МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

Р 52.24.867–2017

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАССОПЕРЕНОСА ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ С ВОДНЫМ СТОКОМ ПО УЧАСТКАМ РЕКИ

Ростов - на - Дону
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ Федеральным государственным бюджетным учреждением «Гидрохимический институт» (ФГБУ «ГХИ»)

2 РАЗРАБОТЧИКИ О.А. Клименко, канд. хим. наук (руководитель разработки); В.Ф. Геков, канд. тех. наук (ответственный исполнитель)

3 СОГЛАСОВАНЫ с Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун») 07.08.2017; с Управлением мониторинга загрязнения окружающей среды, полярных и морских работ (УМЗА) Росгидромета 01.09.2017

4 УТВЕРЖДЕНЫ Заместителем Руководителя Росгидромета 01.09.2017

ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ приказом Росгидромета от 04.10.2017 № 490

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ ФГБУ «НПО «Тайфун» за номером Р 52.24.867–2017 от 21.09.2017

6 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

© Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Общие положения 3
5 Формирование исходной информации для проведения расчетов массопереноса химического вещества на выделяемых речных участках 6
5.1 Выделение основных участков реки с учетом расположения контрольных створов гидрохимических наблюдений 6
5.2 Выделение основных характерных периодов (сезонов) на участках реки с учетом расположения контрольных створов 7
5.3 Определение относительной погрешности расчета массопереноса химического вещества в контрольных створах по результатам наблюдений 11
5.4 Выделение на реке существенных источников химического вещества 15
5.5 Коэффициенты скорости самоочищения речной воды от рассматриваемого химического вещества 16
6 Теоретические аспекты моделирования изменения по длине реки значений массопереноса химического вещества за рассматриваемый период 19
7 Верификация модели 31
8 Определение допустимого привноса химического вещества со сточными водами на выделенном речном участке 31
9 Ориентировочная оценка влияния дельты или эстуария реки на массоперенос химического вещества 40
Приложение А (справочное) Использование непараметрического статистического критерия Уилкоксона-Манна-Уитни для установления существенности отличия сравниваемых массивов данных 45
Приложение Б (обязательное) Инструкция по использованию на ПК программы «PerenosXV» для проведения расчетов массопереноса химических веществ по участкам реки 47
Приложение В (обязательное) Инструкция по использованию программы «ГХМ-устье» для проведения ориентировочной оценки влияния дельты или эстуария реки на массоперенос химического вещества в устье реки 64
Приложение Г (справочное) Примеры расчета массопереноса химического вещества по длине речных участков 68
Библиография 97

РЕКОМЕНДАЦИИ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАССОПЕРЕНОСА ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ С ВОДНЫМ СТОКОМ ПО УЧАСТКАМ РЕКИ

Дата введения – с 2017–11–20
Срок действия – до 2022–11–30

1 Область применения

Настоящие рекомендации устанавливает методику определения фактического и нормативного массопереноса химических веществ с водным стоком по участкам реки с использованием методов математического моделирования.

Настоящие рекомендации предназначены для наблюдательных подразделений управлений и центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета, осуществляющих организацию и проведение наблюдений за состоянием поверхностных вод суши, а также обработку результатов наблюдений. Рекомендации могут быть использованы также в учреждениях других заинтересованных ведомств.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

Р 52.24.627–2007 Усовершенствованные методы прогностических расчетов распространения по речной сети зон высокозагрязненных вод с учетом форм миграции наиболее опасных загрязняющих веществ

Р 52.24.811–2014 Усовершенствованная система режимных и специальных наблюдений за трансформацией загрязняющих веществ по длине водотоков с использованием математического моделирования происходящих процессов

РД 52.24.622–2017 Порядок проведения расчета условных фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод

РД 52.24.748–2010 Усовершенствованная методика определения выноса (переноса) загрязняющих веществ с речным стоком

Примечания

1 При пользовании настоящим руководящим документом целесообразно проверять действие ссылочных нормативных документов:

- нормативных документов Росгидромета по РД 52.18.5 и дополнениям к нему
- ежегодно издаваемым информационным указателям нормативных документов (ИУНД).

2 Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим руководящим документом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1

водный объект: Сосредоточение природных вод из поверхности суши либо в горных породах, имеющее характерные формы распространения и черты режима.

[ГОСТ 19179–73, статья 6]

3.1.2

водоток: Водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности.

[ГОСТ 19179–73, статья 15]

3.1.3 **вертикаль пункта наблюдений:** Условная отвесная линия от поверхности воды (льда) до дна в водотоке, на которой выполняются работы для получения данных о составе и свойствах воды.

3.1.4 **горизонт пункта наблюдений:** Место на вертикали (по глубине), в котором производят комплекс работ для получения данных о составе и свойствах воды.

3.1.5

качество воды: Характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

[ГОСТ 17.1.1.01–77, статья 4]

3.1.6

контроль качества воды: Проверка соответствия показателей качества воды установленным нормам и требованиям.

[ГОСТ 27065-86, статья 2]

3.1.7 **максимально загрязненная струя в створе водотока:** Водные массы с наиболее высоким содержанием загрязняющих веществ, занимающие определенную часть сечения водного потока.

3.1.8 **массоперенос химического вещества:** Перенос определенной массы химического вещества с водным стоком.

3.1.9 **створ водотока (реки):** Условное поперечное сечение водотока, используемое для оценок и прогноза качества воды.

3.1.10

сточные воды: Воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека.

[ГОСТ 17.1.1.01–77, статья 29]

3.1.11 **точка отбора пробы:** Точно зафиксированное местоположение отбора пробы воды или донных отложений.

3.1.12 **химическое вещество**: Химический элемент или химическое соединение, существующие в природе или полученные искусственно.

3.1.13 **целевой показатель качества воды по химическому веществу:** Концентрация химического вещества, при которой экологическая система водного объекта не деградирует и обеспечиваются социальные потребности приоритетных видов водопользования.

3.2 В настоящих рекомендациях введены и применены следующие сокращения:

$БПК_5$ – биохимическое потребление растворенного кислорода в течение пяти суток;

ДПХВ – допустимый привнос химического вещества;

НДС – норматив допустимого сброса;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ЦПКВ – целевой показатель качества воды.

4 Общие положения

4.1 Использование рек и их участков как приемников химических веществ требует систематического контроля не только за изменением их максимальных концентраций на отдельных локальных участках водотока, но и за общим массопереносом химических веществ (в том числе за сверхнормативным) с водным стоком за заданные периоды годового цикла как по длине водотока, так и в отдельных контрольных створах, замыкающих выделенные участки водотока. Анализ значений массопереноса по длине водных объектов позволяет оценить основные источники формирования как химического состава воды, так и качества воды в целом. Необходимость решения данной задачи связана также с тем, что организуемые водоохранные мероприятия в конечном счете должны быть ориентированы на бассейновый подход улучшения состояния водных объектов.

Для решения задачи необходимо иметь:

- результаты систематических гидрохимических и гидрологических наблюдений в ряде створов по длине реки;
- результаты систематических гидрохимических и гидрологических наблюдений за поступлением химических веществ от основных источников (притоки, сточные воды) и изъятием водного стока (водозаборы);
- математическую модель, описывающую изменение массопереноса химических веществ по длине реки.

4.2 На выбранном водном объекте обработку имеющихся результатов систематических гидрохимических и гидрологических наблюдений с речным стоком в ряде створов по длине реки выполняют для решения следующих задач:

- выделение для расчета массопереноса рассматриваемого химического вещества, участков реки с учетом местоположения контрольных створов, где проводились систематические гидрохимических наблюдения, и местоположения крупных источников вещества (контрольные створы систематических гидрохимических наблюдений должны быть расположены на как можно большем расстоянии от крупных источников вниз по течению реки);

- формирование базы исходных гидрологических характеристик (среднесуточные расходы, максимальные скорости течения речной воды) в контрольных створах систематических гидрохимических наблюдений в рассматриваемом году, в том числе в год 95 % обеспеченности водного стока (при несовпадении контрольных створов со створами водпостов среднесуточные расходы или средние расходы воды и водный сток в рассматриваемые периоды года должны быть восстановлены с использованием соответствующих коэффициентов);

- формирование базы исходных гидрохимических характеристик (наблюденные концентрации химического вещества и сопровождающие их расходы речной воды) в контрольных створах наблюдения в рассматриваемом году;

- корректировка расходов речной воды, сопровождающих наблюденные концентрации химического вещества, с использованием базы сформированных гидрологических данных;

- построение графиков изменения среднесуточных расходов речной воды в контрольных створах гидрохимических наблюдений за рассматриваемый год;

- выделение или уточнение сроков продолжительности характерных гидрологических и температурных сезонов по данным в контрольных створах наблюдения (в связи с возможным расхождением по суткам сроков половодья в контрольных створах при выделении сезонов допускается помесячный шаг);

- расчет водного стока в контрольных створах гидрохимических наблюдений за заданный для расчета массопереноса период (периоды) времени;

- оценка достоверности статистических связей между содержанием рассматриваемого химического вещества в контрольных створах гидрохимических наблюдений и расходом речной воды;

- расчет по результатам систематических гидрохимических наблюдений средних концентраций химического вещества во всех контрольных створах наблюдения по всему рассматриваемому участку реки за заданные для расчета массопереноса периоды времени (с учетом возможных связей с расходами речной воды), мг/дм^3;

- расчет фактического массопереноса химического вещества в контрольных створах, т, по результатам систематических гидрохимических

наблюдений за выделенный расчетный период (характерный сезон, несколько сезонов, год) и графическое представление результатов расчета.

4.3 Задача моделирования массопереноса химического вещества по участкам реки за заданный период заключается в следующем:

- построение продольного профиля изменения массопереноса химического вещества по длине реки;

- выявление и ликвидация существенных невязок значений массопереноса химического вещества между расчетными и фактическими данными в контрольных створах;

- анализ возможных причин появления существенных невязок между расчетными и фактическими значениями массопереноса рассматриваемого химического вещества; решение вопросов, связанных с уточнением характеристик боковой приточности (притоки, сбросы сточных вод, неучтенная приточность, неучтенное изъятие водного стока);

- оценка степени воздействия отдельных источников вещества (сточные воды, притоки) на массоперенос; выделение на рассматриваемой реке основных источников по привносу рассматриваемого химического вещества;

- выявление мест и протяженности участков реки со сверхнормативным массопереносом химического вещества (при корректировке системы наблюдений таким участкам целесообразно уделять особое внимание);

- оценку эффективности проведенных водоохранных мероприятий на массоперенос химического вещества в целом по реке и на отдельных наиболее проблемных ее участках;

- решение вопросов по установлению допустимого привноса химического вещества со сточными водами предприятий за расчетный период на отдельных выделяемых для этой цели участках реки.

4.4 Превышение фактического массопереноса химического вещества над нормативным, рассчитанным с использованием ПДК или другой установленной для выделяемых речных участков нормативной концентрации, принимают за сверхнормативный массоперенос рассматриваемого химического вещества.

4.5 Для ориентировочной оценки влияния трансформации химического вещества на его массоперенос на приустьевом участке реки, включая дельту или эстуарий реки, необходимы следующие исходные данные:

- средние концентрации индикаторного консервативного химического вещества и интересуемого неконсервативного химического вещества за рассматриваемый характерный период года в устье эстуария или каждого выделенного основного и отдельно одного из типичных маловодных рукавов дельты реки (среднюю за характерный период концентрацию указанных химических веществ по сечению рукава или эстуария рассчитывают по результатам наблюдений, проводимых в конце отлива в период отсутствия нагонных явлений);

- средние концентрации индикаторного консервативного химического вещества и интересуемого неконсервативного химического вещества за рассматриваемый период в замыкающем створе реки, используемом для наблюдений за выносом веществ с водным стоком реки с территории ее бассейна, мг/дм^3;

- средний за рассматриваемый характерный период расход речной воды в замыкающем створе реки, используемом для наблюдений за выносом веществ с водным стоком реки с территории ее бассейна, м^3/с;

- средняя концентрация индикаторного консервативного химического вещества за рассматриваемый период в морской воде вне зоны влияния реки, мг/дм^3;

- примерная доля расхода речной воды в каждом выделенном основном рукаве дельты реки и в совокупности маловодных рукавов дельты реки.

4.6 Поскольку существенное влияние на массоперенос химических веществ от нестационарных источников (интенсивный склоновый сток дождевых вод с территории городов и загрязненных сельхозугодий) происходит эпизодически и, главным образом, на протяжении локальных сравнительно небольших участков реки, их учет в массопереносе химических веществ по реке в целом или на выделяемых участках нецелесообразен. Результаты специальных наблюдений за сбросом и влиянием на качество речных вод данных источников (если таковые имеются) должны использоваться в рамках установления нормативов допустимых сбросов сточных вод.

5 Формирование исходной информации для проведения расчетов массопереноса химического вещества на выделяемых речных участках

5.1 Выделение основных участков реки с учетом расположения контрольных створов гидрохимических наблюдений

В связи с тем, что расчет массопереноса химического вещества осуществляют последовательно по выделенным основным участкам реки, их выделение является важной задачей.

Основные участки реки для расчета массопереноса рассматриваемого химического вещества выделяют следующим образом:

а) участки реки до и после водохранилищ рассматривают отдельно;

б) участки реки, на которых сроки начала или окончания половодья отличаются более чем на 20 суток, также рассматривают отдельно;

в) створы, где осуществлялись систематические гидрохимические наблюдения (контрольные створы), последовательно относят к фоновым и замыкающим створам для выделяемых участков (конечный створ

очередного выделенного участка является фоновым для последующего участка);

г) замыкающий контрольный створ каждого выделенного речного участка рекомендуется назначать выше крупного населенного пункта или выпуска сточных вод; можно назначать такой створ и ниже населенного пункта или выпуска сточных вод, но на участке практически полного смешения речных и сточных вод (при расположении створа непосредственно ниже крупных источников вещества или населенных пунктов при существующих системах наблюдения имеется вероятность получения непредставительных результатов для расчета массопереноса химических веществ) или назначать створ с достаточным числом вертикалей наблюдения, позволяющих получить средние концентрации химического вещества в сечении реки с погрешностью равной или менее 20 % (рекомендуется также использование в таком створе составных (сливных) проб воды, отбираемых по сечению реки);

д) внутри каждого выделенного участка реки намечают дополнительные расчетные створы, обязательными (условно контрольными) из которых являются створы, где происходит существенное поступление в реку рассматриваемого химического вещества (например, створы, где массоперенос за счет источника вещества увеличивается на 20 % и более по отношению к массопереносу химического вещества выше этого источника и створы, замыкающие официально выделенные водохозяйственные участки (если таковые имеются).

Для выделенных речных участков указывают расстояния их начала и окончания от устья реки.

Кроме этого, для каждого выделенного речного участка устанавливают:

- примерную максимальную скорость течения речной воды для каждого выделенного характерного периода (сезона), соответствующую среднему за этот период расходу воды;

- для источников химического вещества на каждом выделенном речном участке может быть установлено время возможной задержки самоочищения воды от этого вещества, поступившего с водами соответствующего источника при устойчивом наличии в нем токсических веществ (по умолчанию это время принимают равным нулю).

Рассчитывают или устанавливают уровень концентрации химического вещества, до которого возможно самоочищение речной воды в рассматриваемом периоде (сезоне) на каждом выделенном речном участке.

5.2 Выделение основных характерных периодов (сезонов) на участках реки с учетом расположения контрольных створов

5.2.1 Для расчета массопереноса химического вещества за заданный период (сезон) большое значение имеет выделение и учет в годовом

цикле характерных периодов изменения содержания этого вещества, в том числе основных гидрологических сезонов, определяющих водность на рассматриваемой реке.

В качестве основных версий характерной периодичности (сезонности) изменения массопереноса конкретных веществ могут выступать основные гидрологические сезоны, теплый и холодный периоды года, периоды, когда река покрыта льдом и при его отсутствии. Возможно выделение характерных периодов изменения массопереноса рассматриваемого вещества с речным стоком на основе визуального просмотра изменений концентраций этого вещества в рассматриваемом году как результата влияния совокупности факторов воздействия. Для окончательного выбора наиболее характерной внутригодовой периодичности (сезонности) изменения содержания вещества целесообразно использовать расчет коэффициентов сезонности по РД 52.24.748. Выделенные характерные периоды являются основным временным шагом в годовом цикле для расчета массопереноса химического вещества. Наиболее предпочтительным может оказаться отдельный расчет массопереноса в период половодья (с учетом связей «расход-концентрация») и остальных (возможно всего одного) выделенных характерных периодов года (в связи с расхождениями сроков половодья в выделяемых контрольных створах при выборе сезонности допускается помесячный временной шаг).

При выделении периодов (сезонов) в годовом цикле непременным условием является наличие во всех рассматриваемых контрольных створах в каждом выделяемом периоде не менее трех гидрохимических съемок (только при таком условии возможен поиск достоверных статистических связей между расходом и концентрациями вещества в выделяемом периоде). При малом числе наблюдений (2 – в гидрологическом сезоне, 4-6 раз - в годовом цикле) в целях расчета статистически значимых характеристик возможно введение в текущий сезон или год данных за 1-2 предыдущих года, если эти данные отличаются несущественно от данных в текущем сезоне или году (при этом основной рассматриваемый год в организованной совокупности исходных данных остается условно неизменным).

Для выделения характерных периодов (сезонов) года для всей реки или ее рассматриваемого участка целесообразно рассматривать результаты наблюдения, полученные одновременно по всей совокупности контрольных створов.

С помощью непараметрического критерия Уилкоксона-Манна-Уитни по РД 52.24.622 и [1] в контрольном створе определяют существенность различия концентраций вещества в выделенных периодах (сезонах) года. Описание метода Уилкоксона-Манна-Уитни представлено в приложении А. Цель процедуры – выделение существенно отличающихся характерных периодов года для всей части рассматриваемой реки.

При отсутствии существенной сезонности для рассматриваемого химического вещества основным расчетным периодом следует считать годовой цикл (при необходимости возможно произвольное выделение рассматриваемых периодов в годовом цикле).

При нормировании допустимого привноса вещества на выделенных участках реки также возможно произвольное назначение (выделение) рассматриваемого сезона (или сезонов) в годовом цикле (например, летняя или зимняя межень).

Для каждого выделенного речного участка подготавливают необходимый массив гидрохимических и гидрологических данных в виде таблиц соответствующего (рекомендуемого) формата в среде Excel (прилагаются к программному обеспечению).

Программными средствами по соответствующим исходным таблицам среднесуточных расходов речной воды в среде Excel (при их наличии) в каждом контрольном створе определяют средние в выделенных характерных периодах года расходы воды $Q_{\text{ср.сез}}$ и значения водного стока $W_{\text{сез}}$ (при отсутствии среднесуточных расходов речной воды в контрольных створах гидрохимических наблюдений данные характеристики назначают в виде пересчитанных значений по результатам наблюдений, полученным в ближайшем створе водпоста).

5.2.2 Результаты расчета стоковых характеристик представляют в двух видах: водный сток за рассматриваемый период W, млн. м^3, и среднесуточный расход воды за этот период $Q_{\text{ср}}$, м^3/с, с соответствующим этому расходу дополнительно вводимым оператором значением примерной максимальной скорости течения речной воды, которые вычисляют по формулам

$$W = 0{,}0864\, Q_{\text{ср}}\, Z \ , \qquad (1)$$

где 0,0864 – коэффициент размерности для получения водного стока в млн. м^3;

Z – общее число суток в рассматриваемом периоде (сезоне).

$$Q_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{Z} Q_i}{Z} , \qquad (2)$$

где Q_i – средний расход речной воды за i-е сутки, м^3/с.

5.2.3 Среднюю концентрацию рассматриваемого химического вещества за расчетный период определяют по следующему алгоритму.

В каждом выделенном характерном периоде предварительно для визуального просмотра исходных данных в контрольном створе строят (желательно программными средствами) точечные графики

$$C_{kj} = f\,(t), \qquad (3)$$

где C_{kj} – концентрация химического вещества в k-й точке сечения реки в период j-й съемки, мг/дм^3;

t – время (даты отбора проб воды).

