

К ВОПРОСУ О НОРМИРОВАНИИ ДОПУСТИМОГО ПРИВНЕСЕНИЯ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Попов А.Н.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: pan1944@rambler.ru

Ключевые слова: водный объект, взвешенные вещества, гидробионты, ингредиенты, концентрация, воздействие, семейство рыб, биоценоз, состояние, свойства.

Анализ действующей системы нормирования внесения в водные объекты взвешенных веществ (ВВ) показал, что она базируется только на рыбохозяйственных ПДК, установленных в лабораторных условиях для нейтральных ВВ. Но подробный анализ продемонстрировал, что в составе ВВ могут находиться органические и неорганические ингредиенты, оказывающие не только механическое воздействие на гидробионты, но и на гидрохимические характеристики водных объектов вследствие трансформации под воздействием внутриводоемных процессов. Помимо этого, они выступают и в качестве переносчика сорбированных на них поллютантов, в т.ч. и высокотоксичных, а также и причины формирования донных отложений, являющихся источником вторичного загрязнения.

Ряд авторов, исследуя экосистемное воздействие взвешенных веществ, рассматривая химически нейтральные ВВ, предложили проводить регламентацию сброса, исходя из их воздействия на семейство рыб, опираясь на результаты длительных наблюдений за влиянием нейтральных взвешенных веществ на поведенческие последствия рыб. Анализ сложившейся ситуации показывает, что на настоящий момент совокупной оценки влияния взвешенных веществ на состояние водных объектов практически не существует. Имеет место дифференцированная оценка влияния практически одного класса взвешенных веществ («химически нейтральных»), что абсолютно неадекватно сложившейся ситуации. По сути, обоснованного нормирования привнесения взвешенных веществ в водные объекты, которое бы учитывало весь спектр воздействия ВВ на водные объекты, практически не существует.

ON THE ISSUE OF NORMALIZATION OF MAXIMAL PERMISSIBLE INPUT OF SUSPENDED MATTER INTO WATER BODIES

Aleksander N. Popov

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection», Ekaterinburg, Russia
e-mail: pan1944@rambler.ru

Keywords: water body, suspended matter, hydrocoles, ingredients, concentration, impact, fish family, bioceonosis, status, properties

Analysis of the currently used system of normalization of the suspended substances (SS) input into water bodies has shown that it is based only on fishery norms of maximal permissible concentration set in laboratory conditions for neutral SS. The detailed analysis has demonstrated that SS can contain organic and non-organic ingredients with not only mechanical impact on hydrocoles but with the impact upon hydro/chemical characteristics of water bodies due to transformation because of the inter-water body processes influence. Besides, they act as carriers of the adsorbed pollutants including high-toxic ones, as well as initiators of bottom sediments (sources of secondary pollution) formation.

A number of authors who deal with ecosystem impact of suspended substances and consider chemically neutral SS have proposed regulation of discharge based on the pollutants' impact on fish families according to the results of long-time observations of the fish behavior under the neutral suspended substances' impact. Analysis of the current situation demonstrates that now there is practically no aggregated assessment of the suspended substances impact on the water bodies' status. There is only differentiated estimation of the impact of only the one class of suspended substances ("chemically neutral") though it is quite inadequate in respect of the current situation. In fact, there is practically no well-grounded norms of suspended substances discharge to water bodies to take into account the whole spectrum of the SS impact upon water bodies.

Ревизия действующей в настоящее время системы нормирования сброса взвешенных веществ (ВВ) в водные объекты показала, что она не имеет серьёзного научного обоснования. В частности, в водохозяйственной практике при определении допустимого привнесения в водные объекты ВВ принято считать, что они химически нейтральны, влияют на прозрачность, органолептические свойства воды и оказывают механическое воздействие на гидробионтов.

Однако, подробный анализ ситуации показывает, что зачастую в составе ВВ находятся органические ингредиенты различной этиологии, неорганические составляющие, подверженные трансформации под воздействием внутриводоёмных процессов. Помимо этого, ВВ могут выступать и в качестве, переносчика сорбированных на них поллютантов, в т.ч. и высокотоксичных. В связи с этим совокупность ингредиентов, объединяемых общим термином «взвешенные вещества», может не только оказывать механическое воздействие на гидробионтов и физические свойства воды, но и оказывать токсикологические эффекты различного свойства, вследствие различия их химического и дисперсионного состава.

