

УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТОВ ВОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ ОБЬ)

© 2013 г. С.Д. Беляев, Т.И. Михайлова, Г.Я. Одинцева, Т.И. Чайкина

ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург

Ключевые слова: целевые показатели, качество воды, р. Обь, водоохранные мероприятия, СКИОВО.

Приведена разработанная авторами методика установления целевых показателей качества воды поверхностных водных объектов, уточненная по результатам применения на ряде речных бассейнов. Предложен алгоритм определения приоритетных водоохранных мероприятий в бассейне реки на основе целевых показателей качества воды. Практическое использование предложенных авторами подходов проиллюстрировано примерами из Схемы комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Обь.

В статье используются следующие сокращения:

ВО	поверхностный водный объект
ВХУ	водохозяйственный участок
ЗВ	загрязняющее вещество
КУ	контрольный участок
ПКК	пункт/створ контроля качества воды
ПР	установленный приоритет загрязняющего вещества или мероприятия
РУ	расчетный участок для определения целевых показателей
СКИОВО	Схема комплексного использования и охраны водных объектов
СУ	спецучасток для определения целевых показателей
ФЦП	Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» (утв. 19.04.2012)
ЦП	целевые показатели качества воды в поверхностных водных объектах

Введение

В предыдущих публикациях нами дан развернутый анализ недостатков действующей системы оценки качества воды ВО и нормирования сбросов ЗВ [1–3], предложена в рамках реализации комбинированного подхода к управлению водными ресурсами система ЦП [4–11], приведены примеры расчета ЦП для ряда речных бассейнов [12–14].

В процессе разработки проектов СКИОВО предложенная нами ранее методика установления ЦП [14] получила свое развитие, уточнены место и роль ЦП в системе управления водопользованием.

Напомним определения:

- ЦП – значения физических, химических, радиационных, микробиологических характеристик воды в ВО, а также характеристик состояния водной экосистемы, которые должны быть достигнуты в установленные сроки;
- долгосрочные ЦП – ЦП, срок достижения которых составляет 10–20 лет (срок реализации СКИОВО).

Авторами предлагается следующий порядок установления и уточнения ЦП по бассейну реки:

- 1) выделяются РУ по сходству/различию ландшафтно-геохимических условий формирования качества воды в ВО;
- 2) на водотоках, пересекающих границы РУ, или протекающих по границам РУ выделяются СУ;
- 3) на каждом РУ (затем – на СУ) определяются ЦП по данным многолетних наблюдений на эталонных ПКК;
- 4) по каждому ПКК производится уточнение ЦП, исходя из принципа неухудшения качества воды;
- 5) по каждому ПКК устанавливаются приоритетные ЗВ;
- 6) определяются основные источники поступления приоритетных ЗВ и программа водоохраных мероприятий с учетом установленных приоритетов, разбитая на пятилетние этапы реализации СКИОВО;
- 7) осуществляется пятилетний план мероприятий СКИОВО;
- 8) достигнутые концентрации ЗВ сопоставляются с ЦП;

9) если ЦП не достигнуты, анализируются причины, производится уточнение ЦП (если получена дополнительная информация), осуществляется повтор цикла п.п. 2–8.

Остановимся подробнее на описании алгоритмов основных этапов установления ЦП.

Выделение расчетных участков

Для учета природных особенностей формирования качества поверхностных вод бассейн разбивается на РУ. Опыт работ по различным бассейнам показал, что картографической основой такого разбиения может служить ландшафтно-геохимическая карта из [16].

Границы РУ желательно совмещать с границами ВХУ, водоразделами и/или водотоками. Если границы между РУ проходят по водотоку и/или пересекают его, то участок водотока вдоль/между границами РУ выделяется в СУ. При назначении ЦП на СУ учитываются факторы формирования качества воды выше, справа и слева по течению водотока. В общем случае разумные размеры РУ ограничены сверху размерами физико-географических зон, а снизу – размерами ВХУ.

В бассейне р. Оби на основе анализа ландшафтно-геохимической карты [16] выделено 14 РУ и 13 СУ (рис. 1).



Условные обозначения:

РУ-3 – номер расчетного участка (участки выделены цветом)

Обь-3 – название спецучастка

— – граничный створ спецучастка

Рис. 1. Схема расчетных участков бассейна р. Оби.

Расчет долгосрочных целевых показателей на расчетных участках

Численные значения ЦП устанавливаются по данным наблюдений за концентрациями ЗВ на ПКК, находящихся на одном РУ. При статистической обработке результатов наблюдений используются непараметрические характеристики распределения случайной величины концентрации ЗВ, такие как медиана и квантили, что позволяет избежать ошибок, связанных с предположением о нормальном распределении результатов наблюдений [17]. Анализ зарубежного опыта показывает [18], что именно эти статистические характеристики чаще всего используются для классификации и установления целевых показателей состояния ВО.

Авторами предлагается устанавливать численные значения ЦП на основе статистической обработки данных наблюдений на эталонных ПКК. Под эталонным понимается ПКК, выше которого ВО не подвержен ощутимому антропогенному воздействию. Обязательное требование к эталонному ПКК – отсутствие выше него зарегистрированных выпусков сточных вод в поверхностные ВО.

