

ГИДРОЛОГИЯ

УДК 556.114:502.654

С.Д. Беляев

К ВОПРОСУ УЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов (ФГБУ РосНИИВХ), Екатеринбург

Отсутствие регламентированного способа учета пространственной дифференциации природных условий формирования качества воды снижает эффективность долгосрочного государственного планирования водоохранных мероприятий по речным бассейнам. В статье излагаются методологический подход и алгоритмы установления целевых показателей качества воды и определения приоритетов водоохранной деятельности в масштабах речного бассейна с учетом пространственной дифференциации природной среды и антропогенных факторов. Значения целевых показателей качества воды устанавливаются по расчетным участкам речного бассейна, выделенным на основе анализа тематических карт, путем статистической обработки данных многолетних наблюдений по эталонным створам. Используются непараметрические характеристики случайных величин концентраций: медиана и квартили. Учитывается сезонная изменчивость. По каждому створу устанавливаются приоритетные загрязняющие вещества: те, среднемноголетние концентрации которых превосходят целевые показатели. Определяются управляемые точечные и диффузные источники поступления приоритетных веществ. На основе сопоставления годовых расходов масс приоритетных загрязняющих веществ, поступающих из установленных источников, с расходами на контрольном створе определяются приоритеты водоохранных мероприятий. Предлагаемый подход и алгоритмы иллюстрируются примерами по бассейну р. Обь, прошли апробацию на ряде российских бассейнов, готовы к повсеместному применению.

Ключевые слова: бассейн, качество воды, целевые показатели, приоритеты, планирование, учет природных условий.

S.D. Belyaev

DEVELOPMENT OF THE WATER-PROTECTION PLAN WITH REGARD TO SPATIAL DIFFERENTIATION OF THE NATURAL CONDITIONS

Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection (RosNIIVKh), Ekaterinburg

One of the reasons for the low effectiveness of basin water-protection plans in Russia is absence of the approved instrument which allows for taking into account the spatial differentiation of natural conditions within the goal setting process. The article outlines the methodology and algorithms of establishing water-quality objectives and prioritizing water protection measures on the river basin scale with regard to the spatial differentiation of natural and anthropogenic factors. The water-quality objectives are determined for the river basin subdivisions, which are determined on the basis of the thematic maps analysis. The values are calculated by aggregating data of long-term observations at control points without anthropogenic impact which are located within the basin subdivisions. The non-parametric characteristics of observation data (median and quartiles) are used with due regard to seasonal variability. The priority substances (whose average concentrations exceed water-quality objectives) are determined for each water quality control point. Point and non-point sources of priority substances are identified after that. The priorities of water protection measures are determined based on comparison of priority substance masses coming from the identified sources with those in the water body. All matters are illustrated by examples of the Ob River basin. The proposed approach has been tested on a number of Russian river basins and is ready for widespread use.

Key words: river basin, water quality objectives, priorities, planning, natural conditions.

doi 10.17072/2079-7877-2017-4-81-96

Введение

Химический состав воды поверхностных водных объектов (ВО) формируется в результате физических, химических и биологических процессов, протекающих на водосборной территории (включая выпадение осадков, массоперенос в зоне аэрации и в связанных с поверхностными подземными водами) и в самом ВО. Специфичность таких процессов определяется целым рядом природных факторов: климатические особенности, морфологические и литологические характеристики, типы почв, характер растительного покрова и пр. Разнообразие перечисленных факторов на территории России обусловлено существенной вариативностью химического состава поверхностных вод, что подтверждается рядом исследований [3; 14; 15; 19; 23; 25]. Однако до сих пор при оценке качества воды ВО используются единые для всей территории страны¹ нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах ВО рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}) [20]. Одним из следствий сложившейся ситуации является отсутствие объективной основы для установления целей и основных направлений (приоритетов) при планировании водоохранной деятельности, что, в свою очередь, снижает эффективность водоохраных мероприятий, приводит к нерациональному расходованию средств.

Государственное планирование водоохранной деятельности в России проводится по бассейнам (подбассейнам) рек в рамках разработки Схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО). Проведенный автором анализ утвержденных СКИОВО подтверждает наличие проблемы.

В настоящей публикации предлагаются методологический подход и алгоритмы установления целей и приоритетов водоохранной деятельности в речном бассейне (подбассейне) с учетом пространственной дифференциации природных факторов формирования качества поверхностных вод.

Материалы и методы исследования

Исследования базировались главным образом на данных Государственной сети наблюдений (ГСН) за уровнем загрязнения поверхностных вод подбассейна р. Обь от истоков до впадения р. Иртыш за 11-летний период (2000–2010 гг.) [10], данных статистической отчетности по форме 2-ТП (водхоз), комплексе карт, представленных в [16]. В качестве методологической основы использованы: бассейновый подход [6; 13], географо-гидрологический метод [2; 7], классификация природных вод по Алекину [1], геохимическая классификация ландшафтов по Перельману [20], статистические методы исследования рядов наблюдений. Были проанализированы результаты исследований закономерностей формирования гидрохимического стока [14; 15; 23; 24], действующее нормативно-правовое и методическое обеспечение механизмов сокращения поступления загрязняющих веществ (ЗВ²) в ВО; публикации по решению проблем управления охраной ВО в России; зарубежный опыт (ЕС, США); материалы 69 утвержденных СКИОВО.

Результаты и их обсуждение

Необходимость учета природных особенностей формирования качества воды ВО при планировании водоохраных мероприятий и наши предложения по методологическому подходу и алгоритмам установления целей и приоритетов водоохранной деятельности продемонстрируем на примере подбассейна р. Обь от истоков до впадения р. Иртыш (рис. 1). Выбор обусловлен разнообразием природных условий, интенсивности и характера антропогенных нагрузок, социально-экономическим значением подбассейна, а также опытом применения предлагаемых автором подходов при разработке СКИОВО бассейна р. Обь [3].

Рассматриваемый подбассейн простирается более чем на 1500 км с юга на север и с востока на запад, площадь водосбора – 1,04 млн км², среднегогодежный расход в замыкающем створе – 7350 м³/с. Длина основного водотока подбассейна (р. Катунь и р. Обь до впадения р. Иртыш) составляет 3172 км.

¹Единственное исключение – ПДК по бору для р. Рудной Приморского края.

²Под ЗВ для упрощения изложения будем понимать любую физико-химическую характеристику качества воды в ВО, например, как концентрацию железа, так и БПК₅. Под концентрацией будем понимать характеристику, соответствующую ЗВ: для приведенных показателей – концентрацию железа в мг/л и количество израсходованного кислорода в мг О₂/л, соответственно.



Рис. 1. Подбассейн р. Обь до впадения р. Иртыш

Согласно физико-географическому районированию [26], подбассейн берет свое начало в Алтайской и Салаиро-Кузнецко-Алатауской горных областях Алтае-Саянской страны. Большая часть подбассейна расположена в Западно-Сибирской равнинной стране, охватывает степную, лесостепную и таежную зональные области. Подробное описание природных условий и характеристики качества воды и источников поступления ЗВ можно найти в [11; 25]. Большая часть подбассейна несет воду малой минерализации (2 класс: 100–200 мг/л) и относится к гидрокарбонатному классу группы кальция (по [1]). В подбассейне расположен целый ряд крупных промышленных центров, развиты добывающая, перерабатывающая и химическая промышленность, черная и цветная металлургия, машиностроение, сельское хозяйство. Сброс сточных вод в поверхностные ВО в объеме до 5 км³/год осуществляет более 2000 учтенных водопользователей. Только 35% от более 1,5 км³/год сточных вод, требующих очистки, доводится на сооружениях очистки до нормативного качества. Отчетность по форме 2-ТП (водхоз) содержит сведения о сбросе в поверхностные ВО подбассейна ЗВ по 47 показателям.

