

**КОМИТЕТ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

РЕШЕНИЕ СОВМЕСТНОЙ КОЛЛЕГИИ

24 - 27 июня 2021 г.

№ 71/9

г. Архангельск, Российская Федерация

Совершенствование системы мониторинга на трансграничных участках рек сопредельных территорий Республики Беларусь и европейской территории Российской Федерации (Западная Двина, Днепр, Сож, Ипать)

Заслушав и обсудив доклад заместителя директора по научной работе ФГБУ «Гидрохимический институт» А.О. Даниленко по вопросу «Совершенствование системы мониторинга на трансграничных участках рек сопредельных территорий Республики Беларусь и европейской территории Российской Федерации (Западная Двина, Днепр, Сож, Ипать)»,

КОЛЛЕГИЯ РЕШИЛА:

1. Принять к сведению представленную информацию.
2. Рекомендовать ФГБУ «ГХИ» совместно с Белгидрометом организовать проведение работ по согласованию планов опытного внедрения предложений по усовершенствованию системы мониторинга качества воды и трансграничного переноса химических веществ реками Западная Двина, Днепр, Сож, Ипать, получаемых Росгидрометом и гидрометеорологической службой Республики Беларусь, с целью получения сопоставимых оценок качества воды и значений массопереноса на рассматриваемых трансграничных участках рек, и разработанной в ФГБУ «ГХИ» программы для ЭВМ по расчету выноса химических веществ с речным водным стоком «ГХМ-вынос-2019».

Срок исполнения – 2022 год

Ответственные:

И.А. Евдокимов (Росгидромет)

М.М. Трофимчук (Росгидромет – ФГБУ «ГХИ»)

Л.Н. Журавович (Белгидромет)

Председатель
совместной коллегии Комитета

И.А. Шумаков

СПРАВКА

по вопросу «Совершенствование системы мониторинга на трансграничных участках рек сопредельных территорий Республики Беларусь и европейской территории Российской Федерации (Западная Двина, Днепр, Сож, Ипуть)»

Росгидромет

Для оценки качества речных вод обычно используют два вида информации: результаты наблюдений за максимальной концентрацией загрязняющих веществ в створе наблюдения (по данным в максимально загрязненной струе) и данные о рассчитанном значении массопереноса загрязняющих веществ. Для оценки качества воды в обоих случаях используют действующие нормативы качества природных вод. В первом случае обычно рассматривают степень превышения концентрации основного загрязняющего вещества значений действующего норматива качества воды; во втором случае - значение сверхнормативного массопереноса приоритетного загрязняющего вещества с речным водным стоком.

Первая оценка чаще всего используется для определения влияния на качество речной воды одного или совокупности вышерасположенных сосредоточенных выпусков сточных вод. Вторая оценка используется для характеристики, главным образом, влияния на качество речной воды притоков первого порядка и рассредоточенного поступления в реку загрязняющих веществ со склоновыми водами с водосбора и подземным водным стоком. Доля количества сосредоточенного поступления загрязняющего вещества со сточными водами в общей массе его массопереноса с речным водным стоком в связи с повсеместной обязательной очисткой сточных вод и небольшими их расходами, как правило, находится в пределах погрешности используемых значений речного водного стока.

Первая оценка весьма существенно ограничена рассматриваемым створом наблюдения, ниже которого для оценки качества воды, как правило, требуется получение дополнительных результатов наблюдений в нижерасположенных створах.

Вторая оценка не связана с учетом процессов смешения и разбавления загрязненных масс воды, и поэтому может быть более представительной на довольно большом речном участке ниже рассматриваемого створа систематических наблюдений.

В настоящее время для повышения представительности второй оценки требуется усовершенствование организации наблюдений за массопереносом отдельных химических веществ и методики расчета значений их массопереноса.

В целом обе рассмотренные оценки являются необходимыми характеристиками качества воды в водных объектах на трансграничных участках.

В результате исследования массопереноса загрязняющих веществ на трансграничных участках рек Днепр, Западная Двина и Сож на российской территории и на территории Республики Беларусь за период 2015-2017 гг. было выявлено, что в створах систематических гидрохимических наблюдений в пределах многоводного и маловодного внутри-годовых периодов или в целом в годовом цикле во многих случаях имеют место достоверные статистические связи зависимости концентраций растворенных химических веществ от расхода речной воды вида $C=f(Q)$. Было также установлено, что указанные статистические связи обычно нелинейны и могут иметь противоположную направленность, например, в период половодья с увеличением расхода воды концентрация загрязняющего вещества увеличивается, в остальной период с увеличением расхода воды концентрация загрязняющего вещества снижается, т.е. сказывается эффект разбавления загрязненных вод (рис. 1, 2).