Различаем 3 типа эталонных ПКК по наличию выше них других источников антропогенного воздействия:

a – нет выпусков на рельеф, накопители, поля фильтрации и т.п., а также населенных пунктов и сельхозугодий;

б – есть малые населенные пункты и/или сельхозугодья, но нет выпусков на рельеф;

в – есть выпуски на рельеф.

При установлении типа ПКК используется информация отчетности по форме 2-ТП (водхоз), картографическая информация, спутниковые снимки. Для расчета ЦП предпочтительнее использовать данные наблюдений по ПКК типа *a*. Если ПКК типа *a* на РУ нет, используются ПКК типа *б*, если и их нет – *в*. Возможно комбинирование информации.

По бассейну р. Оби расчеты ЦП произведены на основе первичных данных наблюдений за 2000-2010 гг. по 202 ПКК, из которых 196 относятся к сети Росгидромета, 6 – ведомственные (общее количество наблюденных значений – 777 538). В качестве эталонных типа *a* удалось выбрать 4 ПКК, *б* – 28 и *в* – 18. Следует отметить, что общим недостатком действующей системы наблюдений за качеством воды является малое количество ПКК на участках ВО, не подверженных интенсивному

антропогенному воздействию. Наличие эталонных ПКК на РУ колебалось от 1 (РУ-5) до 8 (РУ-7).

ЦП рассчитываются с учетом характерных фаз гидрологического режима (сезонов) по алгоритму, сглаживающему неравномерность представления сезонов в ряду наблюдений, который будет описан ниже. Рассчитываются также сезонные значения ЦП.

Способы расчета ЦП по различным типам эталонных ПКК несколько отличаются. Значение ЦП при расчете по эталонным ПКК типа *a* принимается равным верхнему квартилю Q_3 распределения наблюдаемых значений концентрации соответствующего ЗВ (рис. 2).

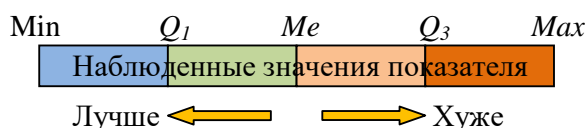


Рис. 2. Схема определения ЦП по ряду наблюдаемых на эталонном ПКК значений показателя качества воды.

Таким образом, в качестве цели для ВО, находящихся под антропогенным воздействием, принимается нижняя граница верхней (худшей) четверти из наблюдаемых на эталонных ПКК значений концентраций. Использование верхнего квартиля, в отличие от медианы (Me), позволяет избежать завышенных требований к ВО, подверженным антропогенному воздействию. Для показателей, более высокое значение которых соответствует лучшему состоянию ВО (растворенный кислород, прозрачность), вместо Q_3 используется нижний квартиль Q_1 .

При расчете по эталонным ПКК типа *b* для азота (и его соединений), фосфора (и его соединений) и нефтепродуктов ЦП принимается равным Me , поскольку поступление этих ЗВ в ВО с территорий малых населенных пунктов и сельхозугодий вполне вероятно. По остальным показателям ЦП принимается равным Q_3 .

При расчете по эталонным ПКК типа *в* ЦП принимается равным Me по всем ЗВ, поскольку чаще всего нет информации по составу отводимых на рельеф сточных вод, и, следовательно, любое из веществ, по которым устанавливается ЦП, может поступать на водосборную площадь со сточными водами.

Если по какому-либо ЗВ данных по эталонным ПКК нет или недостаточно, можно использовать данные по ПКК, выше которых имеются выпуски сточных вод в ВО, но сброс этого ЗВ не производится. В этом случае ЦП принимается равным M_e .

Если эталонных ПКК на РУ нет, то статистической обработке подвергаются данные по всем ПКК на РУ. В этом случае ЦП принимается равным Q_I : ЦП – верхняя граница нижней (лучшей) четверти наблюдаемых на загрязненных ВО значений концентраций ЗВ. Желательно исключать из рассмотрения данные по ПКК, расположенным в 500-метровой зоне ниже выпусков сточных вод крупных предприятий.

Опишем алгоритм расчета ЦП для эталонных ПКК типа a .

Пусть стоит задача определения ЦП по концентрации C некоторого ЗВ по РУ, на территории которого расположено N ПКК. Пусть ЦП определяется для трех сезонов: зима, весна-лето, осень. По каждому i -му ПКК ($i = 1, 2, \dots, N$) на основе многолетних рядов наблюдений (рекомендуется за последние 10 лет) набирается статистика:

$$C_{i,j} \quad (i=1, \dots, N; j=1, \dots, n_i),$$

где n_i – число наблюдений за показателем C на i -ом ПКК.

Будем различать два случая:

1) $N < 10$ - небольшое количество ПКК на РУ (наиболее распространенная ситуация). В этом случае:

$$\text{ЦП}_{\text{зима}} = Q_3(C_{i,j-\text{зима}}),$$

$$\text{ЦП}_{\text{весна-лето}} = Q_3(C_{i,j-\text{весна-лето}}),$$

$$\text{ЦП}_{\text{осень}} = Q_3(C_{i,j-\text{осень}}),$$

$$i = 1, \dots, N,$$

где $C_{i,j-\text{зима}}$ – обозначение совокупности наблюдений по i -му ПКК, относящихся к сезону «зима» (остальные – аналогично).