В результате предварительного анализа из рассматриваемого массива данных должны быть удалены экстремальные концентрации химического вещества, происхождение которых связано с грубыми ошибками или с аномальными (возможно аварийными) кратковременными явлениями.

Далее при наличии в выбранном для расчета выноса створе нескольких точек наблюдения выполняют предварительное осреднение концентрации химических веществ $\overline{C}_j$, мг/дм^3, в створе на каждую дату отбора пробы воды (на дату j-й гидрохимической съемки) по формуле

$$\overline{C}_j = \frac{\sum_{k=1}^{n_{kj}} C_{kj}}{n_{kj}}, \quad (4)$$

где n_{kj} – число точек отбора проб воды в сечении реки в период *j*-й съемки.

Примечание – Если в контрольном створе в каждую гидрохимическую съемку отбиралась составная (сливная) проба воды, то формулу (4) не используют. В качестве погрешности средней концентрации вещества в сечении реки при таком отборе следует использовать возможное максимальное за расчетный период значение погрешности (в долях от единицы). При отборе проб воды в сечении реки в одной вертикали пробу воды для возможности расчета массопереноса условно принимают за составную (сливную) с погрешностью средней концентрации вещества по сечению реки, равной нулю.

При наличии в рассматриваемом контрольном створе расходов речной воды, сопровождающих каждую съемку, оценивают наличие достоверной статистической связи

$$\overline{C}_j = f\left(Q_j\right), \quad (5)$$

где Q_j – расход речной воды в контрольном створе на дату *j*-й съемки, м^3/с.

В случае наличия достоверной статистической связи между расходом речной воды и концентрацией рассматриваемого химического вещества в контрольном створе по найденному уравнению регрессии выполняют расчет средней концентрации $C_{\text{сез}}$, соответствующей среднесезонному расходу речной воды. Если статистическая связь недостоверна, то в рассматриваемом периоде (сезоне) определяют среднеарифметическое значение концентрации вещества.

Расчет фактического массопереноса рассматриваемого вещества за рассматриваемый период (сезон), $G_{сез}$, т, в каждом контрольном створе, где проводились систематические гидрохимические наблюдения, определяют по формуле

$$G_{сез} = \overline{C}_{сез} W_{сез}, \quad (6)$$

где $\overline{C}_{сез}$ – наблюденная средняя концентрация химического вещества в контрольном створе реки за рассматриваемый период (сезон) мг/дм^3;

$W_{сез}$ – наблюденный водный сток в контрольном створе за рассматриваемый период (сезон), млн.м^3.

Примечание – Предполагается, что средние концентрации химического вещества в контрольном створе реки получены после изъятия или корректировки нехарактерных (ошибочных) концентраций.

Если рассматриваемый период (например, год) включает несколько выделенных сезонов, то вначале проводится расчет массопереноса в рассматриваемом контрольном створе по сезонам, а затем вычисляют суммарный массоперенос за заданный период (например, за год), в который вошли несколько сезонов. Если характерных сезонов выделить не удалось, то массоперенос определяют в виде произведения среднегодовой концентрации химического вещества на годовой водный сток. Так же поступают при определении массопереноса в пределах рассматриваемого выделенного периода года.

Расчет значений нормативного массопереноса химического вещества $G_{N\,сез}$, т, за рассматриваемый период в каждом контрольном створе, где проводились систематические гидрохимические наблюдения, выполняют по формуле

$$G_{N\,сез} = C_N W_{сез}, \quad (7)$$

где C_N – принятая для рассматриваемого речного участка в качестве норматива концентрация химического вещества (ПДК или другая установленная для рассматриваемого участка нормативная концентрация), мг/дм^3.

По длине реки в контрольных створах по расчетным данным строят графики (в виде гистограмм) изменения значений фактического и нормативного массопереноса химического вещества за выделенные сезоны и в целом за рассматриваемый период (например, год).

5.3 Определение относительной погрешности расчета массопереноса химического вещества в контрольных створах по результатам наблюдений

5.3.1 В связи с малым количеством измерений в течение рассматриваемых периодов (сезонов) года, а также в сечении реки в качестве

погрешности определяемых средних значений концентраций химических веществ используют среднеквадратическое отклонение измеренных значений от расчетных средних значений концентраций в сечении реки за рассматриваемый период (сезон). Относительную погрешность рассчитанных значений массопереноса рассматриваемого химического вещества в контрольном створе (в долях от единицы) v_G по результатам фактических наблюдений за расчетный период (сезон) определяют с использованием следующих формул:

а) при наличии статистической связи типа $\overline{C}_j$ =*f* (Q_j) -

$$v_G = \sqrt{v_V^2 + v_C^2} \quad , \tag{8}$$

где v_V – относительная погрешность определения стока воды за расчетный период (в долях от единицы) при отсутствии данных принимается, равной 0,1 (значение параметра v_V в каждом конкретном случае, в том числе по отдельным сезонам, зависит от условий и детальности гидрологических наблюдений, от используемого для измерения расходов воды оборудования, от способов расчета значений водного стока при несовпадении размещения створа водпоста и створа отбора проб воды)

$$v_{\overline{V}}^2 = v_u^2 + \left(\frac{\sum_{i=1}^{n_Q} \left(Q_i - \overline{Q} \right)^2}{n_{Q_i} \left(n_{Q_i} - 1 \right)} \right); \tag{9}$$

$v_{\overline{C}}$ – относительная погрешность определения средней концентрации химического вещества за расчетный период (сезон, год) (в долях от единицы)

$$v_{\overline{C}}^2 = v_c^2 + \left(\frac{S_{св}}{C_{\overline{Q}}} \right)^2; \tag{10}$$

v_u – инструментальная погрешность измерения расхода воды (по умолчанию принимается, равной 0,10);

Q_i – среднесуточный расход воды в *i*-е сутки расчетного периода, м^3/с;

$\overline{Q}$ – средний среднесуточный расход речной воды за расчетный период, определяемый по формуле, аналогичной формуле (4), м^3/с;

n_{Q_i} – число среднесуточных расходов воды в *i*-е сутки расчетного периода;

v_c – относительная погрешность определения концентрации химического вещества в сечении реки, рассчитанная с учетом погрешности его аналитического определения и погрешности расчета средних кон-

центраций в сечении реки (в долях от единицы) за расчетный период (сезон, год)

$$v_c^2 = v_a^2 + \left(\frac{\sqrt{\frac{1}{n_в} \sum_{j=1}^{n_в} S_{cj}^2}}{C_{\overline{Q}}} \right)^2 ; \quad (11)$$

$S_{св}$ - погрешность определения концентрации химического вещества по уравнению регрессии, полученному для расчетного периода, на основе осредненных концентраций в сечении реки по отдельным съемкам, мг/дм^3,

$$S_{св} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_в} \left(\overline{C}_j - C_{(p)j} \right)^2}{n_в (n_в - 2)}} ; \quad (12)$$

$n_в$ – число гидрохимических съемок за расчетный период (сезон, год);

v_a – относительная погрешность аналитического определения концентрации химического вещества в пробе воды (относительное стандартное отклонение, в долях от единицы) (берется из характеристики метода химического анализа вещества в природных водах);

$C_{\overline{Q}}$ – концентрация химического вещества, соответствующая среднему за расчетный период (сезон, год) расходу речной воды (рассчитывается по уравнению регрессии), мг/дм^3;

S_{cj}^2 – дисперсия концентрации химического вещества в сечении реки за *j*-ю съемку, мг/дм^3,

$$S_{cj}^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_{kj}} \left(C_{kj} - \overline{C}_j \right)^2}{n_{kj} \left(n_{kj} - 1 \right)} ; \quad (13)$$

$C_{(p)j}$ – значение концентрации химического вещества, полученное по уравнению регрессии по тем данным расхода воды в водотоке, при которых была зафиксирована величина $\overline{C}_j$.

n_{kj} – число точек отбора проб воды в сечении реки, отбираемых при каждой *j*-й съемке;

б) при отсутствии статистической связи типа $\overline{C}_j = f(Q_j)$ определение параметра v_G выполняют по формуле (8), в которой

$$v_{\bar{C}}^2 = v_c^2 + \left(\frac{S_в}{\bar{C}_в}\right)^2, \quad (14)$$

где

$$v_c^2 = v_а^2 + \left(\frac{\sqrt{\frac{1}{n_в}\sum_{j=1}^{n_в} S_{cj}^2}}{\bar{C}_в}\right)^2, \quad (15)$$

$$S_в = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_в}\left(\bar{C}_j - \bar{C}_в\right)^2}{n_в(n_в - 1)}}; \quad , \quad (16)$$

$\bar{C}_в$ - среднее значение концентрации химического вещества, рассчитанное для временного ряда данных $\bar{C}_j$ за расчетный период (сезон, год), мг/дм^3.

Примечание – В качестве параметра $\bar{C}_j$ в случае отбора в сечении реки только одной пробы воды (например, в створах практически полного смешения речных и сточных вод) в формулах (12), (13), (16), (19), а также при установлении связи $\bar{C}_j = f(Q_j)$ берется единичное значение C_{kj}, при этом в формулах (11), (15) правые слагаемые принимаются равными нулю.

в) в случае отбора составных (сливных) проб воды по сечению реки в формуле (11) вместо выражения

$$\frac{\sqrt{\frac{1}{n_в}\sum_{j=1}^{n_в} S_{cj}^2}}{C_{\bar{Q}}}, \quad (17)$$

а в формуле (15) вместо выражения

$$\frac{\sqrt{\frac{1}{n_в}\sum_{j=1}^{n_в} S_{cj}^2}}{\bar{C}_в} \quad (18)$$

следует использовать значение возможной погрешности осреднения концентраций химического вещества v_c' при таком отборе проб воды (в долях от единицы).

Для снижения относительной погрешности определения средней концентрации химического вещества в сечении реки S_{cj}, равной более 0,2, целесообразен переход на отбор в сечении реки сливных проб. Не-

обходимое среднее количество составных проб воды в сечении реки для сливной пробы $n_{сл}$ (параметр усредняется до целого числа) в каждую *j*-ю съемку с заданной погрешностью за расчетный период года можно определить по формуле

$$n_{сл} = \frac{1}{n_в} \sum_{j=1}^{n_в} \left(\frac{n_{kj} S_{cj}}{C_j v'_c} \right)^2 , \qquad (19)$$

где v'_c – задаваемая и используемая вместо выражений (17) и (18) в расчетах массопереноса относительная погрешность для сливной пробы воды в долях от единицы.

При реализации отбора составных проб воды в сечении реки с вычисленным значением $n_{сл}$ относительную погрешность средней концентрации химического вещества в этих пробах можно принять равной S_{cj}.

5.3.2 Значение возможной относительной погрешности расчета массопереноса химического вещества с речным стоком в контрольном створе за годовой цикл $v_{год}$ при наличии выделенных характерных периодов (сезонов) рассчитывают по формуле

$$v_{год} = \sqrt{v_{G_1}^2 + v_{G_2}^2 + ... + v_{G_n}^2} \, . \, , \qquad (20)$$

где v_{G_1}, v_{G_2},....,v_{G_n} - относительные погрешности в выделенных характерных периодах (сезонах).

5.4 Выделение на реке существенных источников химического вещества

Для формирования исходной информации выделение существенных (известных) источников рассматриваемого вещества на реке и параметров их характеризующих является одной из наиболее важных предварительных задач, которая предопределяет возможность и точность последующего математического моделирования изменения значений массопереноса химического вещества по длине водного объекта.

К существенным стационарным источникам относят те, доля которых в массопереносе составляет не менее 0,1 % от массопереноса химического вещества в реке с принятым для расчета водным стоком.

Для выделенных источников (притоки, сбросы сточных вод) указывают:

– код и расстояние от устья реки, км;

– суммарные коэффициенты скорости самоочищения поступающих в реку вод притоков и сточных вод K_m и K_g от рассматриваемого химического вещества при соответствующей среднесезонной температуре (принимают по таблице 2), 1/сут;

– среднюю за выделенный период годового цикла концентрацию химического вещества в рассматриваемом притоке первого порядка C_m, мг/дм^3;

– среднюю за выделенный период годового цикла концентрацию химического вещества в рассматриваемом выпуске сточных вод C_g, мг/дм^3;

– водный сток за выделенный период годового цикла в рассматриваемом притоке первого порядка, расположенном в пределах рассматриваемого речного участка W_m, млн. м^3;

– водный сток за рассматриваемый период годового цикла в рассматриваемом выпуске сточных вод, расположенном в пределах рассматриваемого речного участка W_g, млн. м^3;

– для сточных вод – время возможной задержки самоочищения воды τ_Z от рассматриваемого химического вещества в результате наличия в них токсичных веществ (по умолчанию принимается равным нулю), сут.

Источниками получения информации о выпусках сточных вод (название предприятия, расстояние его расположения от устья реки, годовые данные о сбросе сточных вод, млн. м^3, годовые данные об «основных источниках загрязнения по предприятиям», т, результаты гидрохимических наблюдений в створах реки, если таковые проводились, из «суточного журнала наблюдений в створе реки», мг/дм^3) являются:

– паспорта пунктов наблюдения, если в них регулярно вносились коррективы по данным о сточных водах;

– данные из согласованных проектов НДС;

– служебная информация по выпускам сточных вод в ежегодной отчетности по форме «2ТП-водхоз», которая по бассейнам хранится в «Бассейновых водных управлениях» (БВУ);

– при сложности получения служебной информации по форме «2ТП-водхоз» в БВУ следует обращаться по этому вопросу к руководству Федерального агентства водных ресурсов.

Если нет более подробной информации о результатах наблюдений за сбросом сточных вод, то условно принимается, что сброс сточных вод во времени в течение года осуществлялся равномерно.

5.5 Коэффициенты скорости самоочищения речной воды от рассматриваемого химического вещества

При расчетах массопереноса для учета трансформации химического вещества по длине водотока в математическую модель должен вводиться так называемый суммарный коэффициент скорости самоочищения речной воды от рассматриваемого вещества, суммарно учитывающий все процессы, кроме разбавления загрязненных масс воды, приводящие к трансформации вещества на рассматриваемом речном участке. Ориентировочные значения суммарных коэффициентов скорости самоочищения речной воды от некоторых веществ представлены в таблице 1.

На предварительном этапе моделирования суммарный коэффициент скорости самоочищения (трансформации) основного потока речной воды от рассматриваемого химического вещества по умолчанию принимают равным 0,01/сут, который характеризует практическое отсутствие процесса самоочищения.

На последующих этапах моделирования с учетом фактических натурных данных по содержанию вещества в фоновом и замыкающем створах на выделенных речных участках при верификации математической модели коэффициенты, относимые к основному речному потоку, корректируются путем введения соответствующего добавочного поправочного коэффициента, значения которого могут оказаться как положительными, так и отрицательными в зависимости от направленности преобладающих основных процессов и факторов, влияющих на значения массопереноса химического вещества с речным стоком (см. 6.4.7.5).

Таблица 1 - Ориентировочные значения суммарных коэффициентов скорости самоочищения речной воды от некоторых веществ *K*

Вещества и групповые показатели химического состава воды	Значения *K*, 1/сут, при температуре воды, °С		
	менее 10	от 10 до 15	более 15
Азот аммонийный	0,60	0,91	1,50
Аминофенол	0,16	0,44	0,60
Алкилсульфонат (АС) без наполнителя	0,44	1,50	2,10
Алкилсульфонат керосиновый	0,05	0,18	0,31
Ацетанилид	0,18	0,60	0,91
Бензальдегид	1,19	4,51	6,61
Бензин	0,05	0,16	0,23
$БПК_5$	0,31	0,60	0,91
Гваякол	0,05	0,18	0,31
Гидрохинон	0,03	0,05	0,08
Глицерин	0,91	3,29	4,80
Дизельное топливо	0,05	0,16	0,23
Дисольван-4411	0,01	0,03	0,44
Железо общее	0,10	0,20	0,29
Капролактам	0,01	0,02	0,02
Карвакрол	0,02	0,08	0,13
Керосин	0,09	0,31	0,44
Кислота адипиновая	0,08	0,31	0,31
Кислота бензинсульфоновая	0,13	0,44	0,60
Кислота бензойная	0,91	3,60	4,95
Кислота галловая	0,21	0,75	1,19
Кислота изофталевая	0,91	3,01	4,20
Кислота нафтеновая	0,18	0,60	0,91
Кислота сульфосалициловая	0,13	0,44	0,60
Кислота фталевая	0,91	2,85	4,04
м-Крезол	0,08	0,31	0,44

Окончание таблицы 1

о-Крезол	0,08	0,31	0,44
Ксиленол	0,02	0,08	0,13
Мазут топочный	0,01	0,03	0,05
Мальтоза	0,31	0,91	1,50
Масло машинное	0,01	0,03	0,05
Масло соляровое	0,05	0,16	0,23
Медь	0,60	1,19	1,80
Ментол	0,21	0,60	0,91
Метафос	0,01	0,03	0,05
Метилмеркаптан	0,02	0,08	0,13
Метол	0,01	0,03	0,05
α-Нафтол	0,05	0,16	0,23
β-Нафтол	0,44	0,16	2,07
Нефтепродукты (обобщенные показатели)	0,01	0,08	0,13
Никель	0,10	0,20	0,29
Нитробензальдегид	0,13	0,31	0,60
Нитробензин	0,16	0,60	0,75
Нитрофенол	0,16	0,44	0,60
Оксонол-17	0,18	0,60	0,91
ОП-10	0,01	0,01	0,02
«Ордрам»	0,01	0,03	0,47
Паста-АС-1	0,47	1,53	2,15
Паста-АС-2	0,31	1,22	1,68
Паста-ДНС-1	0,08	0,31	0,47
«Прогресс»	0,21	0,75	1,06
«Сатурн»	1,35	4,80	6,74
Синтанол ВТ-7	0,16	0,47	0,60
Синтанол ДС-10	0,08	0,31	0,47
СПАВ анионактивные (обобщенный показатель)	0,29	0,60	0,90
Спирты (амиловый, гептиловый, изобутиловый, метиловый, пропиловый, этиловый)	0,18	0,62	0,91
Сульфанол (всех марок)	0,01	0,03	0,04
Тимол	0,02	0,08	0,13
Тридекан	0,05	0,16	0,31
Уксусный альдегид	0,23	0,91	1,22
Фенолы (обобщенный показатель)	0,20	0,40	0,60
Формальдегид	0,60	2,10	3,01
Фосфорорганические пестициды (обобщенный показатель)	0,13	0,18	0,23
Фурфурол	0,23	0,75	1,06
Хлорорганические пестициды (обобщенный показатель)	0,01	0,01	0,02
ХПК	0,10	0,20	0,29
Хром	0,10	0,20	0,29

Поскольку самоочищение воды для многих веществ двойного генезиса происходит не до нулевых значений, для каждого выделенного

речного участка определяют концентрацию химического вещества $С_{н.з}$, до которой реально может происходить самоочищение воды от этого вещества, поступающего с водами соответствующего источника (сточные воды, притоки).

При наличии в сточных водах токсичных химических веществ (значительные концентрации тяжелых металлов или пестицидов) может оказаться целесообразным назначение времени задержки начала биохимической трансформации поступающего в водный объект органического химического вещества τ_z (обычно в пределах не более 1-3 сут).

Нормативное содержание химического вещества в речной воде (ПДК, ЦПКВ, фоновые региональные нормативы) желательно устанавливать с учетом изученности формирования качества речной воды по рассматриваемому химическому веществу на каждом выделенном для расчета массопереноса участке реки (значения установленных нормативов содержания химического вещества на разных выделенных участках реки с учетом их фоновых концентраций не обязательно должны быть одинаковыми).

6 Теоретические аспекты моделирования изменения по длине реки значений массопереноса химического вещества за рассматриваемый период

6.1 Результаты расчета фактического массопереноса (расчета по фактическим исходным данным) химического вещества через контрольные створы систематических гидрохимических наблюдений за заданный период (заданный гидрологический сезон или другой выделенный характерный внутригодовой период, за заданный год в целом) представляют в виде таблицы и графика, показанных на рисунке 1.

6.2 Моделирование изменений массопереноса химического вещества по длине реки проводят последовательно по выделенным участкам реки, при этом замыкающий контрольный створ каждого выделенного участка является начальным (фоновым) для очередного нижележащего участка.