По данным Росгидромета [11] основными ЗВ в ВО подбассейна являются соединения железа, меди, нефтепродукты, фенолы, легкоокисляемые органические вещества (по БПК), в отдельных створах – соединения цинка и марганца, органические вещества (по ХПК), аммонийный и нитритный азот. При этом критерии качества воды, применяемые Росгидрометом, базируются, главным образом, на ПДК_{рх}. Основными источниками загрязнения воды р. Обь считаются сточные воды предприятий химической, нефтехимической, нефте- и газодобывающей, угольной промышленности, черной и цветной металлургии, машиностроения, металлообработки и жилищно-коммунального хозяйства

[11]. В то же время сверхнормативное содержание многих из перечисленных ЗВ наблюдается и в створах, не подверженных антропогенному воздействию. Так, в устье р. Кокши, водосбор которой расположен на территории Алтайского государственного природного заповедника, ПДК_{рх} превышены по фенолам и нефтепродуктам, а на 93-м км от устья р. Андарма, протекающей по территории Васюганских болот (Томская область), – по азоту аммонийному, БПК, железу, ХПК, фенолам, нефтепродуктам (рис. 2).

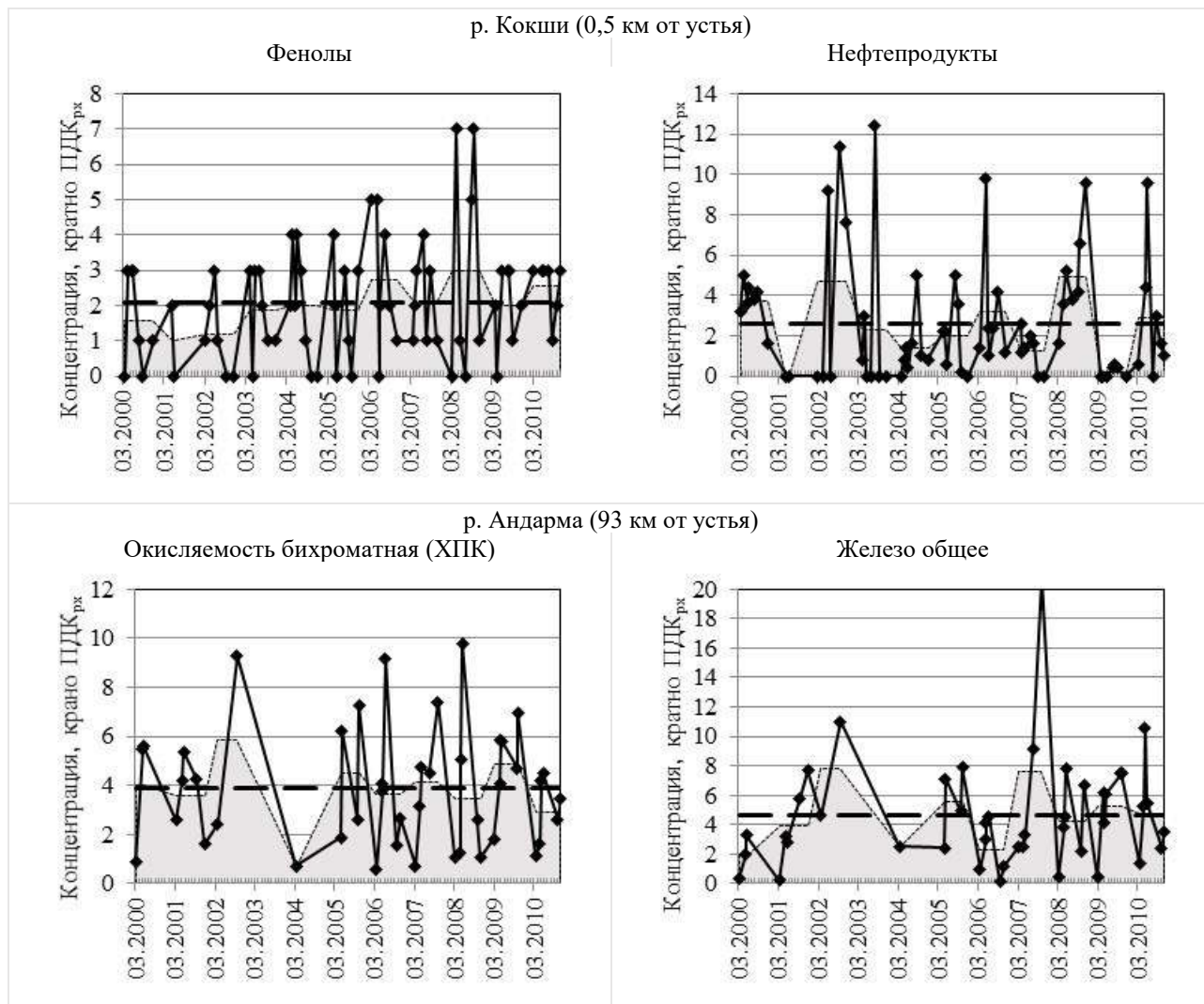


Рис.2. Примеры содержания загрязняющих веществ в створах, не подверженных антропогенному воздействию: —◆— — наблюдаемое значение; — — — — среднемноголетнее; — — — — среднегодовое.

Проведенные исследования ставят под сомнение и решающую роль выпусков сточных вод в формировании качества воды в масштабе бассейна (не на локальном уровне). Сопоставление сумм масс ЗВ, сбрасываемых в ВО (отчетность 2-ТП (водхоз)) по выпускам сточных вод, с массами этих ЗВ, проходящими через контрольный створ, показывает, что совокупное влияние точечных источников на качество воды в бассейне может быть незначительным даже для крупнейших промышленных центров (рис. 3).

По ряду ЗВ (например, по нефтепродуктам, взвешенным веществам) более заметный вклад в антропогенное формирование качества воды может оказывать поверхностный сток с территорий городов (рис. 4), а по соединениям азота и фосфора – с сельхозугодий [27].

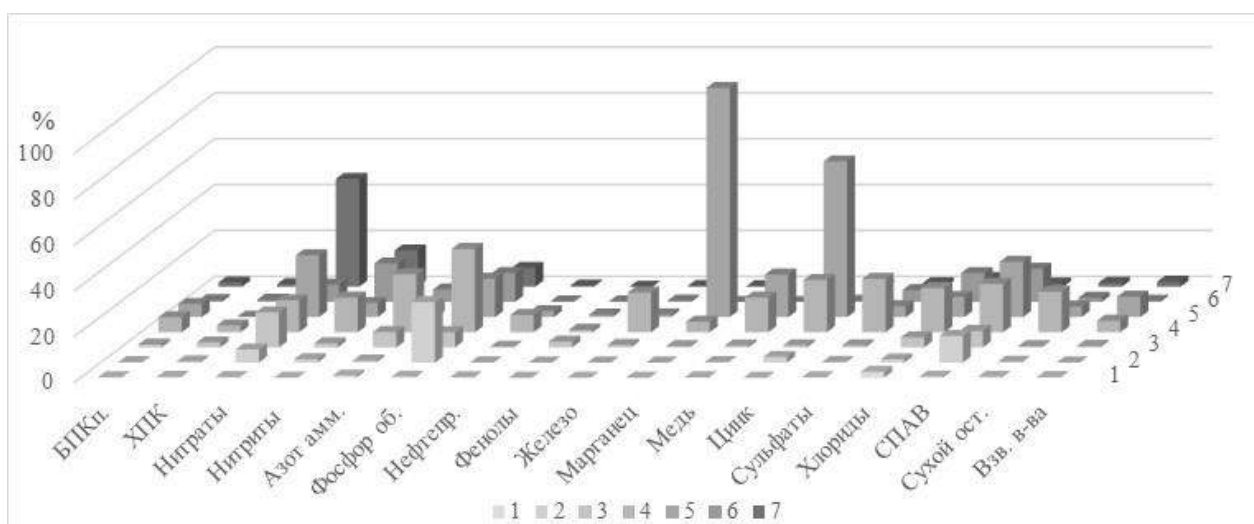


Рис.3. Доли суммарных масс загрязняющих веществ, поступающих от точечных источников, расположенных в промышленных центрах бассейна р. Обь, в расходе масс этих веществ через контрольные створы водотоков (2009 г.): 1 – г. Бийск (р. Бия; участок: 22 км выше – 10,5 км ниже города); 2 – г. Барнаул (р. Обь; 7км выше – 13,7 км ниже города); 3 – г. Новосибирск (р. Обь; 0.3 км ниже плотины ГЭС – 9 км ниже города); 4 – г. Ленинск-Кузнецкий (р. Иня; 15 км выше – 15 км ниже города); 5 – г. Новокузнецк (р. Томь; 1 км выше – 30 км ниже города); 6 – г. Кемерово (р. Томь; 12 км выше – 1 км ниже города); 7 – г. Ачинск (р. Чулым; 7 км выше – 6 км ниже города)