Полученные 3 значения могут быть использованы как сезонные значения ЦП. В качестве расчетного годового значения ЦП используется взвешенная по продолжительности сезонов величина:

$$\text{ЦП} = (\text{ЦП}_{\text{зима}} \cdot L_{\text{зима}} + \text{ЦП}_{\text{весна-лето}} \cdot L_{\text{весна-лето}} + \text{ЦП}_{\text{осень}} \cdot L_{\text{осень}}) / 12,$$

где L с индексом – продолжительность соответствующего сезона в месяцах.

При таком способе расчета годового значения ЦП удастся достичь снижения влияния неоднородного представления различных фаз гидрологического цикла в ряду наблюдений.

2) $N \geq 10$ - большое количество ПКК на РУ. В этом случае для выравнивания степени влияния данных по отдельным ПКК (отдельным частям РУ) на результат используется следующий алгоритм.

Для каждого ПКК и каждого сезона определяются медианы:

$$Me_{i-зима} = Me(C_{i,j-зима}),$$

$$Me_{i-весна-лето} = Me(C_{i,j-весна-лето}),$$

$$Me_{i-осень} = Me(C_{i,j-осень}),$$

$$i = 1, \dots, N.$$

В результате данные многолетних наблюдений за концентрацией ЗВ по i -му ПКК представляются в виде трех сезонных значений. Затем определяются сезонные ЦП как верхние квартили распределения полученных значений по каждому сезону:

$$ЦП_{зима} = Q_3(Me_{i-зима}),$$

$$ЦП_{весна-лето} = Q_3(Me_{i-весна-лето}),$$

$$ЦП_{осень} = Q_3(Me_{i-осень}),$$

$$i = 1, \dots, N.$$

Дальнейший алгоритм определения ЦП остается без изменений.

Если нет информации или оснований для учета зависимости $C_{i,j}$ от сезона, то отдельный анализ по сезонам не проводится. В этом случае:

$$\text{для } N < 10 \quad ЦП = Q_3(C_{i,j}),$$

$$\text{для } N \geq 10 \quad ЦП = Q_3(Me_i),$$

где $Me_i = Me(C_{i,j}), i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, n_i$.

Для эталонных ПКК типов b и v в приведенных выше формулах соответствующие квартили заменяются на медианы.

ЦП назначается для всего РУ. Это означает, что к установленному сроку в любом ПКК (по крайней мере, за пределами 500-метровой зоны влияния выпусков сточных вод) на РУ значения соответствующих показателей качества воды должны быть не хуже ЦП. Для сравнения достигнутого качества воды с ЦП сопоставляется медиана (годовая, взвешенная по сезонам, либо сезонная) наблюдаемых значений концентраций с ЦП. Если медиана меньше либо равна ЦП, то ЦП считается достигнутым.

Поскольку на различных этапах ставится задача сопоставления наблюдаемых концентраций и ЦП важно решить вопрос точности вычислений. ПДК_{рх} при всех недостатках за долгое время их применения стали привычной «системой координат» в вопросах оценки качества воды. Наш многолетний опыт расчетов ЦП позволяет

заключить, что наиболее удобной и наглядной формой представления ЦП является вычисление их в долях соответствующих ПДК_{рх}. С учетом характера исходных данных, а также существующей практики оценки загрязнения ВО (например, высокое загрязнение - 10 ПДК_{рх}, экстремально высокое загрязнение - 50 ПДК_{рх}) для решения бассейновых задач в рамках СКИОВО приемлемой можно считать точность определения ЦП до целых долей ПДК_{рх}. При этом статистические характеристики рядов наблюдений за концентрациями ЗВ надо вычислять с той же точностью. Это, в частности, означает, что ЦП=0 на *i*-ом ПКК будет достигнут, если $Me(C_{i,j}) < 0,5$ ПДК_{рх}.

Расчет значений целевых показателей на спецучастках

Значения ЦП для СУ при наличии эталонных ПКК вычисляются также как для РУ. Однако СУ выделяются, главным образом, на крупных подверженных интенсивному антропогенному загрязнению реках и следовательно эталонные ПКК отсутствуют. Предлагается определять ЦП для СУ на основе соответствующих значений ЦП для прилегающих (выше, слева и справа по течению) участков. Если есть основания (результаты моделирования и пр.) для оценки вклада каждого из прилегающих РУ/СУ, следует вычислять ЦП для СУ сообразно этим оценкам. Если оснований нет, то предлагается вычислять значение ЦП как среднее между соответствующими значениями ЦП на РУ/СУ.

Допустим, на водотоке выделено *K* спецучастков: СУ_{*k*}, *k*=1, 2,..., *K*. Тогда формула определения ЦП для СУ_{*k*}:

$$\text{ЦП}_k = (\text{ЦП}_{k-1} + \text{ЦП}_{\text{лев}} + \text{ЦП}_{\text{прав}}) / 3, \quad k=2, \dots, K,$$

где ЦП_{лев}, ЦП_{прав} – значения соответствующего ЦП для РУ, расположенных слева и справа по течению водотока.

Для СУ₁ формула выглядит иначе: $\text{ЦП}_1 = (\text{ЦП}_{\text{лев}} + \text{ЦП}_{\text{прав}}) / 2$.

Вынужденная формальность и условность такого вычисления в некоторой степени компенсируется в процессе уточнения значений ЦП по достигнутому качеству воды на ПКК.