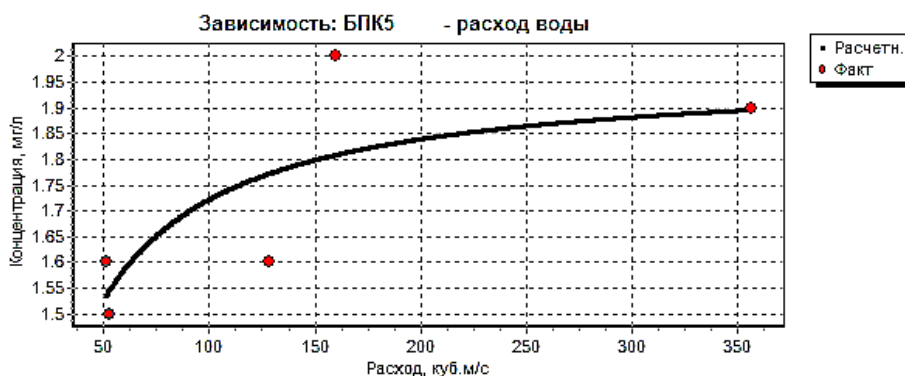


Рисунок 1 – Статистическая связь «значения БПК₅ – расход речной воды» (коэффициент корреляции $r=0,79$ в р. Западная Двина в 0,5 км выше пгт. Сураж (Республика Беларусь) в период высоких расходов воды в реке (01-05 месяцы) в 2015 г.

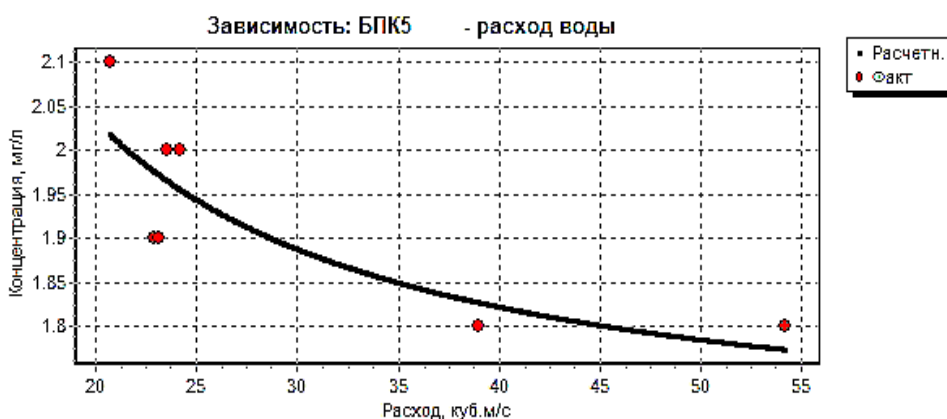


Рисунок 2 - Статистическая связь «значения БПК₅ – расход речной воды» (коэффициент корреляции $r=0,85$) в р. Западная Двина в 0,5 км выше пгт. Сураж (Республика Беларусь) в период низких расходов воды в реке (06-12 месяцы) в 2015 г.

В отдельные годы в целом в одном и том же створе также может меняться направленность рассматриваемой статистической связи, что указывает на возможное изменение условий формирования выноса рассматриваемого вещества в разные годы наблюдений (рисунки 3, 4).