6.3 В связи с тем, что, как правило, восстановить точный баланс массопереноса химического вещества на выделенном речном участке невозможно, для моделирования приняты следующие концептуальные допущения:

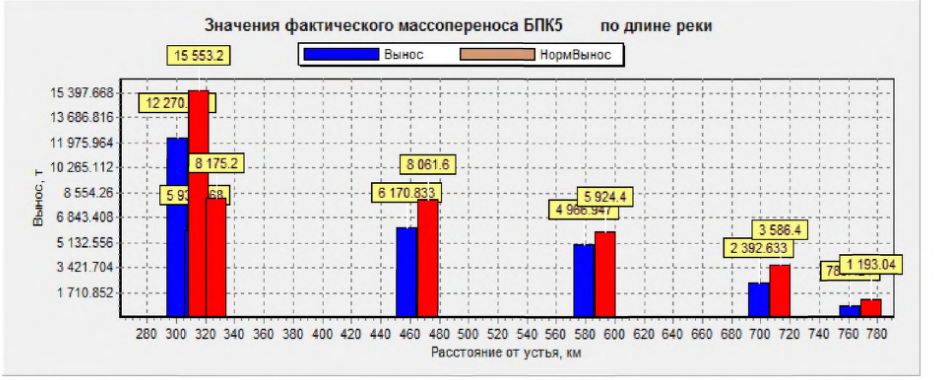
- неучтенный в балансе забор или привнос воды считается линейно распределенным по рассматриваемому речному участку (имеется ввиду, например, дополнительный привнос воды с подземными водами или неучтенными распределенными небольшими источниками вещества, а также неучтенные распределенные по длине участка заборы воды на орошение или другие виды небольшого безвозвратного изъятия стока на хозяйственные нужды);

- после восстановления недостающих составляющих водного баланса и значений массопереноса химического вещества невязка между

фактическим и рассчитанным массопереносом в контрольном створе каждого выделенного речного участка может быть компенсирована добавочным поправочным коэффициентом, подобранным для суммарного коэффициента скорости самоочищения (трансформации) химического вещества на речном участке.

Результаты расчета фактического массопереноса вещества через контрольные створы реки, где проводились систематические гидрохимические наблюдения

Вещество: $БПК_5$
Река: Кубань
Участок (км от устья): 308.00 - 768.00
Расчетный период: 1.01 - 31.12.2005



Фактический массоперенос вещества через выделенные контрольные створы реки:

Номер п/п	Расстояние от устья реки, км	Наименование створа	Средняя концентрация вещества в контрольном створе, мг/дм^3	Значение массопереноса вещества, т	Погрешность значения массопереноса вещества, %	Нормативное значение массопереноса вещества, т
1	7680	Выше г. Черкесска	1.32	785.4	3.76	1193.0
2	706.0	Выше г. Невинномысска	1.33	2392.6	6.56	3586.4
3	586.0	г. Армавир, питьевой водозабор	1.68	4966.9	10.37	5924.4
4	465.0	Выше г. Кропоткина, п. Гирей	1.53	6170.8	16.20	8061.6
5	320.0	Выше г. Усть-Лабинска	1.45	5933.5	13.31	8175.2
6	308.0	г. Усть-Лабинск, ниже сброса с ОСК	1.58	12270.4	24.35	15553.2

Расчеты выполнил _____ _____ _____
дата подпись расшифровка подписи

Рисунок 1 – Пример представления результатов расчета массопереноса химического вещества через контрольные створы систематических гидрохимических наблюдений за заданный период

Таким образом, на первом этапе моделирования на каждом выделенном речном участке выполняется определение значений ненаблюдённых составляющих водного баланса и учет их влияния на массоперенос.

На отдельном выделенном участке реки основными параметрами, которые используют в процессе моделирования, являются следующие:

а) в части водного стока:

$W_ф$ – водный сток в фоновом (входном) створе очередного рассматриваемого речного участка (при наличии данных – фактически измеренный, при отсутствии – рассчитанный в контрольном замыкающем створе вышележащего выделенного речного участка), млн. м^3;

$W_{факт}$ – фактический (измеренный) водный сток за рассматриваемый период годового цикла в замыкающем участок контрольном створе, млн.м^3;

W_m – водный сток за рассматриваемый период m-го притока первого порядка, расположенного в пределах рассматриваемого речного участка выше К-го заданного для расчета створа, млн.м^3;

W_g – водный сток за расчетный период в g-м выпуске сточных вод, расположенном в пределах рассматриваемого речного участка выше К-го заданного для расчета створа, млн.м^3;

W_f – объем забранной воды за расчетный период через в f-й сосредоточенный водозабор, расположенный в пределах рассматриваемого речного участка, млн.м^3;

б) в части значений массопереноса химического вещества за расчетный период на рассматриваемом участке реки:

$G_{сез}$ – фактический массоперенос химического вещества за рассматриваемый период в контрольном замыкающем участок створе реки, т;

$G_{ф(исх)}$ - измеренный (фактический) массоперенос химического вещества за рассматриваемый период в фоновом (входном) створе рассматриваемого речного участка (при отсутствии фактических данных - рассчитанный в замыкающем контрольном створе вышележащего выделенного речного участка), т;

G_m - привнос массы химического вещества с водным стоком m-го притока первого порядка за рассматриваемый период, т;

G_g - привнос массы химического вещества за рассматриваемый период с водным стоком g-го выпуска сточных вод, т;

G_f - изъятая масса химического вещества за рассматриваемый период по f-му сосредоточенному забору воды, т.

Суммарный водный сток $W_{расч}$, млн. м^3, известных (учтенных) источников рассматриваемого вещества в контрольном створе реки рассчитывают по формуле

$$W_{расч} = W_ф + \Sigma W_m + \Sigma W_g - \Sigma W_f . \quad (21)$$

Значение невязки по водному стоку (объем неучтенного привносимого водного стока) $W_{нев}$, млн. м^3, в контрольном замыкающем створе составит

$$W_{нев} = W_{факт} - W_{расч}. \quad (22)$$

Значение невязки по водному стоку $W_{нев}$ может иметь положительное значение, если на участке реки имеется неучтенный распределенный дополнительный водный сток с определенной концентрацией химического вещества, и отрицательное, если имеется существенное распределенное изъятие водного стока.

Если при дополнительном анализе ситуации на участке водотока выявлены дополнительные сосредоточенные источники водного стока, то их следует внести в расчет по формуле (21). В противном случае неучтенный дополнительный водный сток последовательно распределяют (восстанавливают баланс по водному стоку) по речному участку в расчетных створах в виде добавки, равной $W_{дК}$

$$W_{дК} = W_{нев}/N, \quad (23)$$

где $W_{дК}$ – добавка к водному стоку в соответствующем К-ом расчетном или контрольном створе, млн. м^3;

N – общее количество назначенных дополнительных расчетных створов на участке.

6.4 Для оценки и ликвидации невязки между рассчитанным и фактическим массопереносом выполняют расчеты в два подэтапа:

- учет изменения значений массопереноса химического вещества в результате простого увеличения или уменьшения значений водного стока;
- учет изменения значений массопереноса химического вещества в результате процессов его трансформации на рассматриваемом речном участке.

Для расчета изменения массы химического вещества в речном потоке используют следующие формулы.

6.4.1 Первичное расчетное значение массопереноса химического вещества в контрольном замыкающем участок створе реки $G^*_{К(р)}$ вычисляют как сумму всех источников рассматриваемого вещества на участке

$$G^*_{К(р)} = G_{ф(исх)} + \sum G_m + \sum G_g - \sum G_f, \quad (24)$$

где $G_{ф(исх)}$ – рассчитанный по фактическим данным массоперенос вещества за рассматриваемый период в фоновом (входном) створе рассматриваемого речного участка (при отсутствии фактических данных - рассчитанный в замыкающем контрольном створе вышележащего выделенного речного участка), т.

6.4.2 Привнос массы химического вещества G_g, т, по g-му выпуску сточных вод за рассматриваемый период определяют по формуле,

$$G_g = W_g \left[C_{\text{н.з}} + \left(C_g - C_{\text{н.з}} \right) \cdot e^{-K_g \left(\tau_g - \tau_z \right)} \right], \qquad (25)$$

где C_g – средняя за расчетный период концентрация химического вещества в g-м выпуске сточных вод, мг/дм^3;

$C_{\text{н.з}}$ – концентрация химического вещества, до которой в рассматриваемый период на выделенном участке реки может происходить снижение его содержания в речной воде, мг/дм^3;

K_g – суммарный коэффициент скорости самоочищения химического вещества, поступившего с водами g-го выпуска сточных вод, используемый в случае $C_g > C_{\text{н.з}}$ (принимают по таблице 2), 1/сут;

τ_g – время перемещения загрязненных масс воды между g-м выпуском сточных вод и заданным для расчета створом, сут;

τ_z – время возможной задержки процесса самоочищения вещества, поступающего от g-го выпуска сточных вод, сут (по умолчанию принимают равным 0 сут).

6.4.3 Привнос массы вещества G_m, т, с водным стоком *m*-го притока первого порядка за рассматриваемый период вычисляют по формуле

$$G_m = W_m \left[C_{\text{н.з}} + \left(C_m - C_{\text{н.з}} \right) \cdot e^{-K_m \tau_m} \right], \qquad (26)$$

где C_m – средняя за расчетный период концентрация химического вещества в *m*-м притоке первого порядка, мг/дм^3;

K_m – суммарный коэффициент скорости самоочищения химического вещества, поступившего с водами *m*-го притока первого порядка, используемый в случае $C_m > C_{\text{н.з}}$ (принимают по таблице 2), 1/сут;

τ_m – время перемещения загрязненных масс воды между *m*-м притоком первого порядка и заданным для расчета створом, сут.

Примечание – Если $C_f \le C_{\text{н.з}}$, то принимают что $C_{\text{н.з}}$ и K_g равны нулю. То же самое принимают при $C_m \le C_{\text{н.з}}$.

6.4.4 Изъятие речной воды за расчетный период через *f*-й сосредоточенный водозабор G_f, т, определяют по формуле

$$G_f = W_f C_f, \qquad (27)$$

где W_f - объем забираемой воды через f-й водозабор, млн.м^3;

C_f - средняя за расчетный период концентрация химического вещества в f-м сосредоточенном водозаборе, мг/дм^3 (при отсутствии данных берут по расчету в створе реки, где осуществляется водозабор), мг/дм^3.

6.4.5 Концентрацию химического вещества $C_{н.з}$, мг/дм^3, до которой в рассматриваемый период на выделенном участке реки может происходить снижение его содержания в речной воде, определяют по формулам

- при отсутствии статистической связи $\overline{C}_j = f(Q_j)$

$$C_{н.з} = \overline{C}_в - \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_в}\left(\overline{C}_j - \overline{C}_в\right)^2}{n_в(n_в - 1)}}, \quad (28)$$

- при наличии статистической связи

$$C_{н.з} = \overline{C}_в - \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_в}\left(\overline{C}_j - C_{(p)j}\right)^2}{n_в(n_в - 2)}}, \quad (29)$$

где $\overline{C}_в$ – средняя за расчетный период концентрация химического вещества в фоновом или замыкающем контрольном створе рассматриваемого участка реки, мг/дм^3;

$\overline{C}_j$ – средняя концентрация химического вещества в сечении реки в j-ю гидрохимическую съемку, мг/дм^3;

$n_в$ – число гидрохимических съемок за расчетный период.

Параметр $C_{н.з}$ предварительно определяют отдельно по данным в фоновом и замыкающем контрольном створах. В качестве окончательного значения $C_{н.з}$ выбирают наименьшее из них. В случае сливной пробы вместо значения $\overline{C}_j$ берут концентрацию химического вещества, полученную по результатам ее анализа за j-ю съемку.

Параметры $\tau_{фК}$, τ_m, τ_g, сут, вычисляют по формулам

$$\tau_{фК} = \frac{L_{фК}}{86400\ v_{max}}, \quad (30)$$

$$\tau_m = \frac{L_m}{86400\ v_{max}}, \quad (31)$$

$$\tau_g = \frac{L_g}{86400\ v_{max}}, \quad (32)$$

где v_{max} – примерное среднее за расчетный период значение максимальной скорости течения речной воды на рассматриваемом участке, м/с;

$L_{фк}$ – расстояние от фонового створа до К-го расчетного створа на выделенном речном участке, м;

L_m – расстояние от *m*-го притока первого порядка до К-го расчетного створа на выделенном речном участке, м;

L_g – расстояние от g-го выпуска сточных вод до К-го расчетного створа на выделенном речном участке, м.

6.4.6 Невязку по массопереносу химического вещества в замыкающем контрольном створе вычисляют по формуле

$$G_{\text{нев}} = G_{\text{нез}} - G^{*}_{\text{К(р)}}. \quad (33)$$

6.4.7 На первом этапе моделирования проводят определение дополнительных распределенных потоков массы рассматриваемого химического вещества с учетом вариантов сочетаний между параметрами $W_{\text{нев}}$ и $G_{\text{нев}}$.

6.4.7.1 При $W_{\text{нев}}$ >0 и $G_{\text{нев}}$ >0, т.е. когда значение $W_{\text{расч}}$ меньше фактически измеренного расхода в контрольном замыкающем створе $W_{\text{факт}}$, требуется ввести дополнительный распределенный водный приток на участке реки. Причем добавленный водный приток должен быть по величине равен $W_{\text{нев}}$. В свою очередь, поскольку $G_{\text{нев}}$ >0, необходимо увеличить массоперенос не менее, чем на величину $G_{\text{нев}}$. В данном случае концентрацию рассматриваемого химического вещества $C_{\text{д}}$ для соответствующего значения $W_{\text{нев}}$ рассчитывают по формуле

$$C_{\text{д}} = G_{\text{нев}} / W_{\text{нев}}, \quad (34)$$

где $C_{\text{д}}$ – расчетная средняя концентрация химического вещества на рассматриваемом речном участке, используемая для учета дополнительного распределенного привноса этого вещества при введении в расчет массопереноса невязки водного стока, мг/дм^3.

6.4.7.2 Если $W_{\text{нев}}$ >0 и $G_{\text{нев}}$ <0 (т.е. расчетное значение параметра $W_{\text{расч}}$ меньше фактического $W_{\text{факт}}$), то требуется добавить распределенный приток воды на рассматриваемом участке реки. В связи с тем, что расчётное значение массопереноса больше фактического, дополнительный приток должен содержать химическое вещество как можно в меньшей концентрации, например, равной $C_{\text{н.з}}$.

6.4.7.3 Если $W_{\text{нев}}$ <0 и $G_{\text{нев}}$ <0 (т.е. расчетный водный сток в замыкающем контрольном створе превышает фактический сток), то необходимо уменьшить расчетный сток, добавив на участке распределенный забор воды. Сток воды по расчетному распределенному забору определяют по формуле (24). В качестве концентрации химического вещества в забираемой воде $C_{\text{д}}$ берут среднюю на рассматриваемом участке.

6.4.7.4 Если $W_{\text{нев}}$ <0 и $G_{\text{нев}}$ >0 (т.е. водный сток по расчету превышает фактический), то требуется уменьшить расчетный водный сток,

добавив на участке забор воды. В данном случае распределенный забор воды берут с концентрацией химического вещества, равной средней на рассматриваемом участке.

6.4.7.5 Как следует из приведенных вариантов решения задачи в 6.4.7.1 – 6.4.7.4, на рассмотренном этапе проблема невязки по массопереносу рассматриваемого химического вещества решается не всегда. Добавление стока или забора воды восстанавливает баланс по стоку, но может оставаться дисбаланс по массе вещества, который требуется решать не добавлением или изъятием реальных потоков воды, а за счет изменения интенсивности процесса самоочищения речной воды или учета дополнительного ее загрязнения.

После первого этапа моделирования оставшуюся невязку по массопереносу химического вещества в замыкающем контрольном створе рассматриваемого речного участка $G^*_{\text{нев}}$ также определяют по формуле, аналогичной формуле (33). В данном расчете отрицательное значение невязки $G^*_{\text{нев}}$ характеризует наличие на участке остаточной (избыточной) массы химического вещества, которая не была учтена при рассмотрении процесса самоочищения в связи с заниженным значением суммарного коэффициента самоочищения $K_{\text{сф}}$. В данной ситуации следует увеличить абсолютное значение $K_{\text{сф}}$ с помощью добавочного поправочного коэффициента $\gamma_{\text{д}}$. Получившееся положительное значение $G^*_{\text{нев}}$ характеризует неучтенное дополнительное поступление химического вещества за счет внутриводоемных процессов (вторичное загрязнение, поступление химического вещества с подземными водами с более высокой концентрацией, чем это было учтено при расчете распределенного дополнительного привноса химического вещества и т.п.). Эту ситуацию можно учесть с помощью значения добавочного поправочного коэффициента $\gamma_{\text{д}}$, который позволяет изменить направленность процесса трансформации химического вещества на рассматриваемом участке реки и уточнить абсолютное значение коэффициента $K_{\text{сф}}$.

Для решения задачи по учету и ликвидации остаточной невязки $G^*_{\text{нев}}$ в расчете массопереноса по длине реки можно использовать следующие основные расчетные формулы

$$G_{\text{К(р)}} = \left[C_{\text{ф}} \cdot e^{-\gamma_{\text{ф}} K_{\text{сф}} \tau_{\text{фК}}} \right] W_{\text{ф}} + \sum G_{\text{ист.}} = G_{\text{ф(исх)}} + \sum G_{\text{ист}}, \qquad (35)$$

$$G_{\text{К(р)т}} = \left[C_{\text{ф}} \cdot e^{-\left(\gamma_{\text{д}} + \gamma_{\text{ф}}\right) K_{\text{сф}} \tau_{\text{фК}}} \right] W_{\text{ф}} + \sum G_{\text{ист}} = G_{\text{сез}} = G_{\text{ф.к(т)}} + \sum G_{\text{ист}}, \qquad (36)$$

где $G_{\text{К(р)}}$- расчётное значение массопереноса химического вещества в соответствующем контрольном или расчетном створе после исключения

влияния невязки, полученной при предварительном расчете массопереноса химического вещества на рассматриваемом участке реки;

$G_{К(р)т}$ – требуемое (уточненное посредством введения поправочного коэффициента $\gamma_д$) расчётное значение массопереноса химического вещества в соответствующем контрольном или расчетном створе для окончательного исключения невязки, полученной при предварительном расчете массопереноса химического вещества на рассматриваемом участке реки;

$\gamma_ф$ – поправочный коэффициент, принимаемый для упрощения решения задачи равным единице;

$\gamma_д$ – добавочный поправочный коэффициент (приращение к коэффициенту $\gamma_ф$), используемый для конечной корректировки суммарного коэффициента трансформации химического вещества на рассматриваемом речном участке (в зависимости от выявленной в результате расчета направленности процесса трансформации химического вещества может данный коэффициент иметь знак «плюс» или «минус»)

$$\sum G_{ист}=\sum G_m + \sum G_g - \sum G_f \pm C_Д W_{нев}, \quad (37)$$

где $\pm C_Д W_{нев}$ – характеристика распределенного притока или забора воды, определяемая в соответствии с указаниями 6.4.7.1 – 6.4.7.4.

Используя формулы (35), (36), после соответствующих их преобразований в целях получения формулы для расчета параметра $\gamma_д$ получим

$$\gamma_д = \left[ln \frac{G_{ф.к(исх)}}{G_{сез} - \sum G_{ист}} \right] / \left(K_{сф} \tau_{фК} \right). \quad (38)$$

Суммарный коэффициент скорости трансформации рассматриваемого химического вещества на речном участке с учетом рассчитанного по формуле (38) добавочного поправочного коэффициента $\gamma_д$ составит

$$K^*_{сф} = \left(\gamma_д + \gamma_ф \right) K_{сф}. \quad (39)$$

Расчет массопереноса химического вещества по длине рассматриваемого участка реки с учетом рассчитанного поправочного коэффициента $\gamma_д$ выполняют по формуле (36) или по формуле (40)

$$G_{К(р)т} = \left[C_ф \cdot e^{-K^*_{сф} \tau_{фК}} \right] W_ф + \sum G_{ист}. \quad (40)$$

Если при расчете по формуле (38) имеет место $G_{сез} < \sum G_{ист}$, то требуется проверка представительности результатов наблюдения в замыкающем контрольном створе участка (обычно такая ситуация связана с получением ошибочно заниженным фактическим значением концентрации химического вещества в замыкающем участок створе) и

оценка целесообразности исключения данного створа из расчета массопереноса.