Приведем результаты расчета ЦП по бассейну р. Обь (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**). Поскольку на всех РУ имеются эталонные ПКК, и их число на РУ меньше 10, для расчетов ЦП использовалась формула случая $N < 10$. Ввиду ограниченности объема публикации значения ЦП для СУ, а также значения ЦП, рассчитанные для некоторых озер и водохранилищ, не приводятся.

Таблица 1. Значения целевых показателей по расчетным участкам бассейна р. Оби в долях ПДК_{рх}

Загрязняющее вещество	ПДК _{рх} , мг/дм ³	Номер расчетного участка													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Азот аммонийный	0,4	1	0	3	1	1	1	2	0	0	2	4	1	2	2
Азот нитратный	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Азот нитритный	0,02	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Алюминий	0,04	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
АСПАВ	0,1*	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
БПК	2*	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1
Железо общее	0,1	1	2	1	1	2	1	6	5	2	13	18	17	9	9
Кадмий	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Кальция ионы	180	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Кислород	4*	2	3	2	3	3	2	2	3	2	1	2	2	2	2
Магния ионы	40	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Марганец	0,01	1	1	1	2	1	0	7	6	1	1	17	14	18	18
Медь	0,001	3	1	1	1	3	0	2	6	0	1	19	16	3	3
Нефтепродукты	0,05	3	5	8	4	8	2	8	1	4	9	10	2	13	13
Никель	0,01	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
Окисляемость бихроматная	15*	1	1	5	1	1	1	4	1	1	2	4	3	2	2
Ртуть	0,00001	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Свинец	0,006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Сульфатные ионы	100	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Сумма Na и K	170	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Сумма ионов	1000*	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Фенолы летучие	0,001	3	2	1	1	2	4	2	2	3	2	3	1	6	6
Фосфаты	0,2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Фториды	0,75	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Хлоридные ионы	300	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Хром шестивалентный	0,02	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Цинк	0,01	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	3	2	5	5

Примечания:

- * отмечены значения, которых нет в списке ПДК_{рх}, утвержденных Приказом Росрыболовства от 18.01.2010 № 20. Эти значения приведены по Приложению 1 «Инструкции по заполнению журналов ГХЗ» автоматизированной информационной системы «Качество поверхностных вод» (АИС КПВ) Росгидромета.
- По сумме Na и K приведена условная ПДК_{рх}, равная сумме соответствующих ПДК_{рх}.

Уточнение значений целевых показателей

Если на момент установления ЦП в каком-либо ПКК значение показателя качества воды было лучше, чем ЦП, то ЦП уточняется. Процедура уточнения ЦП для некоторого ЗВ по i -му ПКК такова: Q_3 (взвешенный по сезонам, если применимо) сопоставляется с ЦП. Если он меньше ЦП, то в качестве ЦП для этого ПКК по этому ЗВ принимается значение Q_3 (рис. 3).

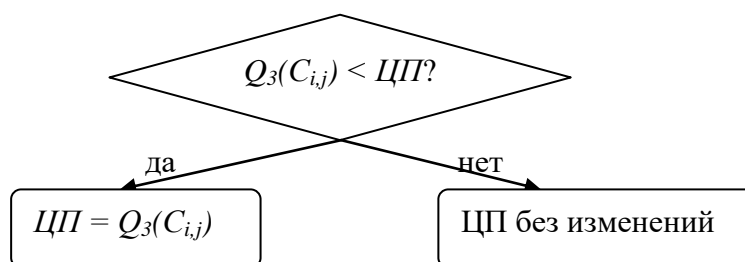


Рис. 3. Алгоритм уточнения ЦП по данным многолетних наблюдений на ПКК.

Приведем пример уточнения ЦП по ПКК, расположенному на РУ-3, в 150 км от устья р. Кулунды, в черте с. Бaeво Алтайского края (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**). Как видно, по целому ряду ЗВ Me оказалась ниже ЦП. Однако ЦП уточняются только в случае, когда и Q_3 меньше ЦП. Уточнены значения ЦП для аммонийного азота, кальция, сульфатов, сумме натрия и калия, суммы ионов. Превышение Me над ЦП_y (последний столбец таблицы) говорит о том, что есть основания для констатации антропогенного загрязнения ВО. В рассматриваемом примере антропогенное загрязнение выявляется по БПК, железу и фенолам.

Таблица 2. Пример расчетной таблицы для уточнения целевых показателей (ЦП)

Загрязняющее вещество	Me	Q_3	ЦП	Me -ЦП	Q_3 -ЦП	ЦП _у	Me -ЦП _у
Азот аммонийный	2	2	3	-1	-1	2	0
Азот нитратный	0	0	0	0	0	0	0
Азот нитритный	0	1	1	-1	0	1	-1
БПК ₅	2	3	1	1	2	1	1
Железо общее	2	3	1	1	2	1	1
Кальция ионы	0	0	1	-1	-1	0	0
Кислород	2	2	2	0	0	2	0
Магния ионы	2	2	2	0	0	2	0
Нефтепродукты	7	10	8	-1	2	8	-1
ХПК	4	5	5	-1	0	5	-1
Сульфатные ионы	1	2	3	-2	-1	2	-1
Сумма Na и K	1	1	2	-1	-1	1	0
Сумма ионов	1	1	2	-1	-1	1	0
Фенолы	3	4	1	2	3	1	2
Фосфаты	1	4	1	0	3	1	0
Хлоридные ионы	0	1	1	-1	0	1	-1

Примечания: все показатели в долях ПДК_{рх}; по кислороду в столбце Q_3 приведено значение Q_1 ; ЦП_у – уточненное значение ЦП; жирным шрифтом выделены ЦП_у, отличающиеся от ЦП.