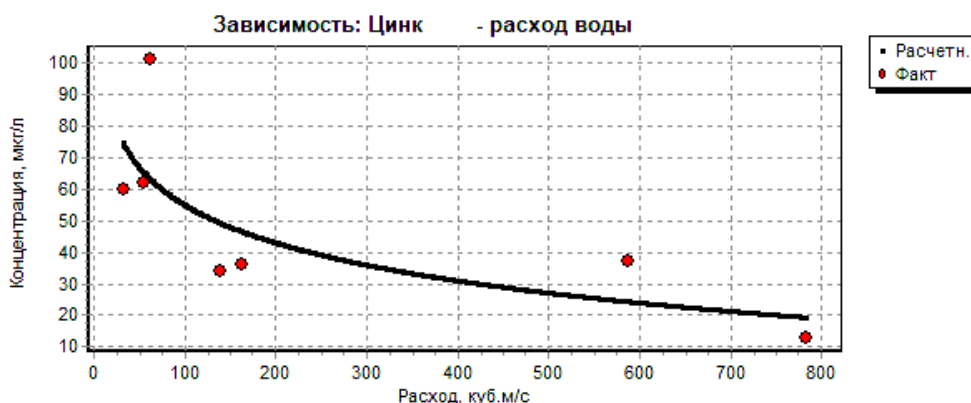


Рисунок 3 - Зависимость концентраций соединений цинка от расхода речной воды (коэффициент корреляции $r=0,74$) в р. Западная Двина в 0,5 км выше пгт. Сураж (Республика Беларусь) в течение 2011 г.

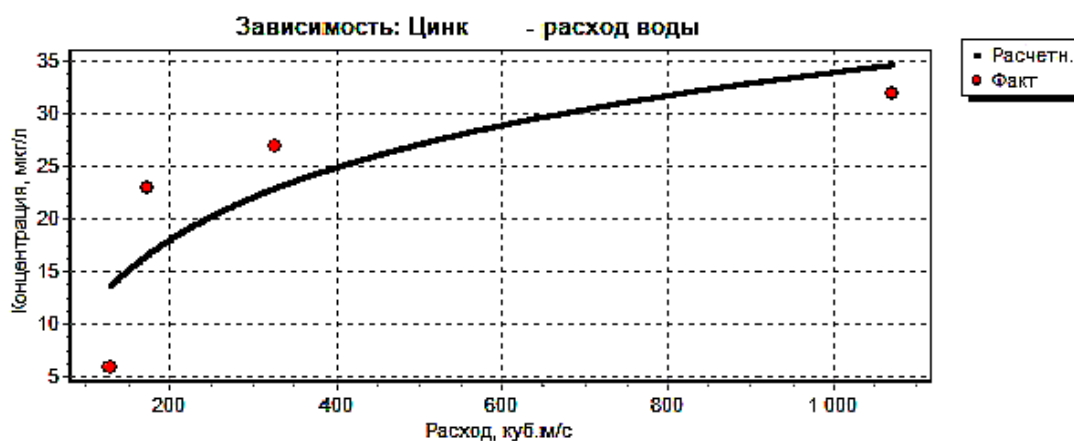


Рисунок 4 - Зависимость концентраций соединений цинка от расхода речной воды (коэффициент корреляции $r=0,80$) в р. Западная Двина в 0,5 км выше пгт. Сураж (Республика Беларусь) в течение 2012 г.

Отсутствие учёта при расчете выноса вещества с речным водным стоком наличия достоверных статистических связей типа $C=f(Q)$ в случаях малого количества проведенных наблюдений при высоких расходах речной воды в случае положительной направленности зависимости концентраций вещества от расхода воды может приводить к существенному занижению рассчитанных значений выноса вещества, при отрицательной направленности данной зависимости – к завышению рассчитанных значений выноса вещества.

На исследованных трансграничных участках рек невозможность установления указанных статистических связей или получение в той или иной степени их искаженного вида обычно была связана с недостаточностью наблюдений при повышенных (особенно близких к максимальным) расходах речной воды в период половодья, а также в период отдельных значимо увеличивающих расход речной воды паводков. Кроме указанного, нередко имели место наблюдения в приграничных створах всего 3-4 раза в год, что для расчетов выноса (массопереноса) загрязняющих веществ следует считать недопустимым.

В таблице 1 приведены примеры лет с наиболее высокой разницей между измеренными в году максимальными расходами речной воды и максимальными расходами при проведении гидрохимических наблюдений на трансграничных участках рек.

Таблица 1 - Данные о максимальных расходах речной воды при проведении гидрохимических и гидрологических наблюдений в приграничных створах на территории Республики Беларусь и Российской Федерации

| Год наблюдений | Максимальный расход воды при проведении гидрохимических наблюдений, м ³ /с | Максимальный расход воды при проведении гидрологических наблюдений, м ³ /с |
|----------------------|---|---|
| Река Днепр | | |
| Республика Беларусь | | |
| 2012 | 318 | 742 |
| 2013 | 428 | 959 |
| Российская Федерация | | |
| 2012 | 462 | 640 |
| 2013 | 478 | 683 |

| <i>Река Западная Двина</i> | | |
|----------------------------|------|-------|
| Республика Беларусь | | |
| 2010 | 646 | 1245 |
| 2013 | 435 | 1502 |
| Российская Федерация | | |
| 2013 | 664 | 1290 |
| 2016 | 266 | 442 |
| <i>Река Сож</i> | | |
| Республика Беларусь | | |
| 2010 | 49,9 | 161,8 |
| Российская Федерация | | |
| 2010 | 48,6 | 124 |
| 2011 | 18,2 | 162 |
| 2016 | 10,6 | 82,1 |

