК						
БПК ₅	3,0	115,5	115,5	1,86	0,62	2,4	0,80	1,9	0,63
O ₂		1,5	33,33	5,5	12,18	5,2	2,31	7,1	0,85
Ca ²⁺	180	80,02	0,44	50,1	0,28	56,17	0,31	26,14	0,15
Mg ²⁺	40	39,6	0,99	10,5	0,26	10,40	0,26	1,60	0,04
K ⁺	50	23,0	0,46	7,06	0,14	7,70	0,15	7,8	0,16
Na ⁺	120	70,9	0,59	12,4	0,10	14,40	0,12	7,09	0,06
HCO ₃ ⁻	300	290,5	0,97	101,8	0,34	144,6	0,48	356,8	1,19
Cl ⁻	300	45,6	0,15	4,2	0,01	3,5	0,01	18,10	0,06
SO ₄ ²⁻	100	17,5	0,18	9,0	0,09	9,1	0,09	1,00	0,01
Fe ³⁺	0,1	1,00	10,0	0,9	9,00	1,10	11,00	0,70	7,00
Si	10,0	0,61	0,06	0,68	0,068	0,65	0,07	0,04	0,004
N _{NH4}	0,39	25,33	64,95	0,41	1,05	0,41	1,05	н.о.	0
N _{NO2}	0,02	0,21	10,5	0,02	1,00	0,03	1,50	0,29	14,5
N _{NO3}	9,1	0,06	0,01	0,47	0,04	0,63	0,07	0,39	0,04
Ni	0,01	0,05	5,0	н.о.	н.о.	н.о.	0	н.о.	0
Cr ⁶⁺	0,02	0,023	1,15	0,01	0,50	0,06	3,0	н.о.	0
Cu	0,001	0,019	19,0	0,02	20,0	0,021	21,0	н.о.	0
Zn ²⁺	0,01	0,03	3,0	0,03	3,00	0,030	3,0	н.о.	0
н/п	0,05	0,59	11,8	0,03	0,06	0,03	0,6	0,02	0,40
ИЗВ ^{рх} _{пол}			25,60		3,21		5,45		4,83
п			11		7		8		5
ИЗВ ^{рх} ₆			42,51		3,58		6,85		4,10

Примечание: Анализы 4.03.10 г.: 1 – Выпуск от о/с; 2 – Волга выше сброса 100 м; 3 – Волга ниже сброса 100 м; 4 – Красный ключ (фон)

ИЗВ^{рх}_{пол} в пробах воды включает от 5 до 11 показателей, с очистных сооружений поступает сточная вода с ИЗВ^{рх}_{пол} – 25,6 (7 класс чрезвычайно грязная вода), Волга выше сброса – 3,58 (4 класс

загрязнённая), ниже 6,85 (5 класс очень грязная). Фоновое содержание в Красном ключе – 4,10 (5 класс – грязная). Если сравнить качество сбросных вод и Красного ключа $25,6 - 4,10 = 21,5$, вода всё равно будет 7 класса очень грязная.

Т а б л и ц а 6

Анализы воды р. Волги в районе, д. Волга (2010 г.) у о/с базы отдыха «Барская усадьба», ПДК^{пит}