Определение приоритетных загрязняющих веществ

Основная функция ЦП – дать объективную основу для определения приоритетов водоохранной деятельности, в частности, в рамках реализации СКИОВО. Первый шаг – определение приоритетных ЗВ для каждого ПКК. Приоритетными ЗВ считаются те, концентрации которых имеют статистически значимое превышение над ЦП (ЦП_у). Поскольку ПДК_{рх} при всех недостатках может считаться некоторой мерой опасности ЗВ для биоты, принято решение сопоставлять концентрации ЗВ не только с ЦП, но и с ПДК_{рх}.

Установлена следующая схема приоритетов:

1 (высший) - среднеголетняя концентрация ЗВ (медиана либо, по возможности, медиана, взвешенная по сезонам) превосходит и соответствующее значение ЦП, и значение ПДК_{рх}

$$Me(C) > ЦП \text{ и } Me(C) > ПДК_{рх};$$

2 - среднегодовая концентрация ЗВ превосходит ЦП, но не превосходит ПДК_{рх} (или ПДК_{рх} не установлен)

$$Me(C) > ЦП \text{ и } Me(C) \leq ПДК_{рх};$$

3 - среднегодовая концентрация ЗВ не превосходит ЦП, но превосходит значение ПДК_{рх}

$$Me(C) \leq ЦП \text{ и } Me(C) > ПДК_{рх}.$$

С некоторой долей условности можно сказать, что ЗВ назначается приоритет 1, если обнаружено превышение концентрации и над природным, и над безопасным уровнем загрязнения, приоритет 2 – при превышении природного без превышения безопасного и приоритет 3 – при превышении безопасного уровня загрязнения без превышения природного.

Приведем пример расчетной таблицы для установления приоритетных ЗВ для ПКК, расположенного на 542,5 км от устья р. Томь в 30 км ниже г. Новокузнецка (Таблица 3).

Таблица 3. Пример определения приоритетных загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	ЦП _у	Me	Me– ЦП _у	Установленный приоритет загрязняющего вещества
Азот аммонийный	1	2	1	1
Азот нитратный	0	0	0	
Азот нитритный	0	2	2	1
БПК ₅	1	1	0	
Железо общее	1	1	0	
Магния ионы	0	0	0	
Марганец	0	0	0	
Медь	0	0	0	
Нефтепродукты	2	2	0	3
Окисляемость бихроматная	1	1	0	
Сульфатные ионы	0	0	0	
Сумма ионов	0	0	0	
Фенолы	4	2	-2	3
Фосфаты	0	0	0	
Хлоридные ионы	0	0	0	
Хром шестивалентный	0	0	0	
Цинк	0	0	0	

Примечание: все показатели, кроме установленного приоритета загрязняющего вещества, в долях ПДК_{рх}.

Как видно из таблицы, по азоту аммонийному и нитритному имеется превышение и над ЦП: $Me-ЦП_y > 0$, и над ПДК_{рх}: $Me > 1$. Этим ЗВ присвоен приоритет 1. По нефтепродуктам и фенолам нет превышения над ЦП, но имеется превышение над ПДК_{рх} – этим ЗВ присваивается приоритет 3.

Определение источников поступления приоритетных загрязняющих веществ

Водоохранные мероприятия должны быть направлены в первую очередь на сокращение поступления в ВО ЗВ приоритетов 1 и 2. Добиться снижения поступления в ВО приоритетных ЗВ можно на основе сокращения поступления этих ЗВ из управляемых источников загрязнения. К точечным управляемым источникам ЗВ относятся выпуски, по которым осуществляется сброс сточных вод в поверхностные ВО водопользователями, отчитывающимися по форме 2-ТП (водхоз). К рассредоточенным управляемым источникам относятся селитебные территории, сельхозугодья и животноводческие комплексы, влияние которых на ВО поддается оценке [19, 20]. Заметим, что значительные массы ЗВ поступают в ВО из неуправляемых (неустановленных) источников, которые могут носить как природный, так и антропогенный характер.

Для достижения ЦП в рамках СКИОВО решаются задачи по снижению сброса ЗВ прежде всего теми источниками, доля которых ощутима в балансе масс этого ЗВ в ВО. Для сокращения поступления ЗВ именно из таких источников может потребоваться консолидация усилий и средств водопользователей и государства, в т. ч. в рамках реализации Федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах». Работа с остальными источниками загрязнения продолжается на основе действующего законодательства.

Выявление источников поступления приоритетных ЗВ осуществляется на основе расчета баланса масс по участкам бассейна между ПКК. Назовем такие участки контрольными (КУ). В расчете используются многолетние данные наблюдений за качеством воды и ее расходами, данные отчетности 2-ТП (водхоз), а также данные по выносу загрязняющих веществ с селитебных территорий, сельскохозяйственных угодий и животноводческих хозяйств [19, 20].