В частности, хозяйственно-бытовые сточные воды содержат взвеси, состоящих, в среднем, на 58 % из органических веществ, на 42 % – из минеральных. Как токсикологические, так и химические свойства компонентов, входящих в состав первых и вторых весьма разнообразны.

В составе взвешенных веществ ливневого стока с территории городов содержится (в сорбированном виде) до 2-3 % нефтепродуктов, которые практически все аккумулируются в руслах рек, прудах, водохранилищах в виде донных отложений.

В сточных водах крупных предприятий чёрной металлургии взвешенные вещества содержат: SiO_2 – 12 %, Fe_2O_3 – 64,5 %, соединения $\text{Ca} (2+)$ – 12,3 % и $\text{Mg} (2+)$ – 1,2 %, сульфиты – 1,08 %, нефтепродукты – 2 – 3 %.

В сточных водах предприятий цветной металлургии взвеси содержат сульфидные минералы, окиси металлов, компоненты, применяемые при обогащении руд, и пр.

В сточных водах химических производств содержится масса органических ингредиентов: нефть, нефтепродукты, нафтеновые кислоты, фенолы, эфирорастворимые вещества и пр.

Весьма разнообразен спектр органических веществ в сточных водах предприятий пищевой промышленности.

ВВ в сорбированном виде могут содержать нефтепродукты, соединения металлов, мышьяка, ПАВ и другие органические вещества различного состава и свойств.

Можно отметить следующие непосредственные воздействия взвешенных частиц на гидрохимические показатели водных объектов, их фауну и флору:

1) Взвешенные вещества уменьшают прозрачность воды, интенсивность фотосинтеза, объем первичной продукции (фитопланктона и высшей водной растительности).

2) Взмученные воды быстрее прогреваются, что отрицательно сказывается на ихтиофауне и беспозвоночных, особенно на хладолюбивых.

3) Изменяется химизм вод, т.к. на взвешенных частицах адсорбируются органические и неорганические вещества, тяжелые металлы, что обеспечивает их разнос совместно с ВВ на большие расстояния с последующей десорбцией.

4) Взвеси могут и сами поглощать кислород из воды, что в свою очередь вызывает угнетение дыхательного аппарата водных организмов, нарушение газового режима водных объектов.

5) Взвешенные вещества, помимо всего прочего, могут «поглощать» из воды различные компоненты питания, необходимые биоценозу, что способно изменять химико-биологические показатели водоема и кормовой базы.

6) Устойчивые повышенные концентрации взвесей нередко сопровождаются ростом содержания в воде соединений азота, фосфора, железа, многих биогенных микроэлементов, легко окисляемых органических веществ.

7) Взвешенные вещества оказывают негативное влияние на физиолого-биохимические параметры рыб.

8) Многократно показано отрицательное воздействие взвешенных частиц в высоких концентрациях на состав фауны рыб (замена ценозов), причем количественные данные в литературе весьма противоречивы.

9) Взвешенные вещества засоряют, заиляют нерестилища рыб, что ведёт к снижению потенциала воспроизводства.

10) Могут приводить к летальному исходу в зависимости от видовой толерантности рыб к данному виду загрязнений.

11) Являются субстратом для размещения бактериальной микрофлоры, в т.ч. и болезнетворной.