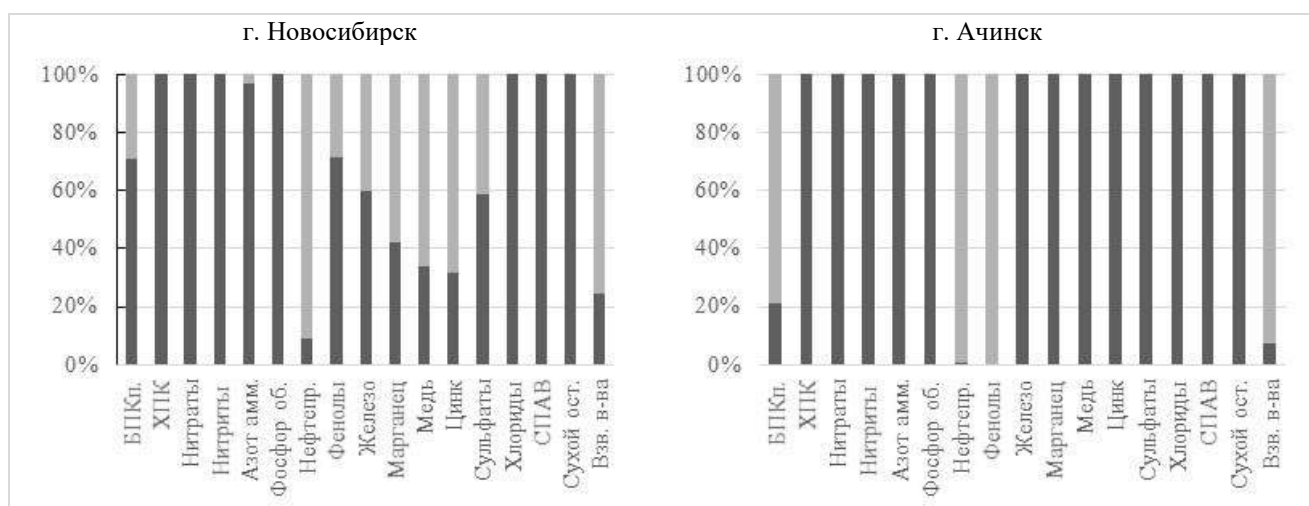


Рис. 4. Соотношение масс загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты из точечных источников (■) с поверхностным стоком с территории городов (■).

Но определяющими для большого числа ЗВ, по крайней мере для крупных водотоков, остаются природные факторы, что подтверждается результатами анализа многолетних наблюдений (с 1937 по 2005 г.) по Средней Оби [24]. Приведенные примеры показывают, что при определении целей и приоритетов водоохранной деятельности в речном бассейне необходимо:

- выявлять антропогенную составляющую загрязнения ВО, для чего, в свою очередь, необходимо учитывать природные особенности состава поверхностных вод;
- среди управляемых антропогенных источников загрязнения выявлять те, воздействие на которые может возыметь бассейновый (на достаточном удалении от источника) эффект.

Приведем разработанный нами и апробированный на ряде речных бассейнов *методологический подход к определению целей и приоритетов водоохранной деятельности в масштабах речных бассейнов.*

Укажем основные принципы, на которых должен базироваться означенный методологический подход:

1) применимость: полная готовность к применению в рамках действующих нормативно-правовых, организационных и экономических условий;

2) универсальность: возможность применения на всех крупных речных бассейнах России на основе имеющейся информации (опора на данные ГСН, статотчетность);

3) специфичность: учет пространственной дифференциации природных и антропогенных условий формирования качества воды;

4) объективность: выбор тех проблем загрязнения ВО, обусловленность которых антропогенным воздействием подтверждается имеющимися данными наблюдений;

5) бассейновая эффективность: выбор тех источников антропогенного воздействия, водоохранные мероприятия на которых могут иметь бассейновый эффект;

6) реалистичность: выбор водоохранных задач, которые можно решить, воздействуя на управляемые источники поступления ЗВ;

7) гибкость: возможность уточнения всех параметров в рамках цикла – определение целей и приоритетов \Rightarrow реализация комплекса мероприятий \Rightarrow оценка результатов и анализ вновь накопленной информации \Rightarrow уточнение целей и приоритетов и т.д.

Исходя из буквы Закона, можно заключить, что основной целью водоохранной деятельности является достижение нормативов качества окружающей среды, которые должны учитывать «природные особенности территорий» [17]. Таких нормативов в применении к поверхностным ВО до сих пор нет. Водный кодекс дает возможность применения другого инструмента – целевых показателей качества воды ВО (ЦП), не раскрывая, правда, содержания этого термина.

ЦП выгодно отличаются от нормативов качества воды тем, что:

– устанавливаются на определенный срок (срок реализации СКИОВО);

– согласование перечня и значений ЦП производится на бассейновом уровне с привлечением заинтересованных сторон (в рамках СКИОВО, которая согласуется Бассейновым советом и утверждается Бассейновым водным управлением – БВУ);

– предусмотрена возможность корректировки ЦП по мере накопления информации (в рамках регламентной процедуры корректировки СКИОВО).

Термин ЦП в официальных международных документах был впервые использован в [12]. Развитие и адаптация этого термина к российским условиям привели нас к следующему определению: *целевые показатели качества воды поверхностных водных объектов* – значения показателей химического состава и физических свойств воды ВО, на достижение которых направлены водоохранные мероприятия СКИОВО. ЦП устанавливаются для участков речного бассейна (РУ), выделенных по различию природных условий формирования качества поверхностных вод. Значения ЦП рассчитываются в общем случае на основе данных наблюдений за качеством воды на эталонных (не подверженных ощутимому антропогенному воздействию) пунктах контроля качества воды (ПКК), расположенных на РУ.

Очевидно, что ЦП, определенные подобным образом, косвенно учитывают и те антропогенные факторы, которые не могли по тем или иным причинам быть идентифицированы или управление которыми в настоящий момент не представляется возможным. К подобным факторам можно отнести, например, многолетнее техногенное загрязнение водосборных территорий старопромышленных регионов.

При таком определении ЦП не являются ни нормативами качества воды, ни региональным фоном. Это – отраслевые долгосрочные цели, для достижения которых в рамках СКИОВО разрабатывается план бассейновых водоохранных мероприятий. ЦП являются параметрами управления водными ресурсами и водопользованием, которые назначает и контролирует один государственный орган – БВУ. Так создаются предпосылки к искоренению существующего пересечения полномочий органов управления в рассматриваемой сфере.

Использование ЦП при управлении водопользованием и планировании водоохранной деятельности позволяет (в отличие от ПДК_{рх}) учитывать существующие территориальные особенности формирования химического состава поверхностных вод, что создает предпосылки для обоснованного выбора приоритетных водоохранных мероприятий.