Предлагается следующий алгоритм выявления источников поступления приоритетных ЗВ на КУ:

1) по данным 2-ТП (водхоз) определяется общий список и суммарные годовые массы ЗВ, поступающих в поверхностные ВО от учтенных точечных источников на КУ (M_T);

2) определяется перечень и суммарные годовые массы ЗВ, поступающих в поверхностные ВО от учтенных рассредоточенных источников на КУ (M_c – с сельхозугодий, $M_{ж}$ – от животноводческих хозяйств, M_T – с территорий городов);

3) по данным многолетних наблюдений в замыкающих створах КУ за концентрацией ЗВ и расходом воды рассчитываются годовые расходы масс ЗВ по замыкающим створам КУ. При этом рассчитываются не только среднемноголетние массы, но и массы за последний год наблюдений, и массы, рассчитанные из предположения, что весь год сохраняются условия зимней межени:

$$M_i = (Me (W_{i,j-зима} \cdot C_{i,j-зима}) \cdot L_{зима} + Me (W_{i,j-весна-лето} \cdot C_{i,j-весна-лето}) \cdot L_{весна-лето} + Me (W_{i,j-осень} \cdot C_{i,j-осень}) \cdot L_{осень}) / 12,$$

где M_i – годовой расход массы ЗВ через замыкающий створ КУ (i -й ПКК);

$W_{i,j-зима}$ – данные наблюдений за расходами воды по i -му ПКК за соответствующий сезон; остальные обозначения – прежние;

4) определяются доли (в %) масс ЗВ, поступающих из учтенных источников различного типа, от расхода ЗВ в замыкающем створе КУ:

$$\%_T = M_T / M_i \cdot 100 \% \text{ – доля точечных источников;}$$

$$\%_c = M_c / M_i \cdot 100 \% \text{ – с сельхозугодий;}$$

$$\%_{ж} = M_{ж} / M_i \cdot 100 \% \text{ – от животноводческих хозяйств;}$$

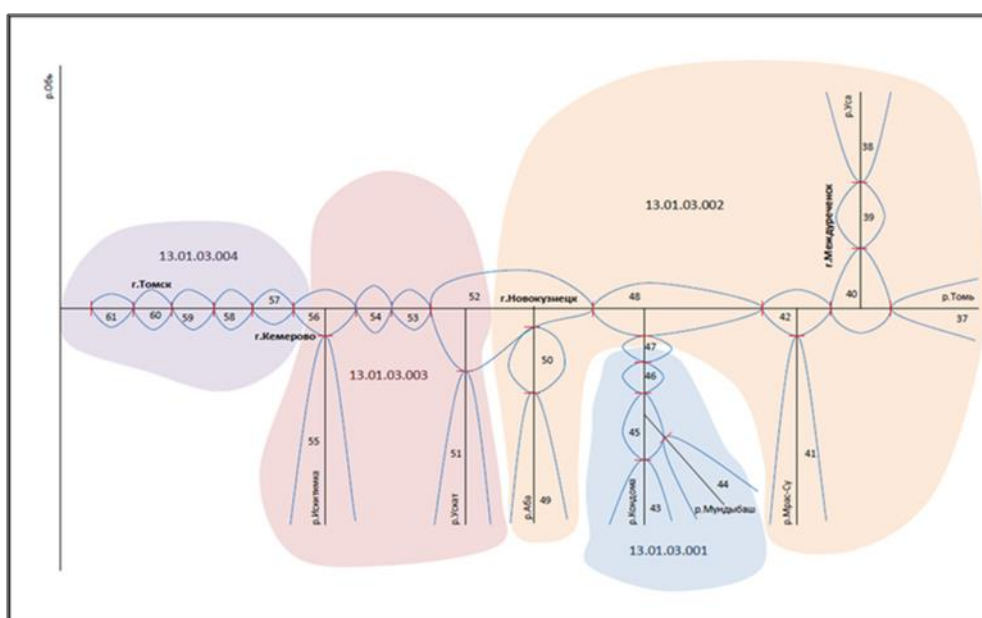
$$\%_T = M_T / M_i \cdot 100 \% \text{ – с территорий городов;}$$

5) если масса ЗВ, поступающая от того или иного типа источника, превышает 1 % от расхода массы через замыкающий створ, то мероприятиям по снижению поступления ЗВ от соответствующего типа источника придается установленный для этого ЗВ приоритет. Если приоритета у ЗВ не было, то мероприятиям придается приоритет 4, означающий, что управляемые источники вносят ощутимый вклад в поступление ЗВ, однако это пока не приводит к превышению «природного» и «безопасного» уровней содержания ЗВ в воде. Упрощенно такую оценку влияния учтенных источников ЗВ можно, например, для точечных источников, представить так. Мысленно перенесем весь сброс ЗВ в непосредственную близость от замыкающего створа КУ. Если даже в этих условиях при полном прекращении сброса масса этого ЗВ, проходящая через замыкающий створ КУ (характеристика воздействия на бассейн реки), изменится несущественно ($\%_T < 1 \%$), то concertировать усилия и средства в

рамках СКИОВО на сокращение поступления этого ЗВ на этом КУ нецелесообразно: ожидать бассейнового эффекта от сокращения сброса не приходится;

б) после того как приоритеты по типам источников установлены выбираются непосредственные источники (выпуски сточных вод, населенные пункты и т. п.), на которых следует проводить приоритетные мероприятия по сокращению поступления ЗВ в ВО. Среди выпусков выбираются те, по которым сбрасывается не менее 5 % от суммарной массы сброса соответствующего ЗВ всеми точечными источниками на КУ. Опыт показывает, что обычно таких выпусков на КУ менее 10, и они дают от 80 до 99 % от суммарной массы сброса ЗВ.