Как следует из таблицы 1, в приведенных и многих других случаях пробы речной воды отбирались далеко не при наблюдаемых максимальных расходах речной воды, что весьма затрудняло или исключало возможность установления и использования для расчета выноса (массопереноса) загрязняющих веществ достоверных статистических связей типа $C=f(Q)$.

Поскольку массоперенос загрязняющего вещества, прежде всего, может зависеть от расходов речной воды, то естественно наблюдениями в обязательном порядке должны быть охвачены все выделяемые в годовом цикле характерные гидрологические периоды (сезоны), связанные как с существенным изменением расходов речной воды, так и с наличием или отсутствием на реке ледового покрытия. В частности, к таким характерным периодам следует относить подъем половодья (чаще всего в этот период происходит основной рост массопереноса загрязняющих веществ в годовом цикле), спад половодья (в конце половодья в талых водах возможно существенное изменение концентраций растворенных загрязняющих веществ) и период расходов речной воды, близких к пику половодья (в этот период чаще всего наблюдаются максимумы переноса загрязняющих веществ). Результаты наблюдений в указанные периоды крайне необходимы для корректного установления нелинейных статистических связей типа $C=f(Q)$. В целом, на период половодья должно приходиться не менее пяти гидрохимических съемок. Далее следует выделять зимний межженный период, когда река покрыта льдом. В этот период пробы должны отбираться в начале установления ледяного покрова реки, в середине и конце этого периода (в данный период процессы самоочищения речной воды от загрязняющих веществ минимальны). Затем следует выделять летне-осенний период, когда процессы биохимического самоочищения речной воды наиболее интенсивны: пробы должны отбираться в начале, середине и конце этого периода. В этом периоде пробы должны отбираться при «сухой» погоде (имеется в виду отсутствие стокообразующих осадков непосредственно выше створа наблюдения в течение не менее трех суток для исключения возможного влияния на формирование концентраций вещества образующихся в сечении реки струй с существенно отличающимся качеством воды в результате кратковременных нестационарных поступлений в реку загрязняющих веществ с местных водосборов). Всего в летне-осенний период должно проводиться не менее четырех гидрохимических съемок. При этом крайне желательно проведение хотя бы двух съемок в период повышенных расходов речной воды, связанных с влиянием дождевых паводков (имеется в виду выпадение стокообразующих осадков на территории водосборов, расположенных существенно выше створа наблюдения). В целом

с учетом наблюдений в период дождевых паводков оптимальное количество съемок в летне-осенний период должно составлять не менее 4-5.

Вышеприведенное распределение сроков наблюдений и учет особенностей рассмотрения полученной информации должно обеспечить более высокую вероятность установления статистических связей типа $C=f(Q)$ и выявление условий формирования химического состава речной воды для представительного расчета выноса (массопереноса) загрязняющих веществ в приграничных створах рек.

При наличии установленных статистических связей типа $C=f(Q)$, используя полученные уравнения регрессии, рекомендуется рассчитывать ежесуточные значения выноса загрязняющего вещества с последующим их суммированием в выделенном сезоне (для данной процедуры необходимо наличие в створе наблюдения ежесуточных данных о расходах речной воды). Вынос вещества в целом за годовой цикл получают суммированием полученных данных по выносу за отдельные сезоны (в отдельных сезонах достоверная связь типа $C=f(Q)$ может отсутствовать). В конечном счете, при таком подходе к обработке результатов наблюдения будут учтены все особенности прохождения половодья, а также периоды дождевых паводков, в том числе даже паводки, наблюдения в которых не проводились.

Пример расчета связи типа $C=f(Q)$, полученной с использованием разработанной в Гидрохимическом институте программы, иллюстрирующий направленность статистической связи и характер изменения ежесуточных значений массопереноса при «растянутом» периоде половодья представлен на рисунках 5, 6.