6.4.7.6 При наличии статистически достаточного количества результатов расчета массопереноса химического вещества желательно установить зависимость значений коэффициента $K^*_{сф}$ от среднесезонного водного стока в фоновом створе для соответствующих выделенных речных участков.

6.5 В каждом К-м контрольном или расчетном створе значения нормативного массопереноса рассматриваемого химического вещества за расчетный период $G_{К(норм)}$, т, вычисляют по формуле

$$G_{К(норм)} = C_N W_{ф} + \Sigma C_N W_m + \Sigma C_N W_g - \Sigma C_N W_f + \Sigma C_N W_{нев(прив)} - \Sigma C_N W_{нев(изъят)}, \quad (41)$$

где C_N – принятая в качестве норматива концентрация химического вещества на рассматриваемом речном участке в виде ПДК или другой принятой в качестве норматива концентрации химического вещества, мг/дм^3;

$W_{ф}$, W_m, W_g, W_f, $W_{нев(прив)}$, $W_{нев(изъят)}$ – водный сток соответствующего источника привноса или изъятия через водозабор химического вещества, млн. м^3;

$W_{нев(прив)}$ – объем расчётного распределенного привносимого водного стока на речном участке, млн. м^3;

$W_{нев(изъят)}$ – объем расчётного распределенного изъятия водного стока на речном участке, млн. м^3.

6.6 В связи с тем, что существенное влияние на массоперенос химического вещества нестационарных источников (склоновый сток дождевых вод с территории городов и сельхозугодий) происходит эпизодически и, главным образом, на локальных участках реки, учет их в массопереносе на основе результатов специально организованных наблюдений на этих отдельных подучастках проводят отдельно в рамках установления НДС (вне рассматриваемых задач в настоящих рекомендациях).

Систематические режимные гидрохимические наблюдения в контрольных створах речных участков должны осуществляться при отсутствии интенсивных ливневых осадков. В связи с указанным в расчетных формулах (35), (36), (40), (41) данные по нестационарным источникам вещества для расчета его массопереноса не учитывают.

При вычислениях массопереноса вещества в фоновом створе каждого выделенного речного участка всегда берется фактически наблюденный водный сток реки за рассматриваемый расчетный период. Это необходимо для получения общей картины характера изменения массопереноса и возможности более детального анализа невязок рассчитанных и фактических значений массопереноса в замыкающих контрольных створах. Здесь следует иметь ввиду, что полученные фактические значения массопереноса химического вещества в контрольных створах ре-

ки зависят от погрешности расчета средних значений концентраций химического вещества за рассматриваемый период. Последние из-за недостаточности гидрохимических наблюдений по сечению реки за расчетный период не всегда оказываются достаточно представительными. В последнем случае некорректные данные в контрольном створе могут вместе с этим створом быть изъяты из расчета массопереноса химического вещества с пересмотром (укрупнением) протяженности основных выделяемых речных участков.

6.7 Для каждого выделенного речного участка обязательными исходными данными за рассматриваемый период годового цикла являются (без наличия этих данных моделирование массопереноса химического вещества не может осуществляться):

- концентрация химического вещества, поступившего с вышележащего участка реки в фоновый створ рассматриваемого участка $C_{ф}$, мг/дм^3;

- водный сток в фоновом (входном) створе очередного рассматриваемого речного участка (при наличии данных фактический, при отсутствии - по расчетным данным в замыкающем створе вышележащего выделенного участка реки) $W_{ф}$, млн. м^3;

- средняя концентрация химического вещества за рассматриваемые характерные периоды в имеющихся на участке основных притоках первого порядка, мг/дм^3;

- средняя концентрация химического вещества за рассматриваемые характерные периоды в имеющихся на участке основных выпусках сточных вод, мг/дм^3;

- водный сток за рассматриваемые характерные периоды в учтенных на участке притоках первого порядка, млн. м^3;

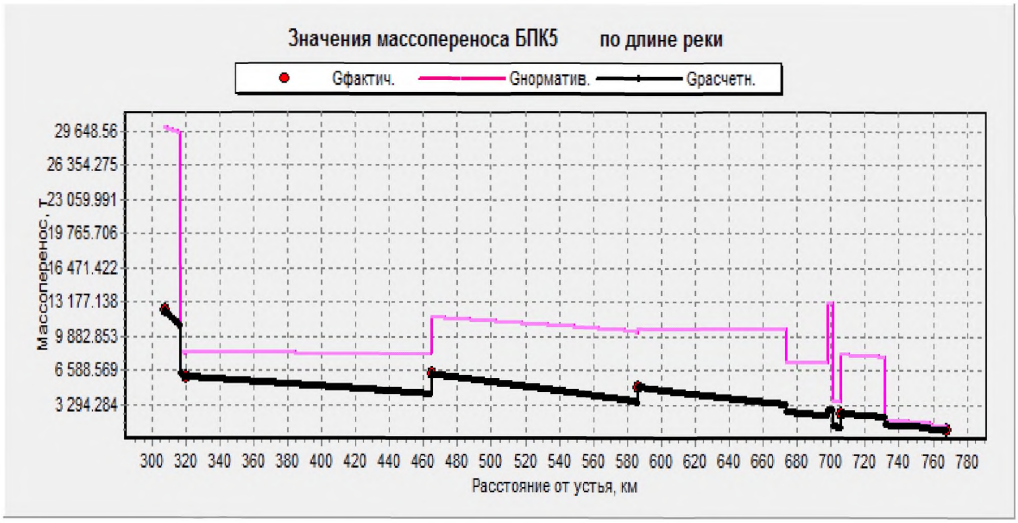
- водный сток за рассматриваемые характерные периоды в учтенных на участке выпусках сточных вод, млн. м^3.

6.8 Пример результатов моделирования массопереноса по длине реки за расчетный период представлен в виде графика и таблицы, показанных на рисунке 2.

Для моделирования массопереноса химического вещества по участкам реки рекомендуется пользоваться программой для персонального компьютера (ПК) «PerenosXV». Инструкция пользователю и пример моделирования представлены в приложениях Б и В.

Результаты расчета массопереноса вещества по длине реки

Вещество: $БПК_5$
Река: Кубань
Участок (км от устья): 308.00 - 768.00
Расчетный период: 1.01 - 31.12.2005



Массоперенос вещества через выделенные контрольные створы реки:

Номер п/п	Расстояние от устья реки, км	Наименование створа	Расчетное значение массопереноса вещества, т	Нормативное значение массопереноса вещества, т	Сверхнормативное значение массопереноса вещества, т	Резерв до нормативного массопереноса вещества, т
1	768.00	р. Кубань выше г.Черкесска	804.8	1193.0		388.3
2	758.02	ОАО «Водоканал» г. Черкесска	889.1	1288.0		399.0
3	732.02	М.Зеленчук	1285.5	1737.4		452.0
….	……	……	……	……	……	……
21	317.02	Лаба	6327.3	8351.4		2024.1
22	308.52	ОАО "ОСК", г. Усть-Лабинск	12120.4	29890.0		17769.5
23	308.00	г. Усть-Лабинск, ниже сброса с ОСК	12270.4	29948.0		17677.6

Расчеты выполнил _____ _____ _____
дата подпись расшифровка подписи

Рисунок 2 - Пример представления результатов моделирования массопереноса химического вещества по длине реки

7 Верификация модели

В соответствии с 6.2 - 6.5 корректировку модели выполняют последовательно от участка к участку реки вниз по течению.

При большом отличии расчетных значений массопереноса в контрольном замыкающем створе на конкретном выделенном участке реки от фактических (доля распределенной массы привноса химического вещества или доля распределенной массы изъятия химического вещества составляет 50 % и более) весьма желательно оценить возможные причины такой невязки (некорректный учет процессов самоочищения речной воды от химического вещества, поступающего с приточностью; отбор проб воды без исключения влияния на массоперенос кратковременных нестационарных сбросов сточных вод, недоучет забора высоко загрязненных масс воды из русла реки, недостаточное количество точек наблюдения в сечении замыкающего контрольного створа при высокой дисперсии концентраций химического вещества в нем и т.п.).

При больших значениях погрешности рассчитанных средних концентраций рассматриваемого химического вещества в контрольных створах за расчетный период может оказаться целесообразным укрупнение речного участка (изъятие проблемных контрольных створов с недостаточно представительными данными по средним концентрациям рассматриваемого химического вещества).

Если получены результаты расчета массопереноса на выделенном речном участке для различных характерных сезонов, то крайне желательно установление зависимости полученных коэффициентов $К^*_{сф}$ от сезонного изменения водного речного стока.

По верифицированной модели выполняют окончательный расчет продольного профиля фактического и нормативного изменения массопереноса химического вещества по длине реки для оценки наличия и особенностей сверхнормативного массопереноса этого вещества по всей длине реки. Рассмотренную модель массопереноса химического вещества по участкам реки можно использовать для определения допустимого привноса химического вещества в реку со сточными водами.

8 Определение допустимого привноса химического вещества со сточными водами на выделенном речном участке

8.1 Задачу по установлению ДПХВ со сточными водами на выделенном речном участке в пределах заданных периодов (сезонов) годового цикла можно решать как для рассмотренного текущего периода, так и с учетом данных расчетного маловодного года 95 % обеспеченности.

Примечание – Допустимую к сбросу массу химического вещества для конкретных выпусков предприятий с учетом образующихся струй в контрольном створе (обычно контрольный створ расположен в 500 м непосредственно ниже выпуска сточ-

ных вод) с соответствующими нормативными концентрациями устанавливают при разработке проектов НДС [2]. Нестационарное (эпизодическое) поступление массы химического вещества с поверхностным стоком с территории населенных пунктов и загрязненных сельхозугодий в результате ливневых осадков в связи с кратковременностью воздействия на массоперенос на ограниченных небольших участках реки также следует рассматривать в рамках разработки проектов НДС на основе результатов специально организованных наблюдений в период интенсивного выпадения осадков.

Используемые в настоящее время рекомендации по установлению нормативов допустимого воздействия на водный объект по привносу химических веществ [3] не позволяют решать вопрос о допустимом привносе загрязняющих в водный объект со сточными водами с учетом типизации рек по водности [4], [5] и учетом трансформации химического вещества по длине речных участков.

Сброс сточных вод в пределах установленного ДПХВ на выделенных участках реки должен гарантировать соблюдение нормативного массопереноса этого вещества на всех участках реки во все рассматриваемые характерные периоды (сезоны) годового цикла с учетом задаваемых гидрологических условий. В отличие от профиля максимальных концентраций химического вещества, в максимально загрязненной струе по Р 52.24.811 в профиле массопереноса химического вещества на всем протяжении реки в любом месте не должно иметь место превышений нормативных значений массопереноса. Целью установления ДПХВ является также сохранение достигнутого уровня качества речной воды, сформировавшегося под влиянием действующих источников рассматриваемого химического вещества и естественных факторов его формирования. Для сохранения и улучшения качества воды на каждом выделяемом речном участке в качестве норматива устанавливают и используют ЦПКВ [6].

В качестве условных дополнительных контрольных створов, по которым должны быть установлены ДПХВ, могут быть назначены конечные створы водохозяйственных участков, если они не совпадают со створами систематических гидрохимических наблюдений. При этом снимается проблема невязки местоположения створа систематических гидрохимических и гидрологических наблюдений с местоположением конечного створа водохозяйственного участка, особенно, если последний располагается непосредственно ниже существенного источника рассматриваемого химического вещества.

8.2 Для назначения ЦПКВ по рассматриваемому химическому веществу на каждом рассматриваемом выделенном речном участке используют данные расчета фоновых концентраций по наблюденным данным в соответствии с РД 52.24.622 в створах, расположенных выше источников загрязнения, в том числе в фоновом и замыкающем створах каждого выделенного речного участка. Назначение ЦПКВ выполняют вне программного обеспечения, прилагаемого к настоящим рекомендациям, следующим образом.

На каждом выделенном речном участке из рассчитанных фоновых концентраций конкретного химического вещества выбирают наиболее низкое значение. Если концентрация химического вещества оказалась ниже или равной ПДК, то в качестве ЦПКВ берут ПДК. Если данное значение выше ПДК, то за ЦПКВ принимают фоновую концентрацию. Исключение составляют вещества-ксенобиотики, происхождение которых практически связано только с антропогенной деятельностью человека (например, нефтепродукты, синтетические поверхностно активные вещества). По этим веществам в качестве ЦПКВ всегда берется ПДК.

Установленные ЦПКВ на выделенных речных участках в зависимости от установленных фоновых концентраций рассматриваемого химического вещества могут не совпадать (чаще всего вниз по течению реки могут возрастать).

Аналогичный подход используют и для притоков первого порядка. При отсутствии на них гидрохимических наблюдений в качестве ЦПКВ используют ЦПКВ, назначенный для выделенного участка основной реки. Если по данным наблюдений на незагрязненном притоке ЦПКВ оказалось выше, чем в реке, то за ЦПКВ в реке ниже этого притока рекомендуется принимать средневзвешенное значение ЦПКВ с учетом среднегодовых расходов воды в реке и притоке при расчетных гидрологических условиях (перед впадением такого притока назначают условный контрольный створ, т.е. выделяют дополнительный речной участок).

8.3 Для решения рассматриваемой задачи по установлению ДПХВ требуется следующая информация:

а) для текущего года:

- ЦПКВ для выделенных речных участков и желательно для устьевых створов притоков первого порядка;

- математическая модель расчета массопереноса химического вещества по длине выделяемых речных участков на основе данных за последний год наблюдений, когда по всем основным выпускам сточных вод имел место безаварийный период;

б) для расчетного маловодного года 95 % обеспеченности, кроме указанного выше:

- среднесуточные расходы воды в контрольных створах реки для года 95 % обеспеченности (при отсутствии последних – средний расход речной воды для выделяемых периодов (сезонов) в расчетном маловодном году и водный речной сток, рассчитанный для этих периодов);

- примерная максимальная скорость течения речной воды, соответствующая средним расходам воды в выделенные периоды (сезоны) при расчетных гидрологических условиях на выделенных участках рек;

- среднесуточные расходы воды в устьях притоков первого порядка для года 95 % обеспеченности (при отсутствии последних – средний расход речной воды для выделяемых периодов в расчетном маловодном году и речной водный сток для этих периодов).

При формировании гидрохимических данных для расчетного маловодного года значения концентраций химического вещества, если они в текущем году не зависели от расхода речной воды, оставляют неизменными; если же они зависели от расхода воды, то по полученному уравнению регрессии их пересчитывают на расход воды расчетного маловодного года, соответствующий дате отбора пробы воды текущем году.

Для условий маловодного года принимают следующие допущения:

- параметры контролируемых выпусков сточных вод и сосредоточенных заборов воды на выделенных участках реки будут характерными и для расчетного маловодного года;

- назначенные по результатам гидрохимических наблюдений в последние годы ЦПКВ являются достаточно представительными для расчетных гидрологических условий маловодного года.

8.4 До установления ДПХВ по привносу химического вещества для выделенных участков реки в рассматриваемые периоды (сезоны) годового цикла предварительно с помощью математической модели массопереноса вещества, и используя установленные ЦПКВ, строят продольный профиль изменения значений массопереноса по длине выделенных речных участков при расчетных гидрологических условиях.

Если ДПХВ устанавливают для расчетного маловодного года, то для каждого периода (сезона) с использованием формул (35)-(39) коэффициент $K^*_{ф}$ и параметр $\pm C_{д} W_{нев}$ (см. указания в 6.4.7.1 – 6.4.7.4) рассчитывают заново. Данные параметры косвенно учитывают неуправляемые неконтролируемые источники химического вещества на соответствующем выделенном речном участке при расчетных гидрологических условиях.

8.5 В целях установления нормативного массопереноса химического вещества в замыкающем контрольном створе каждого речного участка допустимый суммарный привнос вещества по действующим сосредоточенным стационарным выпускам сточных вод в рассматриваемом периоде (сезоне) должен составлять не более общего допустимого привноса химического вещества $ДПХВ_{общ}$ на этом участке, который определяют для рек или их участков с среднесуточным расходом в рассматриваемом периоде (сезоне) равным или менее 25 м^3/с по формуле

$$ДПХВ_{общ} = 0{,}8\ G^*_{К(норм)} - \left(C^*_{ф} \cdot e^{-K^*_{ф} \tau^*_{фК}} \right) W^*_{ф} - \sum G_m + \sum C_f W_f - C_{д} W_{нев(прив)} + C_{д} W_{нев(изъят)}, \quad (42)$$

где 0,8 – коэффициент запаса, обеспечивающий надежность установленного общего допустимого привноса вещества;

$$G^{*}_{К(норм)} = C_N W^{*}_{з} \; ; \qquad (43)$$

C_N – принятая в качестве норматива концентрация химического вещества на рассматриваемом речном участке в виде ЦПКВ, мг/дм^3;

$W^{*}_{з}$ – водный сток в замыкающем створе рассматриваемого участка реки при расчетных гидрологических условиях, млн.м^3;

$C^{*}_{ф}$ – концентрация химического вещества, принятая в качестве фоновой для рассматриваемого речного участка для расчетных гидрологических условий, мг/дм^3;

$\tau^{*}_{фК}$ – время добегания речной воды от фонового створа до К-го расчетного створа при расчетных гидрологических условиях, сут, определяемое по формуле, аналогичной формуле (30);

$W^{*}_{ф}$ – водный сток в фоновом створе рассматриваемого участка реки при расчетных гидрологических условиях, млн.м^3;

$C_f W_f$ – сосредоточенный забор воды, т, через f-й водозабор (C_f – концентрация химического вещества в воде водозаборе, при отсутствии данных берется по расчету в створе водозабора);

$C_{д}W_{нев(прив)}$, $C_{д}W_{нев(изъят)}$ – соответственно дополнительный распределенный привнос или забор химического вещества связанный с компенсацией невязки по водному стоку при расчетных гидрологических условиях, т.

Внутри каждого выделенного речного участка (в створах расположения источников вещества) и в контрольных замыкающих створах этих участков должно сохраняться условие не превышения значения $C_N W^{*}_{расч}$, полученного для соответствующего расчётного створа.

Расчетный водный сток в заданном створе внутри речного участка $W^{*}_{расч}$, млн. м^3, при расчетных гидрологических условиях для любых рек определяют нарастающим итогом по формуле, млн. м^3

$$W^{*}_{расч} = W^{*}_{ф} + \Sigma W^{*}_{m} + \Sigma W_g - \Sigma W_f \pm W_{нев}. \qquad (44)$$

Если в результате расчета по формуле (42) оказалось, что в замыкающем створе участка

$$ДПХВ_{общ} < \Sigma G_g \qquad (45)$$

(параметр G_g определяют по формуле (25)), то в качестве исключения с учетом действующих выпусков сточных вод принимают

$$ДПХВ_{общ} = ДПХВ_{ст} = C_N \Sigma W_g, \qquad (46)$$

где ДПХВ$_{ст}$ – суммарный допустимый привнос химического вещества действующими выпусками сточных вод.

Если оказалась, что внутри рассматриваемого участка имеет место сверхнормативный массоперенос, то путем анализа исходных данных устанавливают выпуск сточных вод, расположенный на проблемном участке, «виновный» в сверхнормативном сбросе химического вещества, в котором

$$C_g W_g > C_N W_g . \quad (47)$$

Для этого источника в исходных данных заменяют значение C_g на C_N и заново рассчитывают допустимые значения параметров ДПХВ$_{общ}$ и ДПХВ$_{ст}$. Дополнительный привнос химического вещества на рассматриваемый участок не должен рассматриваться и планироваться. Избыточный привнос химического вещества G_{izg}, т, конкретным g-м управляемым выпуском сточных вод, который должен быть ликвидирован в рамках установления НДС, можно определить вне программы, прилагаемой к рекомендациям, по формуле

$$G_{izg} = C_g W_g - C_N W_g . \quad (48)$$

Отрицательный или нулевой результат, полученный с использованием формулы (48) для отдельных выпусков сточных вод, свидетельствует об отсутствии избыточного привноса вещества по рассмотренному источнику на речном участке.