12) Формируют донные отложения, которые могут быть источниками вторичного загрязнения совершенно различными ингредиентами: от газов (углекислота, сероводород, метан и пр.) – до органических и минеральных веществ различного состава):

– донные отложения, образовавшиеся в результате поступления городских сточных вод, являются источником вторичного загрязнения растворёнными органическими веществами (РОВ), ионами аммония, соединениями фосфора, сопровождается выделением азота, углекислого газа, сероводорода, метана и пр., поглощают большое количество кислорода;

– донные отложения ливневых сточных вод – источник вторичного загрязнения нефтепродуктами и взвешенными веществами. Так, привнесение в водоём ВВ, содержащихся в неподверженных очистке ливневых сточных водах, при десорбции с 1 кг. даст прирост количества нефтепродуктов в природной воде на 4,9 грамма. Не десорбированные с ВВ нефтепродукты депонируются в донных отложениях и при трансформации последних переходят в воду;

– аналогично – для донных отложений сточных вод предприятий чёрной металлургии;

– донные отложения предприятий цветной металлургии – источник вторичного загрязнения соединениями металлов, сульфат-ионами, причина повышения кислотности и пр. Привнесение в водоёмы взвешенных веществ, в состав которых входят сульфидные соединения железа, меди, цинка и пр. (колчеданные руды), ведёт к формированию источников вторичного загрязнения водного объекта ионами упомянутых металлов, сульфатами, серной кислотой.

Для примера в таблице 1 представлено поступление в воду ингредиентов из квадратного метра донных отложений, сформированных ВВ, содержащих около 8 % сульфидной серы колчеданных руд.

Таблица 1. Поступление ингредиентов в воду из донных отложений, содержащих до 8 % сульфидной серы, при величине рН = 7,3, (мг/м² сутки) [49]

рН	SO ₄ ²⁻	As (Y+)	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Zn ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺
7,3	2190	0,111	3,1	0,18	6,6	17	1277

Экологическое нормирование сброса ВВ в водные объекты-приёмники целесообразно проводить с учётом взаимосвязанных критериев:

- обеспечение в водном объекте – приёмнике экологически безопасных концентраций ВВ с учётом их минерального состава, дисперсионных характеристик и транспортируемых ими поллютантов;

- предотвращение заиления водного объекта-приёмника.

- предотвращения формирования донных отложений – потенциальных источников вторичного загрязнения как за счёт биохимической и физико-химической трансформации неинертных ингредиентов, входящих в состав ВВ, так и вследствие процессов десорбции транспортируемых ими поллютантов.

- допустимое привнесение ВВ должно назначаться с учётом особенностей трансформации загрязняющих веществ, определяющихся в их составе;

- при нормировании сброса ВВ необходимо учитывать их участие в сорбционно – десорбционных процессах в период оседания или транспортировки в потоке.

- устанавливать ПДК для ВВ, исходя из гидравлических особенностей водного объекта, региональных особенностей формирования качества воды водоёма и особенностей функционирования отдельных звеньев биоценоза. Например, в зависимости от трофического уровня водоёмов фитопланктонного и фитопланктонно-макрофитного типа определённая концентрация взвешенных веществ формируется фитопланктоном.

«Цветение» водоёмов – явление сезонное, что необходимо учитывать при определении предельного привнесения взвешенных веществ в водоёмы в летний и зимний периоды, с учётом влияния органических веществ фитопланктона на гидрохимические показатели. Взвешенные вещества, формируемые фитопланктоном, содержат до 70 % органического вещества, 5 – 12 % азота и фосфора, которые вступая в биологический круговорот, могут в заметной степени влиять на оценку воздействия ВВ на гидрохимический режим водоёмов;

Исследуя экосистемное воздействие взвешенных веществ, авторы работы «Влияние взвешенных наносов на речные ихтиоценозы», (Чалов С.Р., Есин Е.В., Леман В.Н.// Известия ТИНРО. – 2019. – С. 179-192), рассматривая химически нейтральные ВВ, аналогичные по своему составу естественно формирующемуся в фоновом створе, предложили проводить регламентацию сброса, исходя из их воздействия на семейство рыб (табл. 2).

Таблица 2. Дифференцированная параметрическая шкала результатов продолжительного воздействия (месяцы-годы) мутности на разные группы рыб, характерных для рек России

Мутность, мг/л	Конц. ВВ, мг/л	Семейства					
		Лососёвые, хариусовые	Сиговые	Окунёвые	Карповые	Сомовые	Осетровые
< 10	< 5,8						
10 – 25	5,8 – 14,4						
25 – 100	14,4 – 58						
100 – 250	58 – 144						
250 – 500	144 – 290						
500 – 1000	290 – 580						
1000 – 5000	580 – 2900						
5000 – 10000	2900 – 5800						
10000 – 25000	5800 – 14400						
25000 – 100000	14400 – 58000						
>100000	> 58000						

Примечание Ячейки таблицы обозначены цветами: белым – нормальное состояние, серым – поведенческие последствия, тёмно-серым – летальные эффекты. Коэффициент пересчёта мутности в содержание взвешенных веществ – 0,58 (ГОСТ 3351).