После того как ЦП установлены, производится оценка актуального состояния бассейна на основе сопоставления наблюдаемых на ПКК концентраций ЗВ с ЦП. ЗВ, концентрация которого выше ЦП, считается *приоритетным* (о том, как понимать превышение, будем говорить ниже). В такой терминологии задачей водоохранной деятельности является снижение концентраций приоритетных ЗВ до значений ЦП.

Улучшения приоритетных показателей качества воды можно добиться, воздействуя на управляемые источники поступления в ВО соответствующих ЗВ, как точечные (выпуски сточных

вод), так и рассредоточенные (селитебные территории, промплощадки, сельхозугодия, животноводческие комплексы). После того как по каждому ПКК установлены приоритетные ЗВ, производится поиск управляемых источников их поступления в ВО.

Основные позиции предлагаемого подхода к построению водоохранной стратегии (цели и приоритеты) могут быть сформулированы так:

- стратегия водоохранной деятельности строится для речного бассейна с учетом территориальной дифференциации природных и антропогенных условий формирования качества воды (бассейн разбивается на РУ);
- целью водоохранной деятельности считается достижение ЦП на всех ПКК; значения ЦП устанавливаются в общем случае на основе данных гидрохимических наблюдений на эталонных ПКК;
- выбор приоритетных направлений водоохранной деятельности основывается на последовательном (от истоков к устью) выявлении превышений наблюдаемых на ПКК значений концентраций ЗВ над соответствующими ЦП и оценке влияния на эти превышения источников поступления ЗВ (точечных и рассредоточенных), расположенных выше ПКК;
- в число приоритетных включаются только мероприятия, направленные на сокращение поступления ЗВ от управляемых источников, существенность вклада которых в превышения наблюдаемых на ПКК значений концентраций ЗВ над ЦП подтверждается объективными данными.

Приведем *общий порядок определения целей и приоритетов водоохранной деятельности в речном бассейне* в рамках предложенного подхода с необходимыми комментариями.

1. *Выбор эталонных ПКК.* Обязательное требование – отсутствие выше ПКК зафиксированных в отчетности по форме 2-ТП (водхоз) выпусков сточных вод в поверхностные ВО. Различаем 3 типа эталонных ПКК по наличию выше них других (кроме выпусков в ВО) источников антропогенного воздействия:

а – нет «выпусков на рельеф» (по форме 2-ТП (водхоз); коды типа приемника 80-83), нет населенных пунктов и сельхозугодий (по карте, спутниковым снимкам);

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

в – есть выпуски на рельеф.

Эталонные ПКК и их тип отмечаются на используемой картографической основе.

2. *Определение границ расчетных участков.* По сходству/различию природных условий формирования качества воды бассейн разбивается на РУ. Выделение РУ производится на основе анализа природных условий формирования речного стока с использованием доступного картографического материала. Размеры объекта управления позволяют предложить в качестве основного источника картографической информации при выделении РУ Национальный атлас России [16]. В этом атласе содержится исчерпывающий перечень тематических карт, включая ландшафтно-геохимическую карту, которая может считаться базовой при определении границ РУ.

Предлагается следующий порядок установления границ РУ с целью учета различий в природных условиях формирования качества воды ВО:

1) на карту речного бассейна выносятся границы физико-географических зон (областей) и ПКК (с выделением эталонных ПКК);

2) производится предварительное разбиение бассейна по границам физико-географических областей, при этом предварительные границы РУ по возможности совмещаются с близлежащими границами ВХУ, или водоразделами, или водотоками;

3) на основе анализа ландшафтно-геохимической карты [16] производится дополнительное членение предварительных РУ с учетом преимущественных типов и/или сочетаний геохимических ландшафтов, а также расположения эталонных ПКК.

Если границы между РУ проходят по водотоку и/или пересекают его, то участок водотока вдоль/между границами РУ выделяется в спецучасток (СУ) для учета при назначении ЦП на этом участке водотока факторов формирования качества воды выше, справа и слева по течению от СУ.

Границы РУ и СУ выносятся на карту речного бассейна (рис. 5).

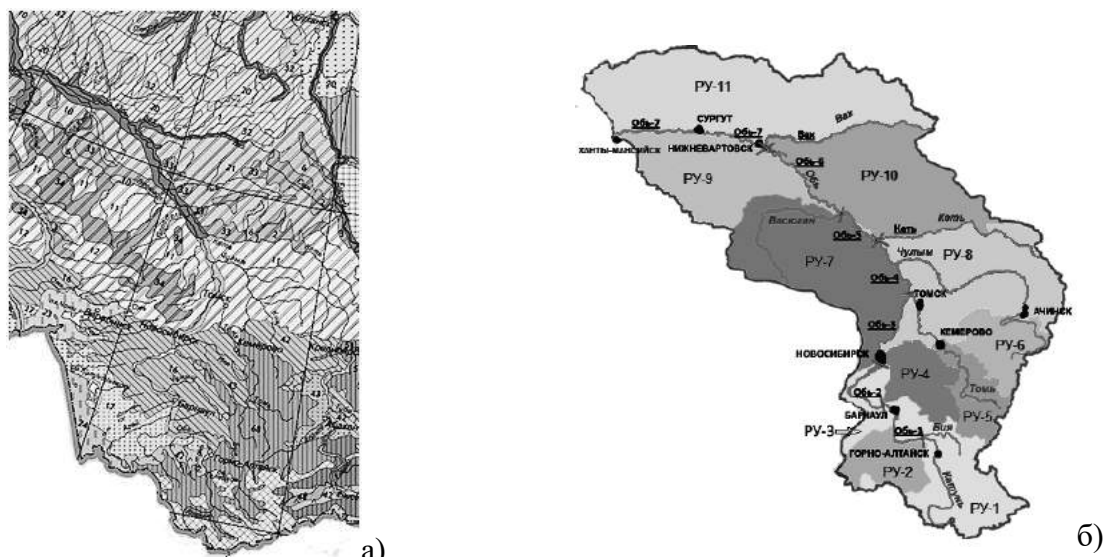


Рис. 5. Пример выделения расчетных участков для подбассейна Оби (до Иртыша): а – фрагмент ландшафтно-геохимической карты; б – схема расчетных участков; РУ-3 – номер расчетного участка; Обь-2 / – название спецучастка и его граница.

3. На каждом РУ определяются ЦП. Для расчета значений ЦП используются данные многолетних гидрохимических наблюдений по эталонным ПКК. Предпочтительнее использовать данные по эталонным ПКК типа *a*. Если ПКК типа *a* на РУ нет, используются ПКК типа *б*, если и их нет – *в*. Возможно комбинирование информации. Если эталонного ПКК на РУ нет, применяется специальный алгоритм расчета (см. ниже).

Численные значения ЦП устанавливаются по данным наблюдений за качеством воды. В сложившейся российской практике для статистической оценки рядов наблюдений чаще всего используется математический аппарат, изложенный в РД 52.24.622-2001. В качестве статистической оценки концентрации по тому или иному веществу по ряду наблюдений принимается

$$C^* = C_{cp} + \frac{\sigma t_{St}}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где C_{cp} – средняя концентрация вещества в ряду наблюдений; σ – среднее квадратическое отклонение; n – число наблюдений; t_{St} – коэффициент Стьюдента при $P=0,95$.