В случае, если условие (45) не имеет место, то для рек или их участков с среднесуточным расходом в рассматриваемом периоде (сезоне) равным или менее 25 м^3/с принимают, что в выделенном периоде суммарный сброс сточных вод по действующим выпускам находится в допустимых пределах. При этом в целях сохранения достигнутого уровня очистки сточных вод принимают, что допустимый управляемый привнос химического вещества с учтенными контролируемыми выпусками сточных вод ДПХВ$_{ст}$ на рассматриваемом участке будет равен

$$\text{ДПХВ}_{ст} = \Sigma C_g W_g . \quad (49)$$

Возможность установления дополнительного допустимого привноса вещества на речной участок со стационарными одним или совокупностью нескольких выпусков сточных вод в любом месте для малых рек определяют по формуле

$$\text{ДПХВ}_{д.ст} = \text{ДПХВ}_{общ.} - \text{ДПХВ}_{ст} . \quad (50)$$

Нулевые или отрицательные значения, получаемые по формуле (50) указывают на отсутствие возможности установления дополнительного допустимого привноса химического вещества на рассматриваемый речной участок.

Концентрация химического вещества в допустимом дополнительном управляемом привносе этого вещества при указанных условиях расположения выпуска сточных вод не должна превышать ЦПКВ.

8.6 На малых реках или их участках с расходом равным и менее 25 м^3/с гарантированное практически полное смешение речных и сточных вод в зависимости от морфометрических характеристик русла реки происходит на участке от 0,5 до 10 км. Протяженность выделяемых для расчета нормативного массопереноса речных участков, как правило, превышает такое расстояние.

Для рек или их участков с расходом воды более 25 м^3/с для практически полного перемешивания речных и сточных вод, как правило, требуется более значительное расстояние, которое может превосходить протяженность выделяемых речных участков. Чтобы не перегружать значительные участки рек сбрасываемыми сточными водами для установления допустимой массы сброса химического вещества действующими и проектируемыми выпусками сточных вод, целесообразно использовать не всю, а только часть речного водного стока.

Для ограничения используемого в расчетах водного стока для рек с расходом воды более 25 м^3/с в заданном створе реки в качестве условного расчётного $W^{**}_{\text{расч}}$, млн. м^3, принимают водный сток, равный

$$W^{**}_{\text{расч}} = \beta \cdot W^{*}_{\text{расч}}, \qquad (51)$$

где параметр β определяют по среднесуточному расходу в рассматриваемом периоде (сезоне) по формуле (при расходе воды, равном 25 м^3/с, β=0,8)

$$\beta = 10\ (Q_{\text{ср}})^{-0,8} = 10\left(\frac{W^{*}_{\text{расч}}}{0,0864 \cdot Z}\right)^{-0,8}, \qquad (52)$$

где $Q_{\text{ср}}$ – среднесуточный расход воды в рассматриваемом периоде (сезоне) в заданном створе на выделенном участке реки при расчетных гидрологических условиях, м^3/с;

Z – число суток в рассматриваемом периоде (сезоне).

Водный сток в заданном расчетном створе речного участка $W^{*}_{\text{расч}}$, млн. м^3, определяют по формуле (44).

Для рек с расходом воды более 25 м^3/с условный расчетный нормативный массоперенос в заданном створе на речном участке G_N, млн. т, вычисляют по формуле

$$G_N = C_N W^{**}_{\text{расч}}. \qquad (53)$$

Общий допустимый нормативный привнос химического вещества со сточными водами ДПХВ*$_{\text{общ}}$ на рассматриваемый выделенный уча-

сток реки с расходом воды более 25 м^3/с (по данным в замыкающем контрольном створе) определяют по формуле

$$ДПХВ^{*}_{общ} = G_N - \beta \left[(C^{*}_{ф} \cdot e^{-K^{*}_{сф} \tau_{фК}}) W_{ф} + \sum G_m - \right.$$
$$\left. - \sum C_f W_f + C_{Д} W_{нев(прив)} - C_{Д} W_{нев(изъят)} \right], \quad (54)$$

где $K^{*}_{сф}$ - суммарный коэффициент скорости самоочищения речной воды от рассматриваемого химического вещества, установленный при моделировании массопереноса на рассматриваемом речном участке при расчетных гидрологических условиях до введения ограниченного водного стока, 1/сут.

Далее проверяют условие

$$ДПХВ^{*}_{общ} < \sum G_g . \quad (55)$$

Если условие (55) выполняется, то в качестве исключения с учетом действующих выпусков сточных вод параметры $ДПХВ_{общ}$ и $ДПХВ_{ст}$ рассчитывают по формуле аналогичной формуле (46). В противном случае допустимый управляемый суммарный сброс по действующим выпускам сточных вод $ДПХВ^{*}_{ст}$ в целях сохранения достигнутого уровня очистки сточных вод определяют по формуле, аналогичной формуле (49).

Если оказалась, что внутри рассматриваемого участка имеет место сверхнормативный массоперенос, то путем анализа исходных данных устанавливают выпуск сточных вод, расположенный на проблемном участке, «виновный» в сверхнормативном массопереносе химического вещества по условию аналогичному условию (47). Для этого источника в исходных данных заменяют значение C_g на C_N и заново рассчитывают допустимые значения параметров $ДПХВ_{общ}$ и $ДПХВ_{ст}$. Дополнительный привнос химического вещества на рассматриваемый участок не должен рассматриваться и планироваться. Избыточный привнос химического вещества G_{izg}, т, конкретным g-м управляемым выпуском сточных вод, который должен быть ликвидирован в рамках установления НДС, можно определить вне программы, прилагаемой к рекомендациям, по формуле, аналогичной формуле (48).

Возможный допустимый дополнительный привнос химического вещества $ДПХВ^{*}_{д.ст}$ с проектируемыми сбросами сточных вод устанавливают с использованием формулы, аналогичной формуле (50). При этом получаемые нулевые или отрицательные значения указывают на отсутствие возможности установления $ДПХВ^{*}_{д.ст}$ на рассматриваемом речном участке. Рассчитанные дополнительные проектируемые сбросы сточных вод могут располагаться в любом месте рассматриваемого участка, при условии, что концентрация вещества в стоке не будет превышать установленного ЦПКВ.

Для установления годовых значений ДПХВ берется сумма этих значений, установленных для отдельных периодов (сезонов) годового цикла.

Сверхнормативное значение привноса химического вещества $\Delta_{ст}$, т, при расчётных гидрологических условиях действующими выпусками сточных вод рассчитывают по формуле

$$\Delta_{ст} = \Sigma C_g W_g - ДПХВ_{ст} \quad (56)$$

или $\Delta_{ст}$, % ,

$$\Delta_{ст} = \frac{\Delta_{ст}}{ДПХВ_{ст}} \cdot 100 , \quad (57)$$

где $ДПХВ_{ст}$ - установленный норматив допустимого суммарного сброса химического вещества действующими выпусками сточных вод на рассматриваемом речном участке. Нулевые или отрицательные значения, получаемые по формуле (56), указывают на отсутствие сверхнормативного привноса химического вещества на рассматриваемом участке.

Отчетные данные о фактическом и допустимом привносе химического вещества на выделенных участках реки представляют в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Пример представления результатов расчета допустимого привноса химического вещества на участках реки Глубокой при расчетных гидрологических условиях по характерным выделенным периодам (сезонам)

Участок реки, км от устья	Наименование замыкающего створа на речном участке	Значение фактического суммарного привноса вещества действующими выпусками сточных вод, т	Общая допустимая суммарная масса привноса вещества на участок $ДПХВ_{общ}$, т	Допустимая суммарная масса привноса вещества действующими выпусками сточных вод $ДПХВ_{ст.}$, т	Допустимая дополнительная суммарная масса привноса вещества со сточными водами $ДПХВ_{д.ст.}$, т	Сверхнормативное значение привноса вещества действующими выпусками сточных вод $\Delta_{ст}$, т, (%)
Расчетный период: 01.02 -31.05						
299,5 – 200	Выше сброса ГК г. Павловска	7,30	6,69	6,69	0	0,61 (9 %)
200 - 150	Выше впадения р. Быстрая	5,20	6,00	5,20	0,8	Отсутствие
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Примечание – Наблюдается превышение нормативного сброса химического вещества на следующих участках: 299,5 – 200 км.						
.....						
Суммарно по выделенным периодам						
299,5 – 200	Выше сброса ГК г. Павловска	17,30	16,69	16,69	0	0,61
200 - 150	Выше впадения р. Быстрая	15,20	16,00	15,20	0,8	Отсутствие
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

9 Ориентировочная оценка влияния дельты или эстуария реки на массоперенос химического вещества

9.1 Для ориентировочной оценки влияния дельты или эстуария реки на трансформацию рассматриваемого химического вещества и его массоперенос проводят следующие расчеты.

В каждом основном рукаве в дельте реки или эстуарии косвенным путем (с помощью индикаторного консервативного химического вещества, например: хлоридов, ионов натрия, кремния, значений электропроводности) определяют средний за рассматриваемый период минимальный расход морской воды $Q_{M\xi}$, м^3/с, участвующей в разбавлении речной воды, по формуле

$$Q_{M\xi} = \frac{(C_{k\xi} - C_{kp})\,\alpha_\xi Q_p}{C_{kM} - C_{k\xi}}, \qquad (58)$$

где $C_{k\xi}$ - средняя концентрация индикаторного консервативного химического вещества за рассматриваемый характерный период в устье ξ-го рукава дельты реки или эстуария (рассчитывается по средним концентрациям в сечении рукава или эстуария в конце отлива в период отсутствия нагонных явлений);

C_{kp} - средняя по сечению реки концентрация индикаторного консервативного химического вещества за рассматриваемый характерный период в замыкающем приустьевом контрольном створе реки, где проводятся систематические гидрохимические и гидрологические наблюдения, мг/дм^3;

α_ξ - примерная доля расхода речной воды в ξ-м рукаве дельты реки от общего расхода воды в устье реки;

Q_p - средний за рассматриваемый характерный период расход речной воды в замыкающем приустьевом контрольном створе реки, где проводятся систематические наблюдения, м^3/с.

C_{kM} - средняя концентрация индикаторного консервативного химического вещества за рассматриваемый характерный период в морской воде вне зоны влияния реки, мг/дм^3;

9.2 Примерный суммарный коэффициент трансформации неконсервативного химического вещества (возможно с отрицательным знаком) в речной воде K_ξ, 1/сут, в ξ-м рукаве дельты реки или эстуария вычисляют по формуле

$$K_{\xi} = \frac{1}{\tau_{\xi}} \ln \frac{C_{n\xi\, p}}{C_{n\xi}}, \qquad (59)$$

$$C_{n\xi\, p} = \frac{C_{np}\alpha_{\xi} Q_{p} + C_{nM} Q_{M\xi}}{\alpha_{\xi} Q_{p} + Q_{M\xi}}, \qquad (60)$$

где τ_{ξ} - примерное среднее за рассматриваемый период время добегания речной воды от замыкающего приустьевого контрольного створа реки до створа в устье ξ-го рукава или эстуария при примерной максимальной скорости течения речной воды (расчет выполняется гидрологами с учетом максимальной скорости течения речной воды на выделяемых по морфометрическим характеристикам участкам реки и рассматриваемого рукава или эстуария), сут;

$C_{n\xi}$ - средняя концентрация неконсервативного химического вещества за рассматриваемый характерный период в устье ξ-го рукава дельты реки или эстуария (рассчитывается по средней наблюденной концентрации этого вещества в сечении рукава или эстуария в конце отлива в период отсутствия нагонных явлений);

C_{np} - средняя концентрация неконсервативного химического вещества за рассматриваемый характерный период в замыкающем приустьевом контрольном створе реки;

C_{nM} - средняя концентрация неконсервативного химического вещества за рассматриваемый характерный период в морской воде вне зоны влияния реки, мг/дм^3.

Следует иметь ввиду, что чем точнее при наблюдении определены средние концентрации химического вещества и индикатора в сечении устья учитываемых рукавов, тем точнее будут получены конечные результаты учета влияния дельты на массоперенос пресных речных вод в устье реки.

9.3 При значительном количестве в дельте реки мелководных рукавов, составляющих более 20 % от речного стока в замыкающем приустьевом контрольном створе реки, для наблюдений и последующих расчетов выбирают наиболее типичный (средний по водности) мелководный рукав. По этому типичному мелководному рукаву расчеты по формулам (58), (59), (60) выполняют дополнительно.

9.4 Массоперенос неконсервативного химического вещества с речным пресным стоком $G_{y\xi}$ в конце ξ-го рукава дельты реки или эстуария, т, за рассматриваемый период (сезон) составит:

- для ξ-го основного рукавов без учета трансформации химического вещества

$$G_{y\xi} = 0{,}0864\ ZC_{np}\alpha_{\xi} Q_{p}, \qquad (61)$$

- для ξ-го основного рукава с учетом трансформации химического вещества

$$G_{y\xi c} = G_{y\xi} \cdot e^{-K_{\xi}\tau_{\xi}}, \quad (62)$$

- для учета суммы мелководных рукавов без учета трансформации химического вещества

$$G^{*}_{y} = 0{,}0864\, Z\ Cпр\ \alpha^{*}\ Qp\ , \quad (63)$$

- для учета суммы мелководных рукавов с учетом трансформации химического вещества

$$G^{*}_{yc} = G^{*}_{y} \cdot e^{-K^{*}\tau^{*}}, \quad (64)$$

где Z – число суток в рассматриваемом периоде (сезоне);

α^{*} – примерная доля расхода речной воды, относимая суммарно ко всем имеющимся в дельте мелководным рукавам;

K^{*} – коэффициент трансформации химического вещества, рассчитанный для среднего по водному стоку типичного мелководного рукава, условно относимый ко всей совокупности мелководных рукавов;

τ^{*} – примерное осредненное время добегания речной воды от замыкающего приустьевого контрольного створа реки до устья мелких рукавов (расчет выполняется гидрологами с учетом максимальной скорости течения речной воды на выделяемых по морфометрическим характеристикам участкам реки и типичного мелководного рукава).

Массоперенос рассматриваемого неконсервативного химического вещества с пресным стоком речной воды в замыкающем приустьевом контрольном створе реки и на выходе из дельты или эстуария G_{y}, т, с учетом мелководных рукавов, но без учета трансформации химического вещества составит

$$G_{y} = \sum_{\xi=1}^{N_0} G_{y\xi} + G^{*}_{y}. \quad (65)$$

Общий массоперенос рассматриваемого неконсервативного химического вещества с пресным стоком речной воды на выходе из дельты или эстуария G_{yc}, т, с учетом мелководных рукавов и трансформации химического вещества примерно составит

$$G_{yc} = \sum_{\xi=1}^{N_0} G_{y\xi c} + G^{*}_{yc}\ , \quad (66)$$

где N_0 - число основных рукавов в дельте реки.

9.5 Изменение в массопереносе неконсервативного химического вещества на устьевом участке реки ΔG, т, в результате перемещения масс речной воды от замыкающего приустьевого контрольного створа реки к ее устью составит

$$\Delta G = G_{yc} - G_y \quad , \tag{67}$$

где G_y - массоперенос химического вещества в замыкающем приустьевом контрольном створе реки, т.

Изменение в массопереносе химического вещества на устьевом участке реки Δ_{cc}, %, рассчитывают по формуле

$$\Delta_{cc} = \frac{\Delta G}{G_y} \cdot 100 \ . \tag{68}$$

Если получены статистические связи зависимости суммарного коэффициента трансформации химического вещества от водности реки (значений речного водного стока), то возможно проведение оптимизации наблюдений в части сокращения отбора проб воды в дельте реки или эстуарии.

Пример представления результатов рассмотренного вида расчета массопереноса химического вещества с пресным речным стоком представлен на рисунках 3 и 4.

Результат ориентировочного расчета массопереноса химического вещества с пресным речным стоком в устьевом створе реки с учетом влияния на него эстуария или дельты реки

Река: Горловка
Химическое вещество: азот аммонийный
Участок (км от устья): 100 – 0
Год: 2007

Наименование рукава в дельте реки (эстуария)	Расчетный период (сезон), день, месяц	Массоперенос химического вещества в устьевом створе рукава		Изменение в массопереносе химического вещества, т (%)
		без учета влияния дельты (или эстуария) реки, т	с учетом влияния дельты (или эстуария) реки, т	
р. Сосновая	1 01.02-31.05	1400	900	-500 (-36)
	2 01.06-30.09	900	850	-50 (-5)
	3 01.01-31.12	900	850	-50 (-5)
Итого для рукава	За год в целом	3200	2600	-600 (-19)
р. Веселая	1 01.02-31.05	1500	900	-600 (-40)
	2 01.06-30.09	800	550	-250 (-31)
	3 01.01-31.12	400	500	+100 (+25)
Итого для рукава	За год в целом	2700	1950	-750 (-28)
Мелководные рукава (суммарно)	1 01.02-31.05	500	400	-100 (-20 %)
	2 01.06-30.09	300	200	-100 (-33)
	3 01.01-31.12	200	300	+100 (+50)
Итого для мелководных рукавов	За год в целом	1000	900	-100 (-10)
Итого в устье реки в целом	За год в целом	6900	5450	-1450 (- 21)

Примечание – Значения изменения в массопереносе химического вещества со знаком плюс характеризуют наличие дополнительного привноса химического вещества на устьевом участке реки.

Рисунок 3 – Пример представления результатов ориентировочного расчета массопереноса вещества с пресным речным стоком в устьевом створе реки с учетом влияния на него эстуария или дельты реки

Расчетные суммарные коэффициенты скорости трансформации химического вещества на приустьевом участке реки

Река: Горловка
Химическое вещество: азот аммонийный
Приустьевой участок (км от устья): 100 – 0
Год: 2007

Наименование рукава (эстуария)	Расчетный период (сезон), день, месяц	Значение расчетного суммарного коэффициента скорости трансформации химического вещества, 1/сут
р. Сосновая	1 01.02-31.05	1,0
	2 01.06-30.09	1,5
	3 01.01-31.12	0,6
р. Веселая	1 01.02-31.05	0,9
	2 01.06-30.09	1,2
	3 01.01-31.12	-0,3
Мелководные рукава	1 01.02-31.05	1,2
	2 01.06-30.09	1,7
	3 01.01-31.12	-0,4
Примечание – Значения коэффициента со знаком «минус» характеризуют условную скорость дополнительного привноса химического вещества на устьевом участке реки.		

Рисунок 4 – Пример представления расчетных значений суммарных коэффициентов скорости трансформации химического вещества на приустьевом участке реки

Для оперативности проведения рассмотренной процедуры ориентировочного расчета массопереноса химического вещества с пресным речным стоком в устьевом створе реки с учетом влияния на него эстуария или дельты реки и представления отчетных материалов разработана программа для ПК «ГХМ-устье». В приложении В представлена инструкция пользователю данной программы, в приложении Г.3 Пример 1 показан пример выполнения расчета «вручную» и по программе «ГХМ-устье» с соответствующим представлением отчетных материалов.

Приложение А
(справочное)

Использование непараметрического статистического критерия Уилкоксона-Манна-Уитни для установления существенности отличия сравниваемых массивов данных

Изменение концентраций химических веществ в речной воде очень часто существенно зависит от влияния таких природных факторов, как изменение расхода и температуры речной воды, наличия или отсутствия ледяного покрова, или от совокупности влияния этих и других факторов. По этой причине для получения представительных данных о выносе (переносе) веществ с речным стоком очень важно выделение наиболее характерных сроков периодичности (сезонности) изменения содержания этих веществ в годовом цикле. Для данной цели наиболее целесообразно использование непараметрического критерия Уилкоксона-Манна-Уитни (критерий u_*), преимущество которого в состоит том, что он достаточно эффективен при любом виде статистической закономерности распределения концентраций химических веществ в выделяемых периодах времени согласно [2] и РД 52.24.622.