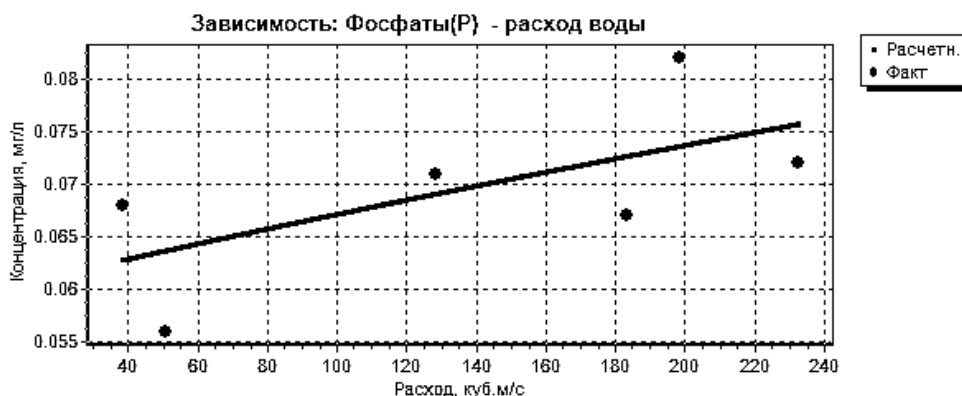


Рисунок 5 - Статистическая связь зависимости концентраций фосфора фосфатов от расхода воды в р. Днепр (коэффициент корреляции $r=0,64$) в черте поселка Сарвиры (Республика Беларусь) в период высоких расходов воды в реке (03-08 месяцы) в 2016 г.

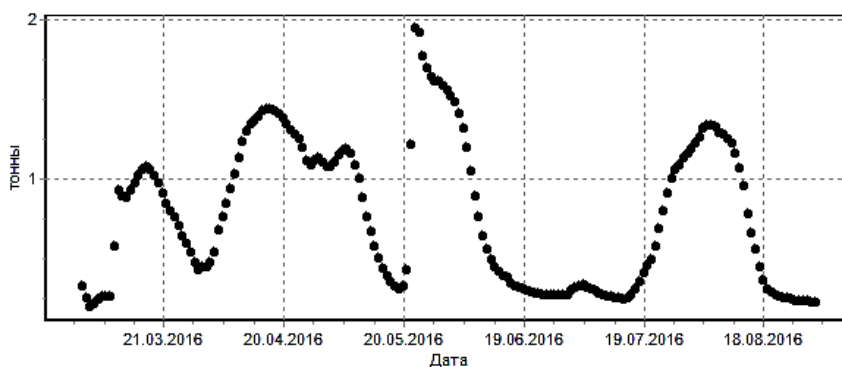


Рисунок 6 – Ежесуточные значения выноса фосфора фосфатов в р. Днепр в черте поселка Сарвиры (Республика Беларусь) в период изменения высоких расходов воды в реке в годовом цикле (03-08 месяцы) в многоводном 2016 г.

Соблюдение требований к выбору местоположения и способов отбора проб воды в приграничных створах может играть решающую роль в получении представительных результатов наблюдений за качеством речной воды и выносом (массопереносом) загрязняющих веществ в этих створах. В случае близкого (менее 3-5 км) расположения источников стационарного сосредоточенного поступления загрязняющих веществ (сточные воды, загрязненные притоки первого порядка) от рассматриваемого приграничного створа число вертикалей наблюдения в приграничном створе должно быть не менее трех (в стрежне потока и на среднем расстоянии от каждого берега до стрежня потока) (горизонты на вертикалях должны намечаться в соответствии с положениями, изложенными в РД 52.24.309-2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши»).

В целях учета возможной «пульсации» концентраций загрязняющих веществ во времени (особенно ниже населенных пунктов) отбор проб речной воды должен проводиться батометром медленного наполнения. В качестве достаточной продолжительности отбора пробы воды таким батометром можно считать: для малых рек (при средней глубине менее 1 м) – 2-3 мин, средних – 10 мин, больших – 15 мин. Отбор проб можно также проводить обычным батометром путем отбора 10-15 равных порций воды, которые затем сливать в одной емкости.

Рассчитанные значения массопереноса с использованием рассмотренных статистических связей позволяют путем деления значения годового выноса вещества на годовое значение речного водного стока получить более представительную среднегодовую концентрацию вещества, обуславливающую его массоперенос. При этом характерно, что чем более криволинейна статистическая связь, тем значительнее полученная среднегодовая концентрация вещества будет отличаться от среднеарифметического или медианного среднегодового значения концентрации этого вещества.