В бассейне р. Оби расчеты произведены по 109 КУ. Для примера приведем схему расположения КУ в подбассейне р. Томь (рис. 4).



Условные обозначения:

13.01.03.002 номер ВХУ

57 контур и номер КУ

| замыкающий створ КУ

(на верстке – замкнуть голубой контур в усл. обозначениях)

Рис. 4. Схема контрольных участков в подбассейне р. Томь.

Приведем пример определения приоритетных источников по КУ с замыкающим створом в 30 км ниже г. Новокузнецка на 542,5 км от устья р. Томь (Таблица 4Таблица 3).

Таблица 4. Пример установления источников поступления приоритетных загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	M_i , т	M_T , т	M_G , т	$M_{ж}$, т	$M_{с}$, т	% _г	% _г	% _ж	% _с	Приоритет загрязняющего вещества
Азот аммонийный	8379	244	31			3	0			1
Азот нитратный	6499	1673				26				4
Азот нитритный	457	26	0			6	0			1
Азот общий	15 335	1943	31	159	198			1	1	1
БПК полн.	37 996	1399	848			4	2			4
Взвешенные вещества	50 804	3209	7436			6	15			4
Железо	2430	14	8			1	0			4
Марганец	0	3	3							4
Медь	0	1	0							4
Нефтепродукты	954	13	184			1	19			3
СПАВ	20	3				13	0			4
Сульфаты	342 292	10 031	2479			3	1			4
Сухой остаток	2489 269	70 539				3				4
Фенолы	20	0				0				3
Фосфор общий	1370	196		106	5	14		8	0	4
Фтор	2914	139				5				4
Хлориды	78 632	5240				7				4
ХПК	123 312	43				0				
Хром 6 ⁺	6	0				0				
Цинк	4	2				52				4

Примечания: M_T – значение масс ЗВ, поступающих в ВО со стоком из г. Новокузнецка, рассчитанное в соответствии с его промышленной специализацией [19]; азот общий для M_i и M_T рассчитан как сумма аммонийного, нитратного и нитритного азота; азоту общему присваивается наивысший из приоритетов слагаемых.

Как видно, доля источников приоритетных ЗВ (см. табл. 3) в расходе масс на замыкающем створе оказалась больше 1 %. Водоохраным мероприятиям по снижению поступления этих ЗВ от управляемых источников присвоен тот же приоритет.

По ряду неприоритетных ЗВ выявлено, что вклад управляемых источников в общий расход масс ЗВ на контрольном створе ВО значителен. Приоритет мероприятий по сокращению сброса этих ЗВ – 4.

После определения приоритетов по типам источников поступления ЗВ определяются собственно приоритетные источники (

Таблица 5).

Таблица 5. Пример перечня основных точечных источников поступления приоритетных загрязняющих веществ

<u>ЗВ</u> <u>ПР</u>	<i>M_т</i> , т	%	Категория очистки сточных вод на выпуске	Наименование предприятия	Приемник сточных вод	Расстояние от устья до выпуска, км
<u>Азот аммонийный</u> 1	132,95	54	ЗБ	ОАО Западно-Сибирский металлургический комбинат	оз. Узкое	1
	65,34	27	ЗН	ООО СПК Чистогорский	р. Есаулка	1
	23,40	10	ЗН	ЗАО Водоканал г. Новокузнецк	р. Томь	558
<u>Азот нитритный</u> 1	20,19	78	ЗБ	ОАО Западно-Сибирский металлургический комбинат	оз. Узкое	1
	3,82	15	ЗН	ЗАО Водоканал г. Новокузнецк	р. Томь	558
<u>Нефтепродукты</u> 3	4,10	31	ЗБ	ОАО Западно-Сибирский металлургический комбинат	Черная речка	1
	2,30	18	ЗБ	ОАО Западно-Сибирский металлургический комбинат	оз. Узкое	1
	2,10	16	ЗН	ЗАО Водоканал г. Новокузнецк	р. Томь	558
	0,95	7	ЗН	ОАО ОУК ЮКУ филиал Шахта Кушеяковская	р. Есаулка	31
	0,80	6	ЗБ	ООО ЕВРАЗЭК	р. Конобениха	3
<u>Фенолы</u> 3	0,04	88	ЗН	ООО СПК Чистогорский	р. Есаулка	1

Примечания: % - доля (в %) выпуска сточных вод в суммарной массе сброса соответствующего ЗВ точечными источниками на КУ; ЗБ – сброс загрязненных сточных вод без очистки; ЗН – сброс недостаточно очищенных сточных вод.

Как видно из таблицы, на рассматриваемом КУ имеется 3 водопользователя, осуществляющих основной вклад в сброс ЗВ, которым присвоен приоритет 1. Мероприятия по совершенствованию очистки сточных вод на этих предприятиях включаются в программу СКИОВО и могут в первую очередь претендовать на преференции, предусмотренные ФЦП.