Процедуру сравнения двух выборок данных с целью оценки существенности их отличия проводят следующим образом.

Расчет средних концентраций конкретного химического вещества в сравниваемых выборках данных выполняют по формуле

$$\overline{C}_{s\varsigma}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}C_{si\varsigma}, \qquad (А.1)$$

где $\overline{C}_{s\varsigma}$ - средняя концентрация *s*-го вещества в ς-й выборке данных;

$C_{si\varsigma}$ - i-я концентрация *s*-го вещества в ς-й выборке данных;

n - общее число данных в ς-й выборке;

Значения концентраций обеих выборок располагают в общую возрастающую последовательность, например, в виде

$$y_1\ x_1\ x_2\ y_2\ y_3\ y_4\ x_3\ y_5\ y_6\ x_4, \qquad (А.2)$$

где $x_1, \ldots, x_4$ – концентрации первой выборки;

$y_1, \ldots, y_6$ – концентрации второй выборки.

Каждому значению концентрации в общей возрастающей последовательности присваивают ранг, например

$$\begin{array}{cccccccccc} y_1 & x_1 & x_2 & y_2 & y_3 & y_4 & x_3 & y_5 & y_6 & x_4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10. \end{array} \qquad (А.3)$$

Если в первой и второй выборках имеются одинаковые по значению концентрации, то каждому из них приписывается среднее значение ранга. Например, если $x_2 = y_2$, то для рассмотренной последовательности будем иметь

$$\begin{array}{cccccccccc} y_1 & x_1 & x_2 & y_2 & y_3 & y_4 & x_3 & y_5 & y_6 & x_4 \\ 1 & 2 & 3{,}5 & 3{,}5 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10. \end{array} \qquad (А.4)$$

При $x_2 = y_2 = y_3$ получим

y_1	x_1	x_2	y_2	y_3	y_4	x_3	y_5	y_6	x_4	(А.5)
1	2	4	4	4	6	7	8	9	10.	

Далее отдельно для каждой выборки подсчитывают сумму рангов. Например, для последовательности (А.4) получим

- для первой выборки

x_1	x_2	x_3	x_4	(А.6)
2	3,5	7	10	

сумма рангов равна 22,5;

- для второй выборки

y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	(А.7)
1	3,5	5	6	8	9	

сумма рангов равна 32,5.

Значения критерия u_* определяют по формуле

$$u_* = T_1 - \frac{n_1(n_1+1)}{2}, \qquad (А.8)$$

где T_1 – меньшая сумма рангов в сравниваемых выборках;

n_1 – число значений концентраций в выборке с суммой рангов T_1;

Например, для последовательности (А.3) получим

$$u_* = 22,5 - \frac{4(4+1)}{2} = 12,5. \qquad (А.9)$$

Если число данных в большей из сравниваемых выборок m^* менее или равно восьми ($m^* \le 8$), то рассчитывают теоретическое (критическое) значение критерия u_T по формуле

$$u_T = (0,448\, m^* - 0,301)\, n^* - 0,287 m^* - 0,204, \qquad (А.10)$$

где n^* – число данных в меньшей из сравниваемых выборок.

Примечание - Результат, полученный по формуле (А.10), округляют до первого знака после запятой.

В том случае, если рассчитанное значение u_* больше u_T, то отличие между сравниваемыми выборками принимают незначимым.

Например, для последовательности (А.4) при $m^* = n_2 = 6$; $n^* = n_1 = 4$; $u_* = 12,5$; $u_T = 7,6$ отличие сравниваемых выборок концентраций принимается незначимым (при $P \approx 0,90$).

Если число данных в большей выборке более восьми ($m^* > 8$), то оценка отличия сравниваемых выборок концентраций проводится по критерию z^*, который представляет собой приближенно нормированную величину, распределенную по нормальному закону

$$z^* = \frac{u_* - 0,5 m^* n^* - 0,5}{\sqrt{\frac{m^* n^* (m^* + n^* + 1)}{12}}} \approx \frac{u_* - 0,5(m^* n^* + 1)}{0,289\sqrt{m^* n^* (m^* + n^* + 1)}}. \qquad (А.11)$$

В том случае, если рассчитанное значение z^* попадает в интервал $(-1,28) < z^* < 1,28$, то отличие между двумя сравниваемыми выборками концентраций принимают незначимым при $P = 0,90$.

Приложение Б
(обязательное)

Инструкция по использованию на ПК программы «PerenosXV» для проведения расчетов массопереноса химических веществ по участкам реки

Б.1 Общие сведения о программе

Программа «PerenosXV» разработана в соответствии с положениями настоящих рекомендаций в среде Borland Delphi 7 и может работать под управлением операционной системы Windows версий 7, 8 и 10.

Программа предназначена для проведения расчетов массопереноса химического вещества по участкам реки и установлению допустимого привноса этого вещества со сбросом сточных вод на выделенных участках реки по данным, полученным в створах систематических гидрохимических и гидрологических наблюдений и результатам регулярных наблюдений за сбросом сточных вод.

Для работы с программой требуется подготовленные в соответствующем формате результаты гидрохимических и гидрологических наблюдений в контрольных створах, выделяемых для расчета массопереноса участков реки. Требуется также информация (водный сток, средние концентрации вещества) по основным его источникам в рассматриваемые периоды (сезоны) годового цикла.

Для нормальной работы программы необходимо проверить (настроить) параметры отображения чисел (см. в ПК разделы «*Панель управления*» - «*Настройка языковых параметров, представления чисел, денежных единиц, времени и дат*». Для Windows 10 – «*Панель управления/Часы, язык, регион/Региональные стандарты/Изменение форматов даты, времени и чисел/Дополнительные параметры/Числа*»):

– разделитель целой и дробной части числа – десятичная точка;

– разделитель групп разрядов – должен отсутствовать;

– группировка цифр по разрядам – должна отсутствовать.

Рекомендуется создать ярлык на рабочем столе для удобного запуска программы для работы. Создание ярлыка выполняется стандартными действиями работы в Windows.

Б.2 Основные операции, выполняемые в программном комплексе

Б.2.1 Запуск программы «PerenosXV.exe» сопровождается появлением на мониторе главной экранной формы, представленной на рисунке Б.1.

В основном горизонтальном меню главной экранной формы для ввода информации имеются следующие позиции:

- «*Общая*» для ввода общей информации о водном объекте;

- «*Участки*» для ввода необходимых общих характеристик, касающихся выделенных характерных для расчета массопереноса вещества участков реки;

- «*Фактич.Г/х данные*» для ввода исходной гидрохимической и гидрологической информации по выделенным речным участкам;

- «*Источники вещества*» для ввода информации по основным источникам химического вещества (притоки, выпуски сточных вод, водозаборы) на выделенных участках реки;

- «*Расчетные створы*» для выделения расчетных створов, участвующих в расчете массопереноса химического вещества с указанием их отличительных признаков по предназначению.

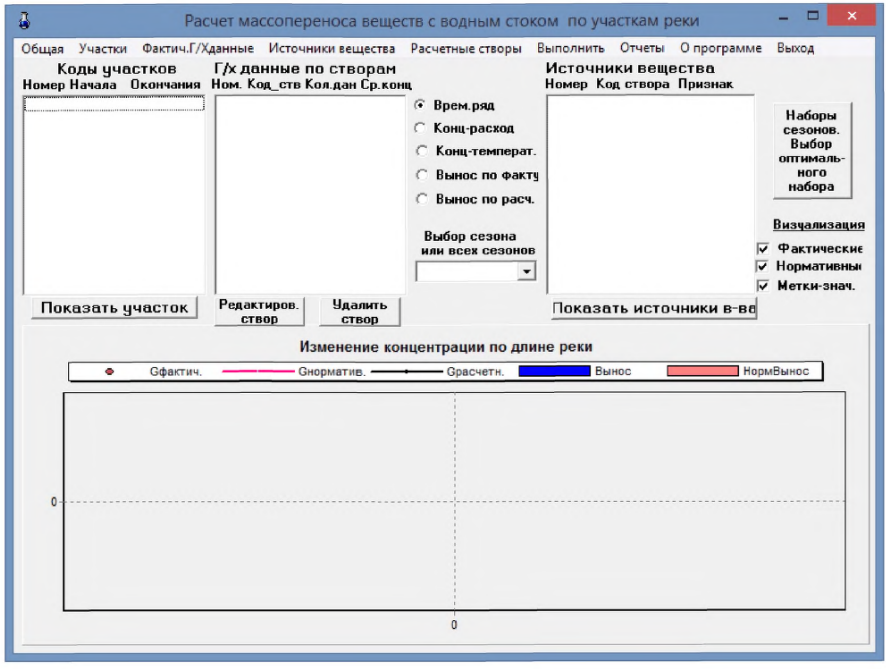


Рисунок Б.1 – Главная экранная форма программы

Активация позиции «*Общая*» позволяет открыть промежуточную экранную форму, показанную на рисунке Б.2. В редакционные окна формы вводят следующую информацию:

- концентрацию вещества $C_{нз}$, мг/дм^3, до которой в рассматриваемый период на выделенном участке реки может происходить ее снижение в речной воде (концентрацию либо задают, если процесс самоочищения на речном участке хорошо изучен, либо предоставляют программе определить ее автоматически по имеющимся результатам натурных наблюдений в фоновом и замыкающем створах рассматриваемого участка);

- данные о погрешности (в долях от единицы) метода химического анализа рассматриваемого вещества;

- погрешность измерения расхода речной воды (по умолчанию принимается, равной 0,1).

Для выхода из рассмотренной экранной формы нажимают на кнопку «*Выход*».

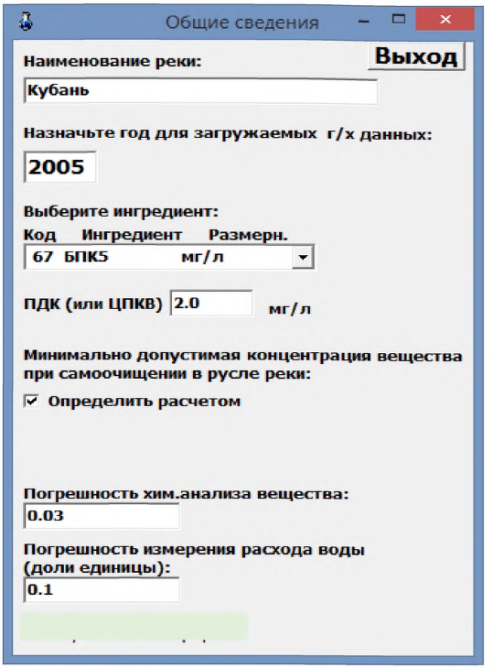


Рисунок Б.2 – Пример заполнения промежуточной экранной формы программы

Б.2.2 Для ввода информации по участкам реки в основной экранной форме активируют позицию «*Участки*», в результате чего появляется подменю, показанное на рисунке Б.3.

Активация разделов подменю позволяет вводить общую информацию по выделяемым участкам рек, корректировать введенную информацию, записывать ее на «жесткий» диск для возможности неоднократного использования.

Следует иметь ввиду, что основной характеристикой в расчете массопереноса по выделяемым участкам реки является понятие створа реки. Створ реки количественно определяет расстояние от устья реки и является ключом (количественной характеристикой створа) – кодом створа. С учетом допустимой точности проводимых расчетов было принято представлять расстояния по длине реки в десятках метров от устья, т.е. местоположения створа определяется не точнее 10 м. Например, если код створа 25410, то это означает, что данный створ реки расположен на расстоянии 254 км и 100 м от устья реки.

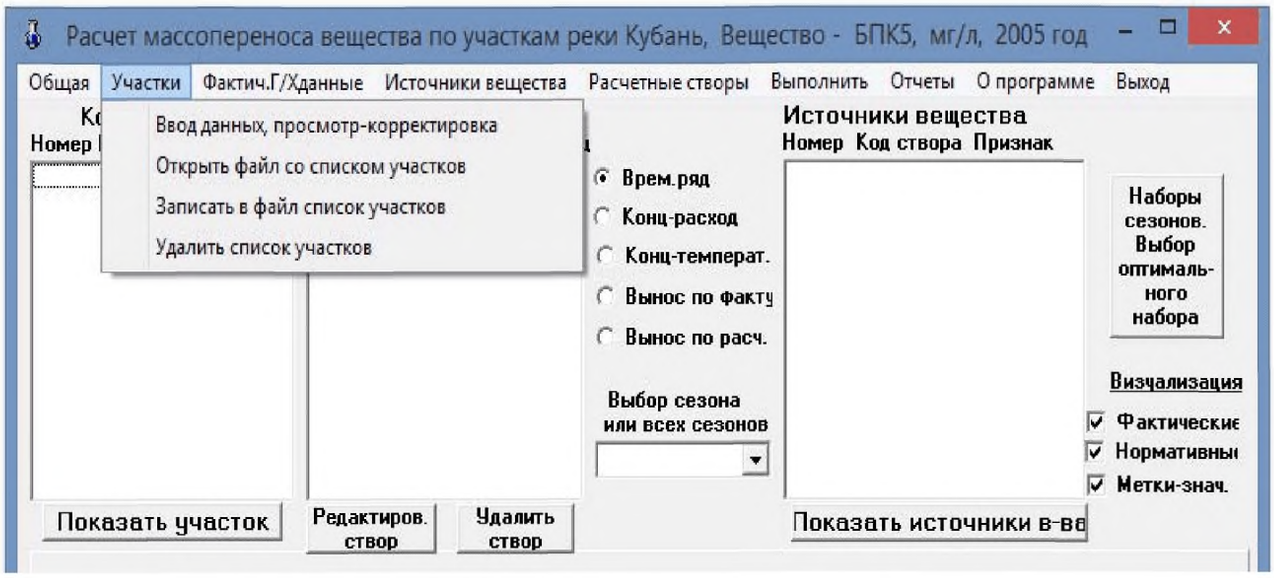


Рисунок Б.3 – Вид подменю для позиции «*Участки*»

Активация раздела «*Ввод данных, просмотр-корректировка*» открывает окно для ввода информации по речным участкам. Пример полностью заполненной данной формы по одному выделенному речному участку показан на рисунке Б.4.

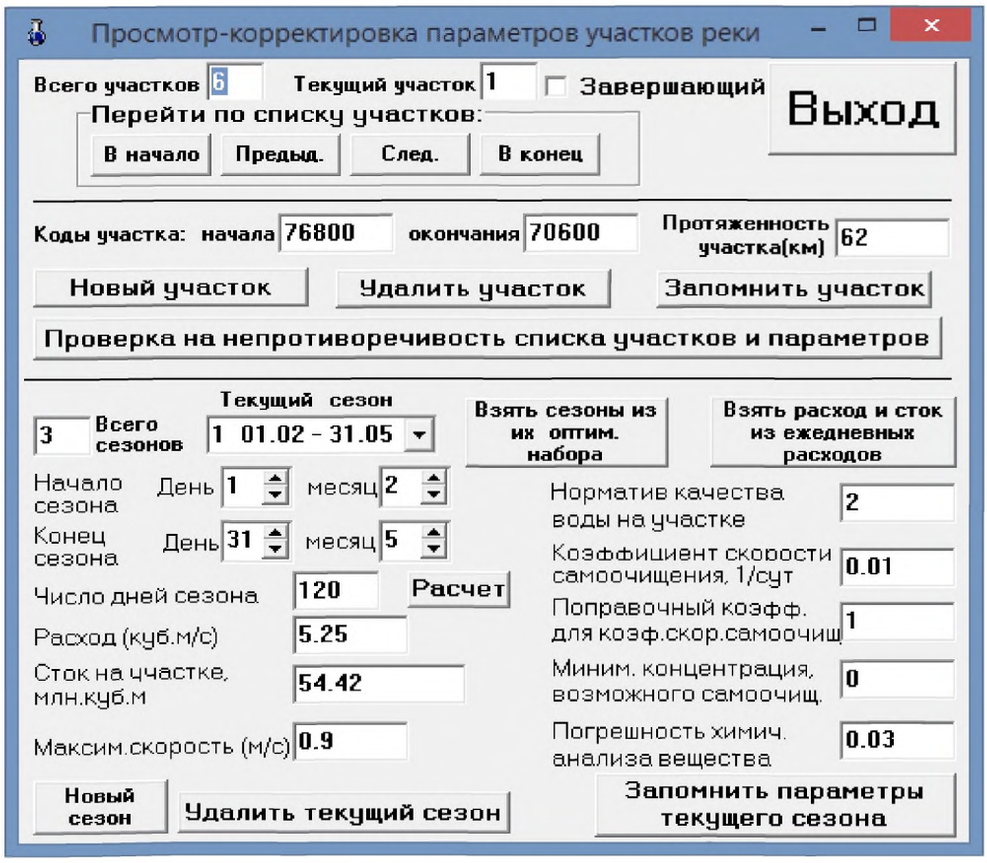


Рисунок Б.4 – Пример заполненной данными экранной формы программы по отдельному выделенному участку реки

Внесение информации по участкам реки выполняют в следующем порядке. Перед внесением информации по каждому участку обязательно нажимают кнопку «*Новый участок*». Далее заполняют редакционные окна с кодами начала и конца участка с учетом их расстояния от устья реки. Кнопка «*Удалить участок*» служит для удаления информации по представленному на экране речному участку. После внесения информации по текущему участку нажимают кнопку «*Запомнить участок*». После внесения данных по очередному участку целесообразно дополнительно нажимать кнопку «*Проверка на непротиворечивость списка участков и параметров*». Проверка позволяет выявить ошибки в записи границ участка. Завершающий участок имеет один и тот же код начала и конца участка. Протяженность его равна нулю (проверяют курсором). При внесении данных по последнему участку обязательно отмечают (ставят галочку) в окне «*Завершающий*». После занесения информации по всем участкам в разделе «*Участки*» активируют позицию «*Записать в файл список участков*». Имя созданного файла с общими сведениями о выделенных речных участках записывают с расширением «.*are».

В случае, если в память задачи переносятся данные, ранее подготовленные на «жестком» диске, то рассматриваемое окно служит для отображения и просмотра этих данных и их корректировки.

Два верхних поля в экранной форме: «*Всего участков*» и «*Текущий участок*» заполняются автоматически и оператором не корректируются. Расчет значения протяженности участка производится автоматически.

Нижнюю часть редакционных окон данной экранной формы заполняют позже, после выбора оптимального набора расчетных периодов (сезонов) для расчета массопереноса и внесения исходной гидрохимической и гидрологической информации.

Для выхода из экранной формы и перехода в главную экранную форму для продолжения внесения исходной информации нажимают кнопку «*Выход*».

Далее в главном меню переходят к позиции меню «*Фактич.Г/х данные*». В открывшемся подменю, показанном на рисунке Б.5, выбирают отдельные разделы для внесения исходных гидрохимических и гидрологических данных, необходимых для расчета массопереноса по участкам реки.

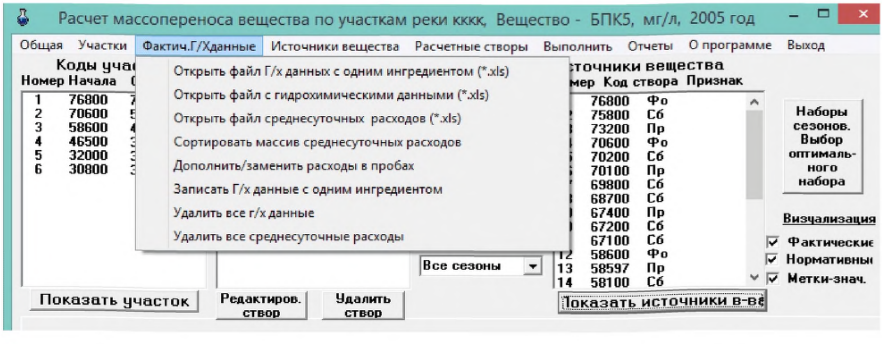


Рисунок Б.5 – Вид подменю для позиции «*Фактич.Г/х данные*»

Раздел «*Открыть файл с гидрохимическими данными (*.xls*) используют для внесения в память программы гидрохимических данных, сформированных в среде Excel на «жестком» диске по прилагаемой к программе форме. Главные условия использования данной формы заключаются в следующем. Обязательным является наличие в форме столбцов А – I (столбцы H и I могут быть не заполненными). В следующих столбцах формы приводится информация по концентрациям ингредиентов, полученным в пробах воды (допускается, что эти данные представлены одним ингредиентом). Обязательным замыкающим столбцом таблицы должен быть координатный номер рассматриваемых створов реки.