Исходя из представленных в таблице 2 данных, водные объекты можно разбить на категории, корреспондируемые с семействами рыб, в них обитающих, и показать соответствующие им предельные концентрации взвешенных веществ, не вызывающих поведенческих последствий. Данные представлены в табл. 3.

Таблица 3. Виды водоёмов, корреспондируемые семействам рыб, в них обитающих, предельные концентрации нейтральных взвешенных веществ в них, не вызывающих поведенческих последствий

№ пп	Водные объекты, соответствующие семействам обитающих в них рыб	ПДК ВВ, мг/дм ³
1	Лососёвые, хариусовые	< 5,8
2	Сиговые	14,4
3	Окунёвые	58,0
4	Осетровые	14,4 – 580
5	Карповые	144
6	Сомовые	290

Примечание: В России отсутствуют виды осетровых, обитающих в озёрах (исключение – байкальский осётр) и в водохранилищах.

Уже говорилось, что при сбросе химически нейтральных ВВ учитывается только фактор физического воздействия на биоту и прозрачность. Однако, изменение последней влечёт за собой изменение и в гидробиоценозе. Например, изменение площади зарастания, видового состава и биомассы ВВР, что, в свою очередь, вызывает изменение продукции фитопланктона и далее по всей цепочке биоценоза, изменения прозрачности могут приводить к смене сформировавшихся в процессе эволюции гидробиоценозов, что фактически наблюдается на водных объектах, подверженных привнесению ВВ, т.е. имеет место опосредованное, часто неожиданное влияние ВВ на состояние водных объектов. Наблюдения показали, что указанные процессы могут происходить за достаточно короткое время, изменяя при этом и экосистемы площади водосбора.

С другой стороны, опираясь на данные таблицы 3, можно говорить о том, что высшее звено речных биоценозов (рыбы разных семейств) способно существовать именно в указанных конкретных условиях, которым соответствуют сформировавшиеся экосистемы.

В связи с этим, для водоёмов, соответствующим семействам обитающих в них рыб, целевые показатели не должны превышать величин ПДК, представленных в таблице. При наличии в водоёме рыб разных семейств величина целевого показателя должна соответствовать ПДК, характерной для наиболее чувствительного семейства из представленных в водоёме.

Однако, подобная регламентация целевых показателей, на наш взгляд, возможна лишь для водных объектов, целенаправленно используемых для рыбозаведения различных ихтиоценозов и рыболовства. При комплексном использовании водного объекта целевые показатели концентрации взвешенных веществ должны определяться ещё и требованиями, предъявляемыми другими видами водопользования с учётом формирования фонового качества воды.

Более того, необходимо досконально знать природу образования взвешенных частиц, поскольку ВВ, допускаемые к привнесению в водные объекты в соответствие с их гидравлической крупностью, могут находиться в водной толще от 2-х дней до 4-х лет. И весь этот срок могут участвовать в круговороте ингредиентов, в одних условиях их сорбируя, в

других – десорбируя, трансформироваться, влиять на газовый режим, продукционно-деструкционные процессы и пр.

Например, казалось бы, инертные взвеси в виде кварцевого песка являются достаточно активными сорбентами в одних условиях, десорбируя накопленные ингредиенты в других.

Анализ сложившейся ситуации показывает, что на настоящий момент совокупной оценки влияния взвешенных веществ на состояние водных объектов практически не существует. Имеет место дифференцированная оценка влияния практически одного класса взвешенных веществ («химически нейтральных»), что абсолютно неадекватно сложившейся ситуации. По сути, обоснованного нормирования привнесения взвешенных веществ в водные объекты, которое бы учитывало весь спектр воздействия ВВ на водные объекты, практически не существует.