Критики подобного подхода [4; 5] справедливо отмечают, что такая оценка случайной величины эффективна лишь в случае ее нормального распределения. Исследования показали, что предположение о нормальности распределения в применении к данным наблюдений за химическим составом поверхностных вод в значительном числе случаев неоправданно. Кроме того, в оригинале формула (1) предназначалась для определения концентрации выше выпуска сточных вод при расчете нормативов допустимых сбросов (НДС). При этом учет погрешности определения среднего (второе слагаемое формулы) лишь ужесточал требования к концентрациям в сточных водах: чем больше фон – тем меньше можно сбрасывать. В случае расчета ЦП это же слагаемое приводит к «смягчению» требований к качеству воды. Чем слабее изучен ВО, тем, в общем случае, больше будет отличаться рассчитанный по (1) ЦП от средних наблюдаемых значений концентрации. Точность замеров и объемы выборок в российских условиях таковы, что второе слагаемое в (1) может стать определяющим. По этой причине формула (1) не применяется для установления значений ЦП.

Избежать отмеченных недостатков позволяет использование непараметрических характеристик распределения случайной величины, таких как медиана и квартили.

Значения ЦП предлагается рассчитывать сначала для каждого РУ, затем для каждого СУ. После этого производится уточнение ЦП для каждого ПКК с учетом актуального состояния ВО.

Значение ЦП при расчете по эталонным ПКК типа *a* принимается равным верхнему квартилю Q_3 распределения наблюдаемых значений концентрации соответствующего ЗВ. ЦП будет считаться достигнутым на «грязном» ПКК, если медиана наблюдаемых значений концентраций ЗВ будет не больше значения ЦП (рис. 6). Использование в качестве ЦП верхнего квартиля концентраций по данным эталонного ПКК, в отличие от медианы, продиктовано тем, что присутствие человека не может не оказывать вообще никакого воздействия на окружающую среду.

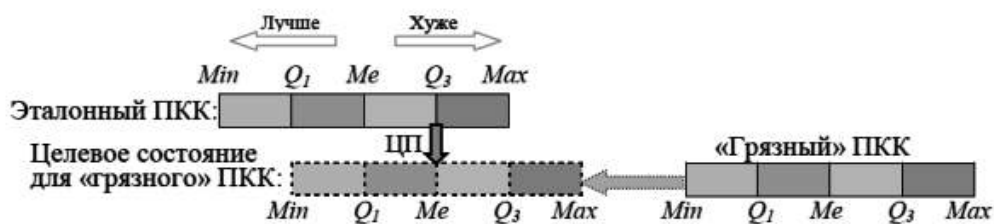


Рис. 6. Схема установления ЦП по многолетнему ряду значений концентраций ЗВ, наблюдаемых на эталонном ПКК: ряды наблюдаемых значений концентраций ЗВ представлены в виде прямоугольников; Min – минимальное значение; Q_1 – нижний квартиль; Me – медиана; Q_3 – верхний квартиль; Max – максимальное значение

Отметим, что выбор верхнего квартиля (квантиль порядка 0,75) при установлении значений ЦП произведен экспертно с учетом российского и зарубежного опытов [5], на основе анализа большого объема информации по «чистым» и «загрязненным» створам. По мере достижения ЦП, «экологизации» технологий, накопления информации может рассматриваться вопрос о последовательном «ужесточении» ЦП: например, установлении ЦП на уровне квантили порядка 0,65 и ниже (до медианы в пределах ошибки её определения).

Опишем алгоритмы расчета ЦП.

Пусть $C_{i,j}^k$ – ряданных многолетних наблюдений за концентрацией k ЗВ на i ПКК типа a на некотором РУ, где $i=1,\dots,I$; $j=1,\dots,J_i^k$, $k=1,\dots,K$, I – общее количество ПКК типа a на РУ; J_i^k – количество наблюдений за k ЗВ на i ПКК; K – количество ЗВ, по которым ведется наблюдение.

Пусть гидрологический цикл имеет M сезонов с продолжительностями L_m месяцев,

где $m = 1,\dots,M$; $\sum_{m=1}^M L_m = 12$

Обозначим $C_{i,j}^k$ совокупность значений $C_{i,j}^k$, относящихся к m сезону.

Сезонные значения ЦП представляются в виде

$$\text{ЦП}_m^k = Q_3(C_{i,jm}^k), \quad (2)$$

где Q_3 – обозначение верхнего квартиля.

В качестве расчетного (годового) значения ЦП^k используется взвешенная по продолжительности сезонов величина

$$\text{ЦП}^k = \frac{\sum_{m=1}^M Q_3(C_{i,jm}^k) \times L_m}{12}, \quad (3)$$

При таком способе расчета годового значения ЦП^k удается достичь снижения влияния неоднородного представления различных фаз гидрологического цикла в рядах наблюдений, что особенно важно при использовании данных ПКК разных категорий.

В российских условиях чаще всего $M=3$: весенний, летне-осенний и зимний гидрологические сезоны. Если нет информации или оснований для учета сезонных различий, то отдельный анализ по сезонам не проводится. В этом случае $M=1$ и формула (3) вырождается в

$$\text{ЦП}^k = Q_3(C_{i,j}^k); \quad (4)$$

При расчете значений ЦП по данным эталонных ПКК типа b для азота (и его соединений), фосфора (и его соединений) и нефтепродуктов в формулах (2) – (4) верхний квартиль Q_3 заменяется на медиану Me . Поскольку поступление этих ЗВ в ВО с территорий малых населенных пунктов и сельхозугодий вполне вероятно, использование Q_3 в расчетных формулах может привести к завышенным значениям ЦП.

При расчете значений ЦП по данным эталонных ПКК типа v в формулах (2) – (4) верхний квартиль Q_3 заменяется на медиану Me для всех ЗВ. Поскольку чаще всего нет информации по составу сточных вод, отводимых на рельеф, использование Q_3 в расчетных формулах может привести к завышенным значениям ЦП.

В случае отсутствия на РУ эталонных ПКК расчет значений ЦП производится по данным наблюдений $C_{i,j}^k$ по всем ПКК, расположенным на РУ. В этом случае в формулах (2) – (4) верхний квартиль Q_3 заменяется на нижний квартиль Q_1 , а $i = 1, \dots, N$, где N – общее число ПКК на РУ. При этом желательно исключать из расчетов данные по ПКК, расположенным в 500-метровой зоне ниже выпусков сточных вод крупных предприятий.

В случае отсутствия на РУ данных наблюдений за содержанием ЗВ в ВО, достаточных для проведения расчетов по приведенным выше формулам, возможно установление ЦП на основе экспертных оценок. Экспертные оценки могут базироваться на данных наблюдений за содержанием ЗВ в ВО, находящихся в сходных природных условиях (ВО-аналоги); литературных данных, данных экспедиционных обследований; характеристиках удовлетворительного (хорошего) состояния ВО по какой-либо классификации (например, [9; 22]), значениях ПДК [8; 18].

В качестве исходной информации при определении ЦП желательно использовать данные многолетних (не менее 10 лет, не менее 30-40 значений показателя) наблюдений за концентрациями ЗВ. При этом данные ГСН являются опорными. Степень надежности статистических расчетов, достаточности имеющейся информации для проведения статистического анализа и т. п. определяются стандартными методами.

Приведенные алгоритмы установления ЦП не применяются для ЗВ искусственного происхождения. Для опасных ЗВ (список таких веществ утверждается в установленном порядке) задается $ЦП \leq Пр$, где Пр – предел обнаружения стандартных (утвержденных) методов определения. Для прочих ЗВ искусственного происхождения возможно установление ЦП на уровне нормативов ПДК_{рх}. Учитывая, что некоторые показатели качества воды (нефтепродукты, фенолы и пр.) зависят от содержания веществ, которые могут иметь как искусственное, так и природное происхождение, представляется актуальной задача дальнейшего уточнения перечня контролируемых веществ.

Рекомендуется устанавливать ЦП отдельно для различных типов ВО на РУ. Уровень типизации ВО зависит от наличия необходимого объема информации (эталонных ПКК, рядов наблюдений). Рекомендуется рассматривать возможность установления ЦП последовательно для различных уровней типизации (от простого к сложному):

- без типизации (все ВО на РУ);
- отдельно для водотоков и водоемов (по типам ВО);
- по типам ВО и степени антропогенной измененности с использованием дополнительных классификационных признаков (размер ВО, скорость течения и пр.).