После активации указанного раздела открывается стандартное для Windows окно, где в соответствующем каталоге выбирается нужный файл. Ввод данных произойдет после нажатия кнопки «*ОК*» при этом в главной форме программы появится информация об участках, по которым введена гидрохимическая информация.

Если при работе с программой ранее была выполнена выборочная запись на «жесткий» диск по одному ингредиенту, то для ввода такой подготовленной информации с «жесткого» диска по одному ингредиенту в программу нажимают кнопку «*Открыть файл Г/х данных с одним ингредиентом (*.xls*)».

Следующий шаг – внесение в память программы среднесуточных расходов речной воды за рассматриваемый год по привлекаемым для расчета водпостам (если такая информация подготовлена в среде Excel по прилагаемой к программе форме). Для этого активируют раздел «*Открыть файл среднесуточных расходов*». В открывшемся окне Windows, в соответствующем каталоге выбирают нужный подготовленный по прилагаемому к программе образцу файл с гидрологическими данными (среднесуточными расходами воды) рассматриваемого водпоста. В появившемся окне выбирают код водпоста и нажимают на кнопку «*Открыть*». В появившейся промежуточной экранной форме выбирают нужный код створа водпоста и нажимают кнопку «*Запомнить*». В появившемся информационном окне дается информация о том, сколько значений расходов воды суммарно введено в память программы. Окончательный ввод данных произойдет после нажатия кнопки «*ОК*». После введения гидрологических данных по всем створам водпостов в разделе главного меню «*Фактич.Г/х данные*» обязательно активируют раздел «*Сортировать массив среднесуточных расходов*». Затем здесь же активируют раздел «*Дополнить/заменить расходы в пробах*». В появившемся информационном окне дается информация, сколько значений расходов воды внесено в пробы воды (или проведено замен значений расходов). При отсутствии подготовленной информации о среднесуточных расходах воды в среде Excel вышеуказанные разделы не используют.

Если подготовленной информации о среднесуточных расходах воды в среде Excel нет, то среднесуточные расходы и водный сток за выделенные периоды (сезоны) могут быть внесены непосредственно с дисплея по способу, приведенному ниже описания процедуры по выбору характерных сезонов.

Б.2.3 Для выбора и ввода информации по характерным сезонам на главной экранной форме нажимают кнопку «*Наборы сезонов. Выбор оптимального набора*». Открывающаяся экранная форма показана на рисунке Б.6.

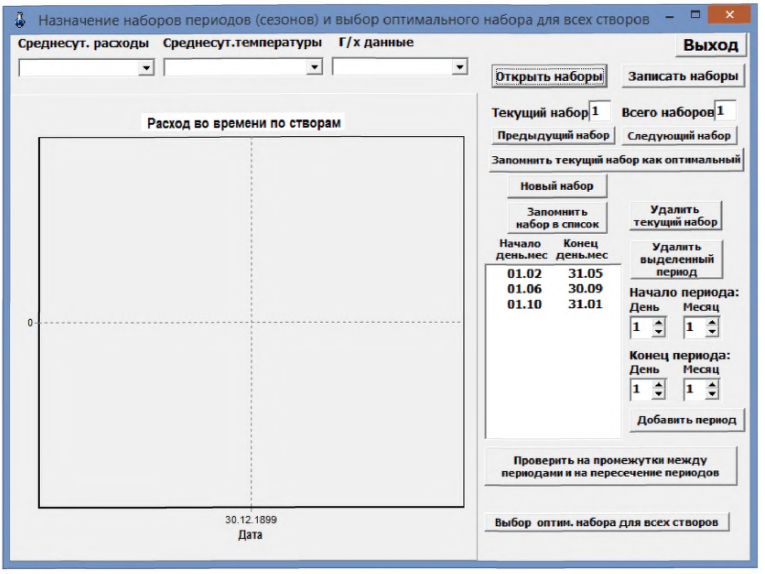


Рисунок Б.6 – Экранная форма программы для рассмотрения и выбора оптимального набора периодов (сезонов) для расчета массопереноса химического вещества по отдельным выделенным участкам реки

В правой нижней части этой формы заполняют редакционные окна ниже заголовков «*Начало периода*:», «*Конец периода:*». Конечная задача ввода информации - выделение наиболее характерных периодов (сезонов) за которые будет рассчитываться массоперенос вещества по выделенным участкам реки. Перед началом ввода набора периодов (сезонов) года обязательно нажимают кнопку «*Новый набор*». Сроки назначенных характерных периодов (сезонов) годового цикла не должны совпадать. Кнопка «*Добавить период*» служит для ввода назначенных границ очередного периода (сезона) в редакционное окно.

Ошибочный период в редакционном окне после выделения его курсором может быть удален кнопкой «*Удалить выделенный период*».

Внесенный набор периодов (сезонов) запоминают нажатием кнопки «*Запомнить набор в список*». Число вариантов наборов периодов (сезонов) не ограничено. Обязательным условием является наличие в каждом периоде не менее трех наблюдений. Все наборы периодов можно запомнить на «жестком» диске в соответствующей папке нажав кнопку «*Записать наборы*». Имя файла должно быть с расширением «*.sez». Если на «жестком» диске уже имеется в записи набор периодов (сезонов), то его можно открыть для работы в программе, нажав кнопку «*Открыть наборы*» и выбрав на «жестком» диске, ранее сформированный нужный файл с расширением «*.sez».

Если периоды (сезоны) представлены одним набором, то для продолжения работы этот набор, представленный в редакционном окне, принимают за оптимальный, нажав кнопку «*Запомнить текущий набор как оптималь-*

ный». Если введено несколько наборов периодов (сезонов), то для выбора наиболее оптимального из них нажимают кнопку «*Выбор оптим. набора для всех створов*».

В рассматриваемой экранной форме на точечном графике визуально можно оценить изменения во времени концентраций рассматриваемого вещества и среднесуточных расходов воды по каждому выделяемому участку реки, используя окна «*среднесуточные расходы*», «*Г/х данные*». Также можно рассмотреть на одном графике изменение во времени совмещенных гидрохимических данных (концентраций химического вещества) по всем створам. На рисунке Б.7 представлен пример графического представления по запросу временного ряда среднесуточных расходов в заданном створе. Для выхода из экранной формы нажимают кнопку «*Выход*».

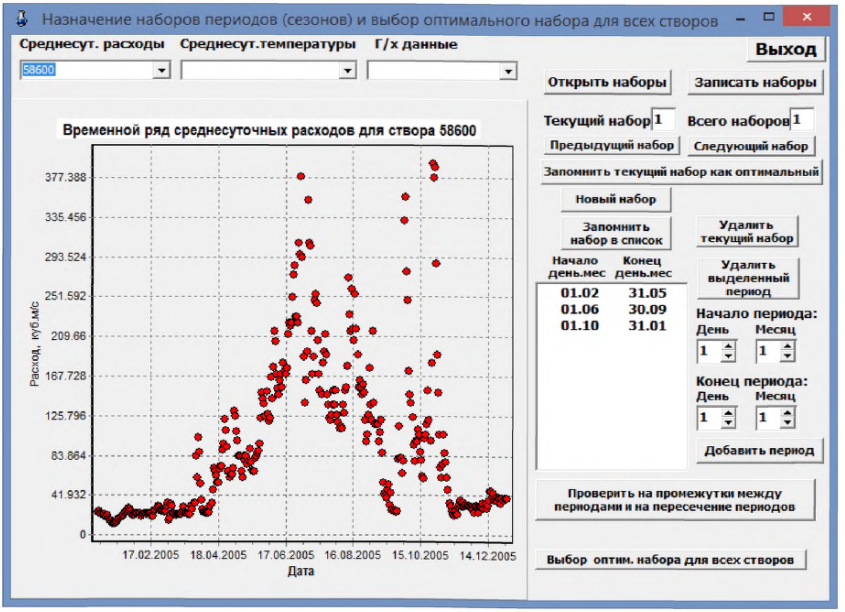


Рисунок Б.7 – Пример графического представления на экранной форме программы временного ряда среднесуточных расходов в створе с кодом 25700

Б.2.4 Для ввода информации о водном стоке следует снова вернуться в главную экранную форму. На ней в левом окне «*Коды участков*» курсором активируют код первого участка и нажимают кнопку «*Показать участок*». В открывшемся окне в нижней части (см. рисунок Б.4) нажимают кнопку «*Взять сезоны из их оптимального набора»,* затем кнопку *«Взять расход и сток из ежесуточных расходов»*. При этом для данного участка автоматически будет введен набор сезонов и в текущий сезон - данные по водному стоку, дополнительно «вручную» в соответствующее редакционное окно вводится максимальная скорость течения воды для текущего сезона. Далее обязательно

нажимается кнопка «*Запомнить параметры текущего сезона*». Затем в окне «*Текущий сезон*», используя точку-стрелку, переходят к следующему сезону и вышеуказанным способом вносят данные о среднесуточном расходе, водном стоке и примерной максимальной скорости течения в рассматриваемом очередном периоде (сезоне), затем обязательно нажимают кнопку «*Запомнить параметры текущего сезона*».

После введения данных на рассматриваемом участке по всем сезонам дополнительно обязательно нажимают кнопку «*Запомнить участок*».

Для перехода к следующему участку реки в верхней части экранной формы нажимают кнопку «*След*» и всю вышеприведенную процедуру повторяют для следующего речного участка. После введения всей информацию по участкам реки наживают кнопку «Выход».

Если требуется внести информацию о среднесуточных расходах и водном стоке за выделенные периоды (сезоны) «вручную» (подготовленные гидрологические данные в таблице Excel отсутствуют), то для ввода требуемой исходной информации по выделенным участкам реки в главной экранной форме в позиции «*Участки*» в окне «*Коды участков*» курсором выделяют первый рассматриваемый участок реки и нажимают кнопку «*Показать участок*». Далее нажимают кнопку «*Взять сезоны из их оптимального набора*». Затем по текущему сезону (сроки его указаны в окне с таким же названием) «вручную» вводят данные о среднесуточном расходе, водном стоке и примерной максимальной скорости течения, соответствующей среднему расходу воды за рассматриваемый период (сезон) и нажимают кнопку «*Запомнить параметры текущего сезона*». Далее переходят к следующему текущему сезону с помощью кнопки стрелки «вручную» вводят данные о среднесуточном расходе, водном стоке и примерной максимальной скорости течения, нажимают кнопку «*Запомнить параметры текущего сезона*». После внесения информации по всем текущим сезонам обязательно нажимают кнопку «*Запомнить участок*» и переходят к следующему участку, нажав кнопку «След».

По окончанию ввода информации по всем выделенным речным участкам для запоминания ее на «жестком» диске на главной экранной в позиции «*Участки*» активируют раздел «*Записать в файл список участков*». Новое имя файла, но уже с полной информацией по всем выделенным речным участкам записывают с расширением «**.are*». При наличии ранее подготовленного такого файла с информацией по участкам его можно использовать для работы в программе. Для нахождения его на «жестком» диске нажимают кнопку «*Открыть файл со списком участков*». В открывшемся окне Windows, в соответствующем каталоге выбирается нужный файл с расширением «**.are*».

Б.2.5 Для просмотра на графике и таблице введенных данных курсором активируют рассматриваемый створ (код створа) в окне «*Г/х данные по створам*» с последующем выбором рассматриваемого периода (сезона) годового цикла. В соответствии с выбранной функцией «*Врем.ряд*» или «*Конц.расход*» на графике главной экранной формы появляются графики изменения концентраций химического вещества в зависимости от времени или от изменения расхода воды. Если на графиках обнаруживаются аномальные значения (отскоки) измеренных концентраций вещества, то их желательно удалить из расчета. Для этого нажимают кнопку «*Редактиров. створ*» и в появившейся таблице вносят необходимые коррективы по концентрации химического вещества

(исправляют значения концентрации или удаляют пробу, нажав кнопку «*Удалить пробу*»). Запоминание исправления фиксируют на клавиатуре клавишей «*Enter*». Важность указанной процедуры корректировки информации связана с тем, что для расчета массопереноса рассчитанные по факту значения по выносу вещества в контрольных створах являются опорной информацией. Чем меньше погрешность выноса химического вещества в контрольных створах, тем точнее будут расчетные характеристики массопереноса по длине выделенных речных участков.

Б.2.6 Для расчета фактического массопереноса химического вещества через все контрольные замыкающие створы речных участков на главной экранной форме в горизонтальном меню активируют позицию «*Выполнить*» и в ней выбирают раздел «*Расчет выноса по фактическим данным*». Возникающие промежуточные экранные формы по каждому контрольному створу и по каждому периоду (сезону) используют для выбора метода последующего расчета величины погрешности получаемых значений выноса. Если в сечении контрольного створа отбиралась сливная проба воды, то в окне вопроса о сливной пробе (код рассматриваемого створа и сезон указаны в верхней части окна) нажимается кнопка «*ОК*» и далее записывают значение примерной погрешности средней концентрации химического вещества в сечении реки при использовании отбора воды в виде сливной пробы. Если в сечении контрольного створа сливная проба воды не отбиралась, то нажимают кнопку «*Отмена*» (число запросов и нажатий кнопки «*Отмена*» равно числу створов с соответствующими назначенными периодами в каждом из них).

Для получения промежуточных материалов и графиков рассчитанных значений выноса на главной экранной форме программы в окне «*Выбор сезона или всех сезонов*» точкой-стрелкой выбирают для расчета выноса период времени годового цикла и затем курсором ставят точку в позиции «*Вынос по факту*». При этом в окне главной экранной формы появляется график-гистограмма значений фактического массопереноса через контрольные створы выделенных участков реки. Варианты рассчитанных значений массопереноса химического вещества можно посмотреть на графике, используя сервисную визуализацию (курсором ставятся галочки в определенном варианте просмотра графика). Текстовый отчет результатов расчета фактического массопереноса химического вещества за зафиксированный на главной экранной форме период (сезон) через все контрольные замыкающие створы речных участков можно открыть для просмотра в позиции «*Отчеты*» на главной экранной форме активировав курсором раздел «*Фактический массоперенос в-ва через контрольные створы реки*». Появившиеся отчетные материалы можно редактировать, в т.ч. внести наименование контрольных створов, а затем записать откорректированные материалы на «жесткий» диск, для дальнейшего использования.

Если работу по рассматриваемой модели предполагается продолжить, то целесообразно записать отчетные материалы на «жесткий» диск после решения задачи построения продольного профиля массопереноса по участкам реки (наименование контрольных створов в этом случае будет автоматически включено в отчетные таблицы).

Б.2.7 Следующая процедура внесения исходных данных – это внесение в программу информации по источникам химического вещества.

Для этого на главной экранной форме активируют позицию «*Источники вещества*», а в подменю выбирают раздел «*Ввод данных, просмотр-корректировка*». В появившейся экранной форме нажимают кнопку «*Ввести контрольные створы как фоновые для участков*». При этом на экранной форме появляются данные по первому фоновому створу. В редакционном окне «*Наименование источника в-ва*» рекомендуется ввести точное наименование фонового створа и запомнить его нажав кнопку «*Запомнить источник в-ва*». В редакционном окне «*Текущий источник в-ва*» используя стрелку–кнопку можно открыть следующий фоновый створ и также как в предыдущем случае дать ему название в редакционном окне «*Наименование источника в-ва*» и запомнить его нажав кнопку «*Запомнить источник в-ва*». Таким образом поступают со всеми остальными фоновыми створами. Далее приступают к вводу информации по притокам. Для этого обязательно нажимают кнопку «*Новый источник в-ва*» и в свободные редакционные окна вводят информацию по очередному притоку: в разделе «*Тип источника*» курсором ставят точку в пункте «*Приток*», в окне «*Код источника в-ва*» вводят код притока, в окне «*Наименование источника в-ва*» записывают наименование притока. При внесении кода источника необходимо соблюдать условие, чтобы расстояние от устья реки до створа источника не совпадало с расстоянием до контрольного створа выделенного участка реки (следует назначать это расстояние хотя бы не менее чем на 10 м ниже контрольного створа). В нижней половине окна нажимают кнопку «*Взять сезоны из их оптимального набора. Уже существующие будут удалены*». При этом автоматически будут введены характеристики, касающиеся сроков назначенных сезонов. Далее по первому сезону вводят данные по водному стоку, среднюю концентрацию вещества за рассматриваемый сезон и соответствующий средней за сезон температуре суммарный коэффициент самоочищения по таблице 2. Введенные данные по текущему сезону запоминают, нажав кнопку «*Запомнить текущий сезон*». Для ввода данных за следующий сезон в окне «*Текущий сезон*» нажимают стрелку-кнопку и курсором активируют следующий сезон. В соответствующие редакционные окна вносят данные по водному стоку, средней концентрации вещества за рассматриваемый сезон и соответствующий средней за сезон температуре коэффициент самоочищения. Введенные данные по текущему сезону запоминают, нажав кнопку «*Запомнить текущий сезон*». Аналогично вводят данные по следующему текущему сезону.

После ввода данных по всем сезонам нажимают кнопку «*Запомнить источник в-ва*».

Ввод данных по следующему притоку начинают с нажатия кнопки «*Новый источник в-ва*». Последующие операции выполняют аналогично указанному для первого притока.

Б.2.8 Ввод данных по сточным водам не отличается от операции, приведенной для притоков. Отличие заключается в отметке «*Тип источника*» (отметка делается в позиции «*Выпуск сточных вод*») и возможным введением значения в позицию «*Время задержки самоочищения*» при наличии в сточных водах токсических веществ, способных задерживать начало процесса окисления рассматриваемого органического химического вещества.

Если на реке имеются наблюдаемые сосредоточенные заборы воды, то их условно относят к сточным водам с аналогичным заполнением редакцион-

ных окон, но «*Сток источника в-ва*» (расход забираемой воды) записывают со знаком минус.

После введения данных по всем источникам рассматриваемого вещества на рассматриваемой экранной форме нажимают кнопку «*Выход*». Для запоминания введенной информации на «жестком» диске на главной экранной форме в позиции «*Источники вещества*», в подменю активируют раздел «*Записать в файл список источников в-ва».* Имя записываемого файла должно иметь расширение *«*.ist».*

При наличии записанной на «жестком» диске информации по источникам вещества ввод ее в программу осуществляется через активацию раздела «*Открыть файл с источниками в-ва*» в позиции главной экранной формы «*Источники загрязнения*». Нужный файл расширением *«*.ist* выбирается в открывшемся окне Windows.

Б.2.9 Для выполнения следующей операции активируют на главной экранной форме позицию «*Расчетные створы*». В появившейся форме нажимают кнопку «*Добавить створы источников в-ва*». При этом в левом окне экранной формы автоматически появляется список всех введенных в расчет источников вещества (признаком «6» помечены условные контрольные створы, по которым на выходе будет представлена отчетная информация по значениям массопереноса).

В целях графического представления значений массопереноса по длине выделенных участков реки требуется дополнительно добавить промежуточные расчетные створы. Для этого нажимают кнопку «*Добавить расчетные створы*». В появившемся окне указывают расстояние между промежуточными расчетными створами в метрах (не менее 10 м). Выбор расстояния фиксируется кнопкой *«Запомнить».* От выбора расстояния между промежуточными створами зависит продолжительность заданного расчета массопереноса рассматриваемого вещества по длине реки (оптимальным является выбор расстояния 200-500 м; перед продолжением работы после нажатия кнопки «*Добавить расчетные створы*» следует дождаться, когда в окне экранной формы появятся обозначения дополнительных расчетных створов).

На экранной форме имеется еще ряд сервисных кнопок, функция которых соответствует наименованию кнопок:

- «*Добавить створ с этими данными*»;
- «*Запомнить выделенный створ после его корректировки*»;
- «*Удалить выделенный створ*»;
- «*Удалить все створы*»;
- «*Записать в файл данные створы*» (имя створа записывается на «жестком» диске с расширением «*.*stv*»; могут быть записаны все створы или выборочная часть из них);
- «*Считать из файла данные створов*».