Показатели	ПДК ^{пит}	1		2		3		4	
		С _{фи}	С _{фи} /ПДК						
БПК ₅	3,0	115,5	115,5	1,86	0,62	2,40	0,80	1,90	0,63
O ₂		1,50	4,00	5,50	21,18	5,20	2,31	7,10	0,85
Ca ²⁺	50	80,02	1,60	50,10	1,00	56,17	0,31	26,14	0,15
Mg ²⁺	50	39,60	0,79	10,50	0,21	10,40	0,26	1,60	0,04
K ⁺	200	23,00	0,12	7,060	0,04	7,70	0,15	7,80	0,16
Na ⁺	400 ¹	70,90	0,18	12,40	0,03	14,40	0,12	7,09	0,06
HCO ₃ ⁻	350	290,5	0,83	101,8	0,29	144,6	0,48	356,8	1,19
Cl ⁻	500	45,60	0,0002	4,20	0,01	3,50	0,01	18,10	0,06
SO ₄ ²⁻	100	17,50	0,18	9,00	0,09	9,10	0,09	1,00	0,01
Fe ³⁺	0,30	1,00	3,33	0,90	3,00	1,10	11,0	0,70	7,00
Si	1,16	0,61	0,53	0,68	0,59	0,65	0,07	0,04	0,004
N _{NH4}	1,00	25,33	25,33	0,41	0,41	0,41	1,05	н.о.	0
N _{NO2}	10,17	0,21	10,5	0,02	0,005	0,03	1,50	0,29	14,5
N _{NO3}	1,14	0,06	0,05	0,47	0,41	0,63	0,07	0,39	0,04
Ni	0,02	0,05	2,50	н.о.	н.о.	н.о.	0	н.о.	0
Cr ⁶⁺	0,05	0,023	0,46	0,01	0,20	0,06	3,00	н.о.	0
Cu	1,00	0,019	0,019	0,02	0,02	0,021	21,0	н.о.	0
Zn ²⁺	1,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,030	3,00	н.о.	0
н/п	0,30	0,59	1,97	0,03	0,10	0,03	0,60	0,02	0,40
ИЗВ ^{пит} _{пол}			20,59		4,44		5,46		4,83
п			8		4		8		5
ИЗВ ^{пит} ₆			26,86		6,45		6,85		4,10

Примечание: Анализы 4.03.10 г.: 1 – Выпуск от о/с; 2 – Волга выше сброса 100 м; 3 – Волга ниже сброса 100 м; 4 – Красный ключ (фон)

Анализ проб воды по санитарно-гигиеническим показателям показал (табл. 6). ИЗВ^{пит}_{пол} в пробах воды включает от 4 до 8 показателей, с очистных сооружений поступает сточная вода с ИЗВ^{рх}_{пол} – 20,59 (7 класс чрезвычайно грязная вода), Волга выше сброса – 4,44 (5 класс грязная), ниже – 5,46 (5 класс грязная). Фоновое содержание в Красном ключе – 4,83 (5 класс – грязная). Если сравнить качество сбросных вод и Красного ключа $20,56 - 4,83 = 15,73$, вода всё равно будет 7 класса очень грязная.

ИЗВ^{пит}₆ с очистных сооружений – 26,86 (7 класс – чрезвычайно грязная вода), Волга выше сброса – 6,45 (6 класс – очень грязная), ниже 6,85 (5

класс – очень грязная). Если сравнить качество сбросных вод и Красного ключа $26,86 - 4,10 = 22,76$, вода всё равно будет 7 класса очень грязная.

Если взять фоновый индекс $ИЗВ_{пол}^{рх}$ 4,83, то пробы воды р. Волга, имеют близкие значения т. е. утверждать, что существует существенное антропогенное загрязнение Волги нельзя. Химический состав близок к фоновым концентрациям.

Выводы. Использование предельно допустимых концентраций для оценки качества поверхностных вод имеет свои недостатки. Многие гидрохимики пытаются избавиться от них с помощью применения различных комплексных показателей качества воды. Предложенный полный индекс загрязнения воды ($ИЗВ_{пол}$), интегрирует в себе все химические показатели, превышающие ПДК. Оценка качества поверхностных вод с помощью рыбохозяйственных нормативов выявляет крайне неблагоприятное экологическое состояние. Анализ санитарно-гигиенических нормативов не позволяет говорить о существенном антропогенном загрязнении поверхностных вод Старицкого района. Сравнение с фоновыми показателями, помогает выявить долю антропогенного привноса в качественное состояние вод поверхностных водных объектов. С уверенностью можно сказать, что в настоящее время существенного загрязнения поверхностных вод не происходит.

Список литературы

1. Афанасьев Ю.Ф. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. – 208 с.
2. ГН 2.1.5.963-00. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
3. Ершова М.Г. Экологические проблемы старейшего водохранилищ Подмосковья / Современные проблемы водохранилищ и их водосборов // Тр. Межд. научно-практ. конф. 26-28 мая 2009 г. Пермь. – Пермь: ПГУ, 2009. Т. 1. Гидрологические и гидродинамические процессы химического состава и качества вод. – С. 216-219.
4. Переведенцев Ю.П. Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды: Учебное пособие. – Казань: КГУ им. В.И. Ульянова-Ленина, 2004. – 134 с.
5. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: ВНИРО, 2010. – 179 с.

6. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Типовые положения. М.: Госкомприрода СССР, 1991. – 74 с.
7. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
8. Руководство по химическому анализу вод суши. – Л., 1977. – 532 с.
9. Цыганов А.А., Шмидеберг И.А. Изменение химического состава вод озерных систем Тверской области под влиянием человеческой деятельности // Географические исследования регионального природно-ресурсного потенциала. – Саранск: Мордовский госуниверситет, 1991. – С. 99-104.
10. Цыганов А.А. Характеристика состояния поверхностных вод г. Твери и его окрестностей // Экологическое состояние природной среды Верхневолжья. – Тверь: ТГУ, 1995. – С. 39-46.
11. Цыганов А.А. Подлежащие особой охране поверхностные водоёмы Твери и его окрестностей // Проблемы особо охраняемых природных Территорий и сохранения биологического разнообразия Тверской области / Мат. обл. научно-практ. конф. 12 октября 1995. – Тверь:1995. – С. 81-82.
12. Цыганов А.А. Загрязнение поверхностных вод города Твери // Человек в зеркале современной географии / Мат. II научно-практ. конференции 5-7 мая 1996. – Смоленск: СГПИ, 1996. – С. 115-116.
13. Цыганов А.А. Гидрохимическое состояние озера Селигер // Региональные геохимические исследования / Сб. научн. тр. – Тверь: ТвГУ, 2005. – С. 26-43.
14. Цыганов А.А. Оценка поступления загрязнений с водосборной площади в водохранилище-охладитель Калининской АЭС // Экология речных бассейнов: Труды 4-й междунар. научно-практ. конф. / Под ред. проф. Т.А. Трифионовой. - Владимир: Владим. гос. ун-т, 2007. - С. 431-435. РФФИ, грант № 07-05-00778.
15. Цыганов А.А. Оценка источников загрязнения аквальных комплексов бассейна Верхней Волги // Экология речных бассейнов: Труды 4-й междунар. научно-практ. конф. / Под ред. проф. Т.А. Трифионовой. - Владимир: Владим. гос. ун-т, 2007. - С. 448-451.
16. Цыганов А.А. Эколого-экономическая оценка загрязнения водохранилища Калининской АЭС // Проблемы физической географии и геоэкологии: научные и образовательные аспекты: Мат. междунар. научно-практ. конф., Н. Новгород, 24-25 октября 2007 г. - Н. Новгород: Деловая полиграфия, 2007. - С. 209-212. РФФИ, грант № 07-05-00778.
17. Цыганов А.А. Поступление загрязняющих веществ и экологическое состояние аквального комплекса Бежецкого водохранилища // Вестник ТвГУ. Серия «география и геоэкология». Вып. 3, 2007. - С. 86-97.

18. Цыганов А.А. Краткая гидрохимическая характеристика аквального комплекса Удомельского водохранилища // Современные проблемы изучения водохранилищ и их водосборов: в 2 т. Т. 1: Гидро- и геодинамические процессы. Химический состав и качество воды: Труды междунар. научно-практ. конф. (26-29 мая 2009 г., Пермь) / Перм. Гос. ун-т. – Пермь. - С. 317-319, РФФИ, грант № 07-05-00778.
19. Цыганов А.А. Экологическое состояние островов озера Селигер. Монография. – Берлин: Lambert Academic Publishing, 2013. – 141 с.
20. Цыганов А.А., Жеренков А.Г., Филиппов А.С. Геохимическое состояние ручья Межурка. Вестн. ТвГУ, № 1, 2015, – С. 25-36. eprints.tversu.ru/5444.
21. Цыганов А.А., Жеренков А.Г. Эколого-экономическая оценка поступления сточных вод и загрязняющих веществ в водные объекты г. Старица // Вестник ТвГУ, сер. «география и геоэкология», 2016. Вып. 3(13). – Тверь: ТвГУ, 2016. – С. 34-46.

THE METHODOLOGY FOR THE ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN SUR-FACE WATER BODIES, STARITSKY DISTRICT

A.A. Tsyganov

Tver State University, Tver

Is shown modern methods of quality assessment of the state the surface water bodies in the example area Starica.

Keywords: *methods of valuation, assessment, water pollution.*

Об авторе:

ЦЫГАНОВ Анатолий Александрович – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и экологии ТвГУ, e-mail: Anatol_Tsyganov@mail.ru