Первые два, как показала практика, наиболее употребимы в российских условиях.

Точность вычисления значений целевых показателей. ЦП считается достигнутым на i ПКК, если среднее за отчетный год значение концентрации ЗВ не превышает значения ЦП, т.е. при условии

$$\frac{\sum_{m=1}^M M_e(C_{i,jm}^k) \times L_m}{12} < ЦП_i^k, \quad (5)$$

где все обозначения прежние.

С учетом характера исходных данных, а также существующей практики оценки загрязнения ВО рекомендуется определять значения ЦП в виде кратностей превышения ПДК_{рх} с точностью до целых. Так же вычисляются и представляются все статистические характеристики рядов наблюдений за концентрациями. В случае отсутствия ПДК_{рх} для k ЗВ применяется другое, используемое в роли норматива значение.

Расчет ЦП по подбассейну р. Обь (табл.1) показал, что значения ЦП по азоту нитритному и нитратному, фосфатам, хлоридам, шестивалентному хрому не превышают ПДК_{рх}, по всем другим показателям имеются превышения, а по некоторым – весьма значительные.

Значения ЦП отражают природные особенности РУ, а также неидентифицированные антропогенные воздействия. Обусловленность природными факторами высоких концентраций некоторых ЗВ для рассматриваемого подбассейна подтверждается в ряде работ [20; 23; 25].

Таблица 1

Пример значений ЦП по расчетным участкам подбассейна р. Обь (кратно ПДК_{рх})

Наименование ЗВ	ПДК _{рх} , мг/дм ³	РУ										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Азот аммонийный	0,4	1	<	1	1	1	<	2	<	4	2	1
Азот нитратный	9	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Азот нитритный	0,02	<	<	1	<	<	<	1	<	<	<	<
Алюминий	0,04	1	<	1	1	<	1	1	1	1	1	1
БПК ₅	2*	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1
Железо общее	0,1	1	2	1	2	1	5	6	2	18	13	17
Кальция ионы	180	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1/(содерж. раств. кислорода)	1/4*(дм ³ /мг)	1	<	<	<	1	<	1	1	1	1	1
Магния ионы	40	<	<	1	<	<	<	<	<	<	<	<
Марганец	0,01	1	1	2	1	<	6	7	1	17	1	14
Медь	0,001	3	1	1	3	<	6	2	<	19	1	16
Нефтепродукты	0,05	3	5	4	8	2	1	8	4	10	9	2
Никель	0,01	1	1	1	1	<	1	1	1	<	1	<
Окисляемость бихроматная (ХПК)	15*	1	1	1	1	1	1	4	1	4	2	3
Свинец	0,006	<	<	<	<	<	<	<	<	1	1	1
Сульфатные ионы	100	<	<	<	<	<	<	1	<	<	<	<
Сумма Na и K	170	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Сумма ионов	1000*	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Фенолы летучие	0,001	3	2	1	2	4	2	2	3	3	2	1
Фосфаты	0,2	<	<	<	1	<	<	<	<	1	<	<
Хлоридные ионы	300	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Хром 6+	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	1	1	<
Цинк	0,01	<	<	<	<	<	4	<	<	3	1	2

Примечания: «<» означает, что ЦП < 0,5 ПДК_{рх} соответствует ЦП = 0 в принятой системе округления (употребляется во избежание неверной трактовки нулевого значения); «*» – отмечены значения, которых нет в числе ПДК_{рх}.

4. Для соблюдения условия «неухудшения качества» может потребоваться *корректировка значений ЦП*. Учитывая естественную вариабельность $C_{i,j}^k$, поводом для корректировки значения $ЦП^k$ на i ПКК ($i = 1, \dots, M$, где M – общее число ПКК на РУ) будем считать условие превышения значения $ЦП^k$, установленного для РУ, над верхним квартилем наблюдаемых значений концентраций. Таким образом, если

$$\frac{\sum_{m=1}^M Q_3(C_{i,jm}^k) \times L_m}{12} < ЦП^k,$$

$$\text{то } ЦП_i^k = \frac{\sum_{m=1}^M Q_3(C_{i,jm}^k) \times L_m}{12}, \quad (6)$$

$$\text{иначе } ЦП_i^k = ЦП^k.$$

Все обозначения и допущения такие же, как в (2) – (4), разница лишь в том, что расчет производится по всем ПКК на РУ.

5. По каждому ПКК устанавливаются приоритетные ЗВ: те ЗВ, концентрации которых превышают значения ЦП. Установление приоритетных ЗВ дает наглядное представление об основных направлениях водоохранной деятельности по участкам бассейна (рис. 7): целью является снижение концентраций приоритетных ЗВ до значений ЦП. Поскольку ПДК_{рх}, при всех недостатках, может считаться некоторой мерой опасности ЗВ для биоты, предлагается сопоставлять наблюдаемые концентрации ЗВ не только с ЦП, но и с ПДК_{рх}. Установлена следующая *схема приоритетов* (1 – высший приоритет):

1 – $Me > ЦП \text{ и } Me > ПДК_{рх}$ (медиана наблюдаемых концентраций ЗВ превосходит и значение ЦП, и значение ПДК_{рх});

2 – $Me > ЦП и Me \leq ПДК_{рх}$;

3 – $Me \leq ЦП и Me > ПДК_{рх}$.

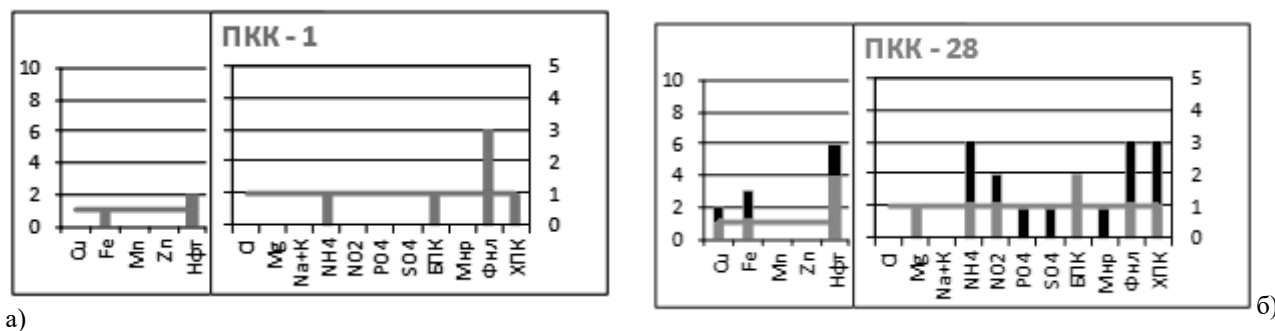


Рис. 7. Пример приоритетных загрязняющих веществ (концентрации, выраженные кратно ПДК_{рх}): а – р. Кокши (Респ. Алтай); б – р. Барнаулка (в черте г. Барнаул);
 — ПДК_{рх}; ■ - ЦП; ■- антропогенное загрязнение

6. Последовательно (от истока к замыкающему створу) *определяются основные управляемые источники поступления приоритетных ЗВ*. Водоохранные мероприятия должны быть направлены в первую очередь на сокращение поступления в ВО ЗВ приоритета 1.

Выявление источников поступления приоритетных ЗВ осуществляется на основе расчета масс ЗВ по участкам бассейна между ПКК. Назовем такие участки «контрольными» (КУ). В расчете используются многолетние данные наблюдений за качеством воды и её расходами, данные отчетности 2-ТП (водхоз), а также данные по выносу ЗВ с селитебных территорий, сельскохозяйственных угодий и животноводческих комплексов.