Предлагаемая среднегодовая концентрация вещества позволяет более представительно оценивать тенденции изменения во времени его массопереноса и качества воды в целом. В качестве примера на рисунке 7 показаны графики изменения во времени значений средней концентрации легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) на реке Днепр в трансграничных створах Российской Федерации и Республики Беларусь. По полиномиальным трендам изменения среднегодовых значений БПК₅ можно достаточно достоверно оценить направленность тенденций изменения качества воды в р. Днепр в течение семилетнего периода.

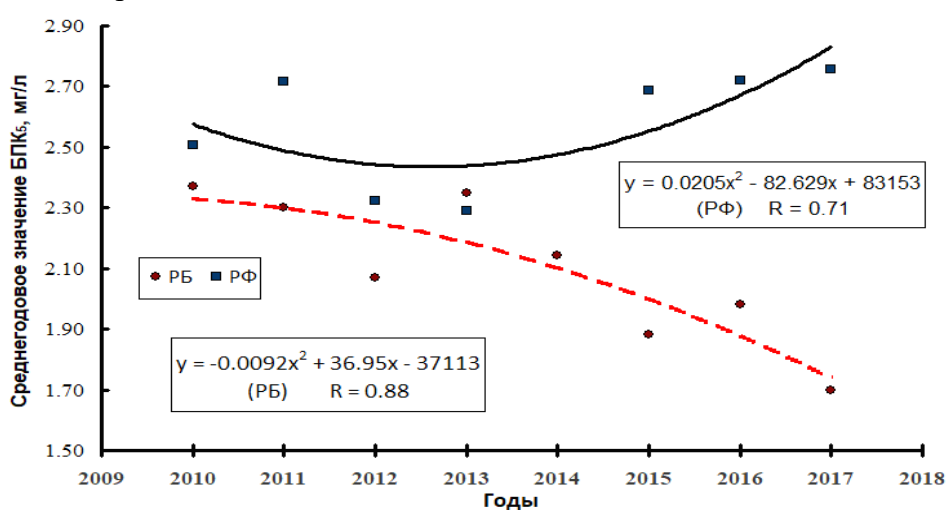


Рисунок 7 – Пример расчета полиномиальных трендов изменения среднегодовых значений БПК₅ за период 2010-2017 гг. в приграничных створах р. Днепр на территории Республики Беларусь (РБ) и Российской Федерации (РФ)

Так для Республики Беларусь однозначно было характерно снижение к 2017 г. загрязненности реки Днепр по значениям БПК₅ до уровня ниже ПДК (ПДК = 2 мг/л), в то время как в створе Российской Федерации к 2017 г., напротив, наметился рост загрязненности речной воды легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅).

Разработанная в ФГБУ «ГХИ» программа для ПК («ГХМ-вынос-2019») позволяет оперативно выполнять расчеты массопереноса загрязняющего вещества с представлением в отчетной таблице:

- а) общего выноса вещества по выделенным периодам года;
- б) сверхнормативного выноса;
- в) антропогенной составляющей в выносе (в случае использования условного фоновое года с минимальным уровнем массопереноса);
- г) относительной оценки погрешности рассчитанных значений выноса (в %);
- д) средних концентраций вещества, обуславливающих величину его выноса с речным водным стоком.

Представляемые отчетные материалы могут быть дополнены графиками изменения значений выноса во времени, выполненными программными средствами.

В соответствии с этой схемой главные особенности гидрохимических наблюдений заключаются в следующем.

Годы гидрохимических наблюдений должны быть обеспечены годовыми данными о перенесенных или пересчитанных суточных расходах речной воды из створа гидрологического наблюдений.

Выбор числа и местоположения вертикалей должен быть обязательно обоснован проверочными рекогносцировочными наблюдениями.

На выходе должна быть получена оценка качества воды на основе правильно рассчитанных средних концентраций веществ за интересующий период, в соответствии с особенностями наблюдений в рассматриваемом створе реки. Существенным дополнением к оценке качества воды в створе наблюдения следует считать рассчитанные значения сверхнормативного выноса отдельных, наиболее характерных, загрязняющих веществ.

Реализация разработанных предложений позволит повысить достоверность и объективность информации об изменении загрязненности речных вод, выявлять наличие и изменение сверхнормативного массопереноса загрязняющих веществ, наметить мероприятия по улучшению качества воды на трансграничных участках рек.