Заключение

Предложенные в статье подходы к установлению и использованию ЦП позволяют определить приоритеты водоохранной деятельности в бассейне реки на основе:

- выявления тех проблем загрязнения поверхностных ВО, обусловленность которых антропогенным воздействием подтверждается имеющимися данными наблюдений (с учетом природных особенностей формирования качества воды);
- определения задач, которые можно решить, воздействуя на управляемые источники поступления ЗВ;
- выделения среди управляемых источников поступления ЗВ тех, водоохранные мероприятия на которых дадут ощутимый бассейновый эффект.

Разработка и реализация программ водоохранных мероприятий (в частности, в рамках СКИОВО) на основе таких приоритетов способствует повышению эффективности использования средств, реальному улучшению состояния ВО. Накопленный авторами опыт определения ЦП и установления на их основе приоритетов водоохранной деятельности на ряде бассейнов подтверждает практическую применимость изложенных в статье подходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляев С.Д.* К вопросу о нормировании водопользования // Водное хозяйство России. 2004. Т. 6. № 5. С. 445–459.
2. *Беляев С.Д.* Как нормировать?! // Вода России. 2008. № 7–8 (198–199). С. 6–7.
3. *Беляев С.Д.* Водный кодекс и практика нормирования // Водное хозяйство России. 2008. № 4. С. 4–14.

4. *Беляев С.Д., Черняев А.М.* Региональные стандарты и целевые показатели состояния водных объектов // Третий международный конгресс «Вода: экология и технология» ЭКВАТЭК-98: Тезисы докладов. М. 1998. С. 576.
5. *Беляев С.Д., Черняев А.М.* Стратегия водоохранной деятельности на основе целевых показателей состояния водных объектов // Мелиорация и водное хозяйство. 1999. № 2. С. 52–55.
6. *Belyaev S., Chernyaev A.* Water Body Condition Objectives as Instrument of Water Management // International conference on EU water management framework directive and Danubian countries. Bratislava. 1999. P. 158–164.
7. *Беляев С.Д., Черняев А.М.* Гидроэкология: концепция охраны вод на основе идеологии целевых показателей // Инженерная экология. 1999. № 6. С. 2–9.
8. *Belyaev S., Chernyaev A.* Water body condition objectives as instrument of national water policy in Russia // New Trends in Water and Environmental Engineering for Safety and Life. Proceedings of an International Conference. Capri. Italy. 3–7 July 2000. A.A. Balkema / Rotterdam / Brookfield / 2000. P. 84.
9. *Беляев С.Д.* Предложения по использованию целевых показателей для нормирования водопользования в рамках нового Водного кодекса РФ // Водное хозяйство России. 2006. № 6. С. 3–26.
10. *Беляев С.Д.* Использование целевых показателей качества воды при планировании водохозяйственной деятельности // Водное хозяйство России. 2007. № 3. С. 3–17.
11. *Беляев С.Д.* Алгоритм расчета долгосрочных целевых показателей качества воды в водном объекте // X Международный симпозиум и выставка «Чистая вода России»: сб. материалов. Екатеринбург. 2008. С. 296–301.
12. *Беляев С.Д., Львов А.П., Черняев А.М.* Определение целевых показателей состояния водных объектов (на примере р. Чусовая) // Четвертый международный конгресс «Вода: экология и технология» ЭКВАТЭК-2000: Тезисы докладов. М. 2000. С. 24–26.
13. *Беляев С.Д.* О месте целевых показателей качества воды в СКИОВО // Водное хозяйство России. 2009. № 3. С. 61–78.
14. *Беляев С.Д., Могиленских А.К., Одинцева Г.Я.* Целевые показатели качества воды Камского бассейна // Водное хозяйство России. 2009. № 5. С. 35–48.
15. Разработка методических рекомендаций по определению целевых показателей качества воды в водных объектах. Т. 2. Методические рекомендации по

- определению целевых показателей качества воды в водных объектах // Отчет по НИР / ФГУП РосНИИВХ. рук. С.Д. Беляев. Екатеринбург. 2007. 54 с.
16. Национальный атлас России в 4 томах. Т. 2. Природа. Экология. М.: Роскартография, 2007. 495 с.
 17. *Летихин А.П., Мирошниченко С.А.* Особенности задания «фоновой» концентрации в естественных водотоках // Водное хозяйство России. 2002. № 3. С. 247–262.
 18. Разработка методических рекомендаций по определению целевых показателей качества воды в водных объектах. Т. 1 // Отчет по НИР / ФГУП РосНИИВХ, рук. С.Д. Беляев. Екатеринбург. 2007. 154 с.
 19. *Федорова Е.В., Карпунина О.П., Максимчук Н.С.* Учет загрязнения водных объектов стоком с городов в схемах комплексного использования и охраны водных объектов // Водное хозяйство России. 2011. № 2. С. 21–29.
 20. *Федорова Е.В., Щипачева Л.А., Карпунина О.П., Максимчук Н.С.* Роль сельскохозяйственной деятельности в бассейне реки Камы в формировании качества поверхностных вод // Водное хозяйство России. 2012. № 1. С. 31–46.

Сведения об авторах:

Беляев Сергей Дагобертович, к. т. н., заведующий отделом, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23; e-mail: belyaev@wrm.ru

Михайлова Татьяна Игоревна, младший научный сотрудник, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23

Одинцева Галина Яковлевна, к. г. н., старший научный сотрудник, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23

Чайкина Татьяна Игоревна, младший научный сотрудник, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23