Предлагается следующий порядок выявления источников поступления приоритетного ЗВ.

1. Определяется суммарная годовая масса ЗВ, поступившая в поверхностные ВО от учтенных точечных (по данным 2-ТП (водхоз)) и рассредоточенных (по данным исследований, или расчетным) источников на КУ.

2. Рассчитывается годовой расход массы ЗВ через ПКК, замыкающий КУ, как медиана произведений концентраций на расходы воды (по данным многолетних наблюдений).

3. Определяется доля массы ЗВ, поступившая из учтенных источников, от расходов массы ЗВ через замыкающий ПКК. Если эта доля более 1%, то мероприятиям по снижению поступления ЗВ придается приоритет, установленный для этого ЗВ. Такая высокая «чувствительность» (1%) установлена с учётом возможных ошибок вычисления расходов масс ЗВ. Эти ошибки связаны с тем, что в действующей системе наблюдений пробы отбираются чаще всего из одной точки на ПКК, а степень неоднородности распределения ЗВ по ширине и глубине водотока может быть значительной [4, 19].

4. После того как приоритеты установлены, выбираются собственно источники (выпуски сточных вод, населенные пункты и т.п.), на которых следует проводить приоритетные мероприятия по сокращению поступления ЗВ в ВО. Среди источников выбираются те, от каждого из которых поступает не менее 5% от суммарной массы соответствующего ЗВ, поступающей от всех источников на КУ (табл. 2). Опыт расчетов показывает, что такие, основные, источники дают обычно более 80% от всей массы ЗВ, поступающей в ВО от источников загрязнения.

ЦП (а значит – и приоритеты) могут корректироваться по составу и численным значениям по мере накопления и обработки новой информации о состоянии ВО.

В реальных условиях вполне вероятна ситуация, когда при наличии приоритетного ЗВ не удастся найти управляемые источники его поступления. В этом случае ставится задача получения дополнительной информации по источникам поступления ЗВ и/или уточнению ЦП. Соответствующие мероприятия включаются в число приоритетных в СКИОВО.

7. Составляется программа бассейновых водоохранных мероприятий, направленная на сокращение поступления приоритетных ЗВ от основных источников, а также на получение необходимой дополнительной информации (в рамках СКИОВО).

Таблица 2

Пример перечня основных точечных источников поступления приоритетных ЗВ (г. Новокузнецк)

ПР	ЗВ	М, т	%	ОЧ	Наименование предприятия	ВО; раст. от устья до выпуска, км
1	Азот аммонийный	132,95	54	ЗБ	ОАО Западно-Сибирский металлургический комбинат	оз. Узкое
		65,34	27	ЗН	ООО СПК Чистогорский	р. Есаулка; 1
		23,40	10	ЗН	ЗАО Водоканал г. Новокузнецк	р. Томь; 558
1	Азот нитритный	20,19	78	ЗБ	ОАО Западно-Сибирский металлургический комбинат	оз. Узкое
		3,82	15	ЗН	ЗАО Водоканал г. Новокузнецк	р. Томь; 558
3	Нефтепродукты	4,10	31	ЗБ	ОАО Западно-Сибирский металлургический комбинат	Черная речка; 1
		2,30	18	ЗБ	ОАО Западно-Сибирский металлургический комбинат	оз. Узкое
		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
3	Фенолы	0,04	88	ЗН	ООО СПК Чистогорский	р. Есаулка; 1

Примечания: ПР – приоритет ЗВ; М – масса ЗВ, сброшенная за год, %- доля выпуска сточных вод в суммарной массе сброса соответствующего ЗВ точечными источниками на КУ; ОЧ – категория очистки сточных вод на выпуске: ЗБ – сброс загрязненных сточных вод без очистки; ЗН – сброс недостаточно очищенных сточных вод

8. Осуществляется план мероприятий программы.

9. Достигнутые концентрации ЗВ сопоставляются с ЦП. Если ЦП не достигнуты, анализируются причины, намечаются дополнительные мероприятия, производится уточнение ЦП (по дополненным данным), осуществляется повтор цикла п.п. 2-8 (возможно, начиная с п. 1).

Выводы

Использование предложенного методологического подхода и алгоритмов при государственном долгосрочном планировании водоохранных мероприятий в масштабах речных бассейнов обеспечивает:

- выявление тех проблем загрязнения поверхностных ВО, обусловленность которых антропогенным воздействием подтверждается имеющимися данными наблюдений;
- определение водоохранных задач, которые можно решить, воздействуя на управляемые источники поступления загрязняющих веществ;
- выделение среди управляемых источников поступления ЗВ тех, водоохранные мероприятия на которых дадут ощутимый эффект, что может стать объективным основанием для предоставления предусмотренных законом государственных преференций при реализации таких мероприятий.

Применимость предложенных алгоритмов для определения целей и приоритетов водоохранной деятельности в российских условиях была подтверждена в ходе разработки ряда СКИОВО, получивших положительные заключения государственной экологической экспертизы, утвержденных и реализуемых.

Предложенные определения и алгоритмы готовы к повсеместному применению в рамках действующей системы управления водными ресурсами и водопользованием в Российской Федерации.

Библиографический список

1. Алевкин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
2. Антипов А.Н., Корытный Л.Н. Географические аспекты гидрологических исследований. Новосибирск: Наука, 1981. 177 с.
3. Беляев С.Д. и др. Установление приоритетов водоохранной деятельности в бассейне реки на основе целевых показателей качества воды (на примере бассейна реки Оби) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 2. С. 6–25.

4. *Веницианов Е.В., Лепихин А.П.* Физико-химические основы моделирования миграции и трансформации тяжелых металлов в природных водах / науч. ред. В.А. Черешнев, А.М. Черняев, А.Н. Попов. Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002. 236 с.
5. *Веницианов Е.В., Мирошниченко С.А., Лепихин А.П., Губернаторова Т.И.* Разработка и обоснование региональных показателей качества воды по содержанию тяжелых металлов для водных объектов бассейна Верхней Камы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. №3. С. 50–64.
6. *Вода России. Речные бассейны* / под науч. ред. А.М. Черняева. Екатеринбург: Изд-во АКВА-ПРЕСС, 2000. 536 с.
7. *Глушков В.Г.* Вопросы теории и методы гидрологических исследований. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 416 с.
8. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/901862249> (дата обращения: 10.06.2017).
9. *Единые критерии качества вод. СЭВ.* Совещание руководителей водохозяйственных органов стран – членов СЭВ. М.: СЭВ, 1982. 38 с.
10. *Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. 2000–2010.* Ч.1. Реки и каналы. Ч.2. Озера и водохранилища. Т.1(18). Россия. Вып.10, 11. Бассейны рек на территории Алтайского края, Кемеровской, новосибирской, Томской области и Республики Алтай. Новосибирск, 2001–2011.
11. *Качество поверхностных вод Российской Федерации* // Ежегодник. Ростов н/Д: Изд-во ФГБУ «Гидрохимический институт», 2014. 530 с.
12. *Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер.* Нью-Йорк-Женева: Изд.-во ЕЭК ООН, 1994. 47 с.
13. *Корытный Л.М.* Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. 163 с.
14. *Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А., Кудрявцева Л.П. и др.* Зональные особенности формирования химического состава вод малых озер на территории европейской части России // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. №2. С. 163–180.
15. *Моисеенко Т.И.* Оценка качества вод и «здоровья» экосистем с позиций экологической парадигмы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 3. С. 104–124.
16. *Национальный атлас России: в 4 т.* Т. 2. Природа. Экология. М.: Изд-во Роскартография, 2007. 495 с.
17. *Об охране окружающей среды (с учетом всех поправок ФЗ-219, в т.ч. не вступивших в силу):* Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 14.06.2017).
18. *Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения:* приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 №552. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 10.06.2017).
19. *Папина Т.С.* Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в речных экосистемах. Аналитический обзор. Новосибирск: Изд-во ГПНТБ СО РАН, 2001. 58 с.
20. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1966. 392 с.
21. *Перельман А.И.* Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 154 с.
22. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов н/Д: Росгидромет, 2002. 50 с.
23. *Савичев О.Г.* Пространственные и временные изменения химического состава речных вод бассейна Средней Оби // География и природные ресурсы. 2000. № 2. С. 60–66.
24. *Савичев О.Г. и др.* Водный и гидрохимический режим восточной части Васюганского болота (Западная Сибирь, Россия) // Известия ТПУ. 2010. Т. 316. №1. С. 119–124.
25. *Скакальский Б.Г.* Географические закономерности формирования вод местного стока и их химического состава // Географические направления в гидрологии. М., 1995. С. 151–167.
26. *Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша* / отв. ред. Ю.И. Винокуров, А.В. Пузанов, Д.М. Безматерных. Новосибирск, 2012. 236 с.

27. Федорова Е.В., Щупачева 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.

References

1. Alekin, O.A. (1970), *Osnovy gidrohimii* [Basics Hydrochemistry], Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR.
2. Antipov, A.N. and Korytnyi, L.M. (1981), *Geograficheskie aspekty gidrologicheskikh issledovaniy* [Geographical aspects of hydrological researches], Nauka, Novosibirsk, USSR.
3. Belyaev, S.D. (2013), "Prioritizing of river basin water protection measures based on water quality objectives", *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management], no 2, pp. 6–25.
4. Venitsianov, E.V. and Lepikhin, A.P. (2002), *Fiziko-khimicheskie osnovy modelirovaniya migratsii I transformatsii tyazhelykh metallov v prirodnykh vodakh* [Physical and chemical bases of modelling the migration and transformation of heavy metals in natural waters], RosNIIVKh, Ekaterinburg, Russia.
5. Venitsianov, E.V., Mirosnichenko, S.A., Lepikhin, A.P. and Gubernatorova, T.I. (2015), "Development and validation of regional indicators of water quality on heavy metals concentration for water bodies of Upper Kama basin", *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management], no 3, pp. 50–64.
6. Chernyaev, A. M. et al (2000), *Voda Rossii. Rechnye basseiny* [Waters of Russia. River Basins], RosNIIVKh, Ekaterinburg, Russia.
7. Glushkov, V.G. (1961), *Voprosy teorii I metody gidrologicheskikh issledovaniy* [Theory and methods of hydrological studies], AS USSR, Moscow, USSR.
8. GN 2.1.5.1315-03 (2003), *Predelno dopustimye koncentratsii (PDK) khimicheskikh veschestv v vode vodnykh obektov khozyaistvenno-pitevogo i kulturno-bytovogo vodopolzovaniya* [Maximum permissible concentrations (MPCs) of chemicals in water bodies for drinking and recreational water use], <http://www.docs.cntd.ru/document/901862249>.
9. *Edinye kriterii kachestva vod* [Uniform criteria in water quality] (1982), CMEA, The meeting of Chiefs of water management bodies of CMEA member countries.
10. *Ezhegodnye dannye o kachestve poverkhnostnykh vod sushy* [Annual data on the quality of the surface land waters. 2000-2010] (2001-2011), Vol. 1(18), Russia, Iss. 10, 11, River basins in the Altai Krai, Kemerovo, Novosibirsk, Tomsk oblast and Altai Republic, Rosgidromet, Novosibirsk.
11. *Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiiskoi Federatsii. Ezhegodnik.2014* [The quality of surface waters of the Russian Federation. Yearbook. 2014], 2015, Hydrochemical Institute, Rostov-na-Donu: IZD.
12. Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes (1994), UN, New-York-Geneva.
13. Korytnyi, L.M. (2001), *Basseinovaya kontseptsiya v prirodopolzovanii* [Basin concept in environmental management], Institute of geography SB RAS, Irkutsk, Russia.
14. Moiseenko, T.I., Gashkina, N.A. and Kudryavtseva, L. P., etc. (2006), "Zonal features of chemical composition of the waters of small lakes on the territory of the European part of Russia", *Water Resources*, vol. 33, no. 2, pp. 163–180.
15. Moiseenko, T.I. (2017) "Assessment of water quality and ecosystems health from the ecological paradigm position", *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management], no 3, pp. 104–124.
16. *Natsionalnyi atlas Rossii* [National Atlas of Russia] (2007), Vol. 2, Roskartografia, Moscow, 495 p.
17. The order of Ministry of Agriculture of Russia from 13.12.2016 # 552 "On approval of the regulations of the water quality of water objects of the fisheries value, including norms of maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of water objects of the fishery, available at: <http://www.consultant.ru>.
18. The Federal law of January 10, 2002, no. 7-FZ "On environmental protection" (taking into account all the amendments FZ-219, including not yet in force), available at: <http://www.consultant.ru>.
19. Papina, T. S. (2001), *Transport I osobennosti raspredeleniya tyazhelykh metallov v rechnykh ekosistemakh* [Transport and peculiarity of heavy metals distribution in river ecosystems], Analytical review, SPSL SB RAS, Novosibirsk, Russia.
20. Perelman, A.I. (1966), *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of Landscape], High School, Moscow, USSR.

21. Perelman, A.I. (1982), *Geokhimiya prirodnykh vod* [Geochemistry of Natural Waters], Science, Moscow, USSR.
22. RD 52.24.643-2002. Guidelines. Method for integrated assessment of the degree of pollution of surface waters by hydrochemical indicators, (2002), Roshydromet, Rostov-na-Donu.
23. Savichev, O.G. (2000), "Spatial and temporal changes in the chemical composition of river waters in the Middle Ob basin", *Geography and Natural Resources*, no. 2, pp. 60–66.
24. Savichev, O.G. (2010), "Water and hydrochemical regime of the eastern part of the Vasyuganskoye swamp (Western Siberia, Russia)" Proceedings of TPU, vol. 316, no. 1, pp. 119–124.
25. Skakalsky, B.G. (1995), "Geographic patterns of hydrological and hydrochemical characteristics of local basins waters", in *Geograficheskie napravleniya v gidrologii* [Geographic trends in hydrology], RASc, Russian geographical society, Moscow. pp. 151–167.
26. Vinokurov, A.V. at all (2012), *Sovremrnnoe sostoyanie vodnykh resursov I funktsionirovanie vodokhozyaistvennogo kompleksa basseina Obi I Irtysha* [Current status of water resources and functioning of water management complex in the OB and Irtysh basins], Publishing House of the SB RAS, Novosibirsk, Russia.
27. Fedorova, E.V. at all (2012), Role of agricultural activity in the formation of surface water quality in the Kama River basin, *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management], no 1, pp. 31–46.

Поступила в редакцию: 03.07.2017

Сведения об авторе

Беляев Сергей Дагобертович

кандидат технических наук, член-корр. АБН РФ, заведующий отделом Научно-методического обеспечения водохозяйственных расчетов ФГБУ Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов (ФГБУ РосНИИВХ); Россия, 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23;

About the author

Sergey D. Belyaev

Candidate of Technical Sciences, Corresponding member of Russian Academy of Water Sciences, Head of Department of Scientific and Methodological Support for Water Management Calculation, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection (FGBU RosNIIVKh); 23 Mira st., Ekaterinburg, 620049, Russia;

e-mail: belyaev@wrm.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Беляев С.Д. К вопросу учета пространственной дифференциации природной среды при планировании водоохранных мероприятий // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №4(43). С.81–96. doi 10.17072/2079-7877-2017-4-81-96

Please cite this article in English as:

Belyaev S.D. Development of the water-protection plan with regard to spatial differentiation of the natural conditions // Geographical bulletin. 2017. №4(43). P. 81–96. doi 10.17072/2079-7877-2017-4-81-96