Выход из экранной формы выполняется нажатием кнопки «*Выход*».

Б.2.10 Далее осуществляют переход к запуску расчетов с использованием программного обеспечения.

Для расчета фактического массопереноса химического вещества через все контрольные замыкающие створы речных участков на главной экранной форме в горизонтальном меню активируют позицию «*Выполнить*» и в ней выбирают раздел «*Расчет выноса по фактическим данным*» (о дальнейшей

процедуре данного расчета и получаемых результатах данного расчета указано в Б.2.6).

Для проведения программного расчета массопереноса вещества по длине участков реки в окне «*Выбор сезона или всех сезонов*» с помощью стрелки-кнопки делается выбор массопереноса за рассматриваемый сезон или суммарно за все сезоны. Далее в горизонтальном меню активируют позицию «*Выполнить*» и в ней выбирают раздел «*Расчет массопереноса по реке*» (в зависимости от количества назначенных расчётных створов зависит продолжительность программного расчета). Курсором ставится точка в позиции «*Вынос по расч.*».

Результат программного расчета представляется в виде графика изменения значений массопереноса вещества по длине реки. Чтобы получить подробные отчеты по результатам расчета массопереноса химического вещества по длине реки нужно в главной экранной форме перейти в позицию главного меню «*Отчеты*» и выбрать там один из видов и отчетных материалов:

- «*Результаты расчета массопереноса в-ва по длине реки*»;
- «*Доля участия составляющих в массопереносе в-ва по выделенной части реки в целом*»;
- «*Доля участия составляющих в массопереносе в-ва по речным участкам*»;
- «*Коэффициенты, характеризующие изменение содержания в-ва по участкам реки*».

Появляющиеся на экране отчетные материалы можно корректировать, исходя из запросов потребителей, и затем записывать на «жесткий» диск для дальнейшего использования. При оформлении отчетных материалов в виде таблицы следует воспользоваться сервисом конструктора в среде «Word».

Б.2.11 Решение задачи по определению ДПХВ на выделенном речном участке можно выполнять как для текущего года так и для расчетного маловодного года 95 % обеспеченности на основе соответствующих подготовленных исходных данных для этих годовых периодов.

При расчете ДПХВ для текущего года на основной экранной форме в горизонтальном меню активируют позицию «*Выполнить*» и в ней курсором выбирают раздел «*Определение допустимого привноса вещества по участкам реки*», запускающий расчет ДПХВ.

Чтобы получить подробный отчет по результатам расчета ДПХВ по длине реки нужно в главной экранной форме перейти в позицию главного меню «*Отчеты*» и выбрать там курсором раздел «*Допустимый привнос вещества по участкам реки и сезонам*». При необходимости отчет в виде таблицы запоминают на «жестком» диске в виде отдельного файла.

Б.2.12 В случае расчета ДПХВ для маловодного года 95 % обеспеченности в исходной информации требуется наличие сведений о среднесуточных расходах воды для рассматриваемых контрольных створов в формате Excel, аналогично вышеуказанному для текущего года, а также информация по водному стоку и средних расходах воды по включаемым в расчет притокам первого порядка за выделенные для расчета массопереноса периоды (сезоны) в текущем году (по сточным водам обычно принимают условие о неизменности их фактического сброса в текущем и маловодном году).

Предварительно в рамках окончания работы с информацией текущего года выполняют следующие операции.

После полного расчета массопереноса по участкам реки для текущего года для рассматриваемой задачи следует иметь, а при отсутствии дополнительно запомнить на жестком диске:

- выделенные на реке участки (имя файла с расширением «*.are»);
- источники поступления вещества на участки реки (притоки, сточные воды (имя файла с расширением «*.ist»);
- оптимальный набор сезонов (имя файла с расширением «*.sez»).

В позиции «*Выполнить*» на главной экранной форме активируют раздел «*Получить уравнения связи расход-концентрация для текущего года*». Полученный текстовый файл запоминают на «жестком» диске с именем, имеющим расширение «*.krl».

Работу для маловодного года начинают с нового запуска программы «PerenosXV.exe».

В раздел программы «*Общая*» в редакционные окна вводят требуемую информацию. В качестве года загрузки данных указывают маловодный год 95 % обеспеченности. Для выхода из данной экранной формы нажимают на кнопку «*Выход*».

На следующем шаге на главной экранной форме нажимают кнопку «*Наборы сезонов. Выбор оптимального набора*» и далее кнопку «*Открыть наборы*». В соответствующем окне Windows находят и затем вводят в память программы нужный файл с оптимальным набором сезонов с расширением *«*.sez».* Для того, чтобы подтвердить, что скопирован оптимальный набор сезонов, нажимают кнопку «*Запомнить текущий набор как оптимальный*».

В позиции главного меню «*Участки*» активируют раздел «*Открыть файл со списком участков*» и в соответствующем окне Windows находят нужный файл со списком участков с расширением *«*.are*».

Далее вначале в позиции главной экранной формы «*Выполнить*» используют раздел «*Считать уравнения связи расход-концентрация для маловодного года*». В соответствующем окне Windows находят файл с расширением (**.krl*) и загружают его в программу. При этом для маловодного года автоматически будут рассчитаны средние концентрации химического вещества и массоперенос для всех сезонов и всех участков. В процессе считывания (копирования) назначенного файла с расширением (**.krl*) возможно будет появляться форма с данными о коде контрольного створа и соответствующем сезоне с целью возможности уточнения средней концентрации для случаев, когда достоверная зависимость концентраций вещества от расхода речной воды отсутствует (в данном случае автоматически считывается из файла концентрация химического вещества, полученная ранее для текущего года). Если у пользователя имеется более представительная информация о концентрации химического вещества для учитываемого расхода речной воды в маловодном году, то автоматически представленную в промежуточной экранной форме концентрацию вещества следует заменить.

Следующая процедура заключается во введении в память программы среднесуточных расходов воды за маловодный год по всем контрольным створам. Для этого поступают аналогично указанному в Б.2.2 по текущему году. После введения гидрологических данных по всем створам водпостов в по-

зиции главного меню «*Фактич.Г/х данные*» обязательно активируют раздел «*Сортировать массив среднесуточных расходов.*

Далее гидрологическую информацию вводят по очереди во все выделенные участки. Для этого в крайнем левом окне главной экранной формы активируют первый рассматриваемый участок реки и нажимают кнопку *«Показать участок».* В открывшейся экранной форме нажимают кнопку «*Взять сезоны из их оптимального набора*». На экранной форме в редакционных окнах текущего сезона появятся характеристики первого сезона. Если в памяти программы имеется (была введена) информация по среднесуточным расходам за маловодный год по всем контрольным створам, то гидрологические данные вводят обычным для программы способом – считывают гидрологическую информацию из файлов нажатием кнопки «*Взять расход и сток из ежедневных расходов*». При этом автоматически заполняются соответствующие поля текущего участка за рассматриваемый сезон. Дополнительно для данного сезона следует внести примерную максимальную скорость течения речной воды, соответствующую расчетному расходу реки в маловодный год. При необходимости могут быть скорректированы и другие характеристики, в которых значения приведены по умолчанию, кроме коэффициента скорости самоочищения и поправочного для него коэффициента (последние данные корректируется в процессе работы программы).

Если подготовленная информация о среднесуточных расходах воды в среде Excel отсутствует, то данные для полей среднего за сезон расхода и водного стока вводят непосредственно с дисплея «вручную».

По окончанию ввода указанной гидрологической информации по рассматриваемому сезону обязательно нажимают кнопку «*Запомнить параметры текущего сезона*». Затем с помощью стрелки- кнопки переходят к следующему текущему сезону. В появившейся экранной форме следует нажать только кнопку «*Взять расход и сток из ежедневных расходов*» и внести требуемую дополнительную информацию. После ввода информации по рассматриваемому сезону также обязательно нажимают кнопку «*Запомнить параметры текущего сезона*». После внесения информации аналогичным образом на рассматриваемом участке реки по всем выделенным сезонам обязательно дополнительно нажимают кнопку «*Запомнить участок*». Нажав кнопку «*След.*», переходят к следующему речному участку и повторяют процедуру, указанную для первого участка.

После ввода всей необходимой гидрологической информацией по маловодному году переходят к определению средних концентраций и массопереноса по всем сезонам для всех выделенных участков реки. Для данного расчета и получения материалов и графиков рассчитанных значений массопереноса в маловодном году для контрольных створов достаточно на главной экранной форме программы в окне «*Выбор сезона или всех сезонов*» точкой-стрелкой выбирать для расчета выноса период (сезон) времени годового цикла и затем курсором поставить точку в позиции «*Вынос по факту*». При этом в окне главной экранной формы появляется график-гистограмма значений массопереноса через контрольные створы выделенных участков реки в маловодном году. Варианты рассчитанных значений массопереноса вещества можно посмотреть на графике, используя сервисную визуализацию (курсором ставятся или оставляется галочка в определенном варианте просмотра гра-

фика). Текстовый отчет результатов расчета фактического массопереноса вещества за зафиксированный на главной экранной форме период (сезон) через все контрольные замыкающие створы речных участков можно открыть для просмотра в позиции «*Отчеты*» на главной экранной форме активировав курсором раздел «*Фактический массоперенос в-ва через контрольные створы реки*». Появившиеся отчетные материалы можно редактировать, в т.ч. внести наименование контрольных створов, а затем записать откорректированные материалы на «жесткий» диск, для дальнейшего использования.

Далее переходят к введению в программу информации об источниках вещества. Для этого в позиции «*Источники вещества*» на главной экранной форме активируют раздел «*Открыть файл с источниками вещества*», в соответствующем окне Windows находят файл с расширением (*.ist) и загружают его в программу (при этом в окне «*Источники вещества*» появится перечень введенных источников). Поскольку в фоновых створах представлена (осталась) информация по текущему году эти створы следует изъять из введенного перечня источников вещества. Для осуществления этой процедуры в окне «*Источники вещества*» выделяют курсором первый фоновый створ и нажимают на копку «*Показать источники в-ва*». В появившейся экранной форме в верхней ее половине нажимают кнопку «*Удалить источник в-ва*». Затем в правом верхнем углу экранной формы в окне «*Текущий источник в-ва*» снова нажимают кнопку-стрелку. В появившемся перечне источников вещества находят очередной фоновый створ и активируют его курсором. В появившейся экранной форме, как и в вышеуказанном случае нажимают кнопку «*Удалить источник в-ва*». Затем вновь открывают список источников вещества и удаляют следующий очередной фоновый створ. Последним удаляют замыкающий контрольный створ и для выхода из экранной формы нажимают кнопку «*Выход*».

Для введения в программу фоновых створов с откорректированной информацией для маловодного года на главной экранной форме в позиции «*Источники вещества*» активируют раздел «*Ввод данных, просмотр-корректировка*». В появившейся экранной форме нажимают кнопку «*Ввести контрольные створы как фоновые для участков*». При этом в правом окне главной экранной форме «*Источники вещества*» в перечне источников вещества появляются фоновые створы, с откорректированной информацией для маловодного года. Активировав обозначение первого фонового створа, нажимают кнопку «*Показать источники в-ва*». В появившейся экранной форме с данными по первому фоновому створу вносят точное наименование фонового створа и для запоминания нажимают кнопку «*Запомнить источник в-ва*». Пользуясь кнопкой-стрелкой в правом верхнем углу экранной формы в окне «*Текущий источник в-ва*», находят другие фоновые створы, дают им точное наименование и запоминают.

Далее переходят к корректировке (замене) данных по притокам первого порядка с целью приведения их в соответствие с данными для маловодного года. Для этого, активировав обозначение первого притока, нажимают кнопку «*Показать источники в-ва*». В появившейся экранной форме с данными по первому притоку по очереди посезонно вносят уточненные данные по водному стоку в редакционное окно «*Сток источника в-ва*» и концентрации рассматриваемого вещества в окно «*Концентрация в-ва*», соответствующие ма-

ловодному году. После уточнения данных в рассматриваемом сезоне нажимают кнопку «*Запомнить текущий сезон*» и переходят к следующему сезону. Для запоминания всей посезонно внесенной информации по притоку нажимают кнопку «*Запомнить источник в-ва*». Пользуясь кнопкой-стрелкой в правом верхнем углу экранной формы в окне «*Текущий источник в-ва*», находят другие притоки первого порядка и таким же образом посезонно корректируют данные по водному стоку и концентрации химического вещества. При необходимости для маловодного года в аналогичном порядке могут быть откорректированы исходные данные для сточных вод (по умолчанию в расчет будут введены данные по сточным водам текущего года).

По окончании ввода и корректировки данных по источникам химического вещества нажимают кнопку «*Выход*». На этом ввод исходной информации в программу для маловодного года заканчивают. Для запоминания откорректированной информации по источникам вещества для маловодного года на «жестком» диске на главной экранной форме в позиции «*Источники вещества*», в подменю активируют раздел «*Записать в файл список источников в-ва».* Имя записываемого файла должно иметь расширение *«*.ist».*

Далее, переходят в главном меню к позиции «*Расчетные створы*». В открывшейся экранной форме нажимают кнопку «*Добавить створы источников в-ва*». Затем нажимают кнопку «*Добавить расчётные створы*» и в открывшееся окне вводят расстояние между расчетными створами (например, 300 м) и нажимают кнопку «*Запомнить*». Для выхода из экранной формы нажимают кнопку «*Выход*».

Задействуя в меню на главной экранной форме позицию «*Выполнить*», для маловодного года можно осуществить следующие программные операции:

- «*Расчет массопереноса вещества по реке*» (поставив точку в операции «*Вынос по расч.*» и выбрав нужный сезон, можно просматривать графики изменения массопереноса по длине реки);

- «*Определение допустимого привноса вещества по участкам реки*».

Все формы отчетных материалов для маловодного года, как и для текущего года, можно получить, задействуя соответствующие разделы в позиции главного меню «*Отчеты*».

Для рассмотрения подробного отчета по результатам расчета ДПХВ по длине реки следует в позиции главного меню «*Отчеты*» выбрать курсором раздел «*Допустимый привнос вещества по участкам реки и сезонам»* (пример формы представления отчетного материала показан в таблице 2). При необходимости данный отчетный материал можно запомнить на «жестком» диске в виде отдельного файла.

Приложение В
(обязательное)

Инструкция по использованию программы «ГХМ-устье» для проведения ориентировочной оценки влияния дельты или эстуария реки на массоперенос химического вещества в устье реки

В.1 Общие сведения о программе

Программа «ГХМ-устье» разработана в соответствии с положениями настоящих рекомендаций в среде Borland Delphi 7 и может работать под управлением операционной системы Windows версий 7, 8 и 10.

Программа предназначена для проведения ориентировочная оценки влияния дельты или эстуария реки на массоперенос химического вещества с пресным водным стоком в устье реки.

Рекомендуется создать ярлык на рабочем столе для удобного запуска программы для работы. Создание ярлыка выполняется стандартными действиями работы в Windows.

В.2 Основные операции, выполняемые в программном комплексе

В.2.1 Запуск программы «ГХМ-устье.exe» сопровождается появлением на мониторе главной экранной формы, представленной на рисунке В.1.

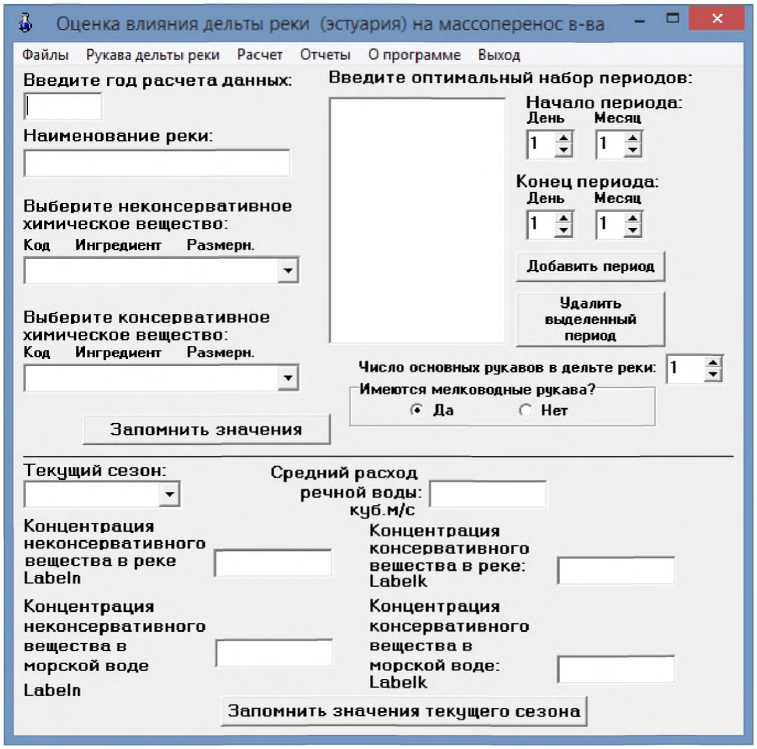


Рисунок В.1 – Главная экранная форма программы

В основном горизонтальном меню главной экранной формы для ввода информации и выполнения расчетов имеются следующие позиции:

- «*Файлы*» для запоминания введенных в программу исходных данных или открытия ранее заготовленного файла с исходными данными для их просмотра и корректировки;
- «*Рукава дельты реки*» для ввода необходимой для расчета информации по эстуарию или рукавам дельты реки;
- «*Расчет*» для запуска расчета по программе.
- «*Отчеты*» для формирования документов в MS Word с целью возможности рассмотрения и печати результатов расчета.

Кнопка «*Выход*» предназначена для выхода из программы.

В.2.2 Ввод исходной для расчета информации для реки в устьевом замыкающем контрольном створе и для морской воды вне зоны влияния реки начинают с заполнения редакционных окон в левой верхней части главной экранной формы.

Вначале вводят год расчёта данных и наименования реки.

Далее выполняют выбор неконсервативного химического вещества для расчета. Для этого нажимают кнопку-стрелку в соответствующем окне экранной формы и в появившейся таблице выбирают требуемое неконсервативное вещество. Затем в нижерасположенном редакционном окне таким же образом выбирают консервативное химическое вещество, используемое в качестве индикатора смешения морских и речных вод.

В правом окне на главной экранной форме вводят данные периода или набора периодов, для которых будет выполняться ориентировочная оценка влияния дельты или эстуария реки на массоперенос химического вещества с пресным водным стоком в устье реки. Для этого заполняют редакционные окна ниже заголовков «*Начало периода*», «*Конец периода*». Кнопка «*Добавить период*» служит для ввода назначенных границ очередного периода (сезона) в редакционное окно. Сроки назначенных периодов годового цикла не должны совпадать. Если сезоны не выделены, то назначенным периодом может быть рассматриваемый год в целом, параметры которого (1.01 – 31.12) вводятся вышеописанным способом.

Ошибочный период после выделения его курсором может быть удален из редакционного окна кнопкой «*Удалить выделенный период*».

В разделе «*Число основных рукавов*», используя кнопку-стрелку устанавливают их количество. В случае эстуария в редакционном окне оставляется указанная по умолчанию единица. На вопрос «*Имеются мелководные рукава?*» курсором ставят точку в соответствующем ответе на данный вопрос: «*Да*» или «*Нет*». В случае эстуария, так как рукава не рассматриваются, на вопрос отвечают «*Нет*».

Для запоминания введенной части информации обязательно нажимают кнопку «*Запомнить значения*». При этом, в среде программы, на основе введенной информации, образуются все необходимые структуры для ввода остальных данных. Также образуется структура требуемого размера и количества элементов для ввода и сохранения данных по рукавам, опираясь на

введенное число основных рукавов в дельте реки и наличие или отсутствие мелководных рукавов.

Далее переходят к вводу данных в нижней части главной экранной формы. Используя кнопку-стрелку и курсор, выбирают первый рассматриваемый сезон (в случае рассмотрения года в целом он будет единственным, но запоминать его нужно обязательно). Затем вводят в соответствующие редакционные окна:

- значение среднего за рассматриваемый период расхода воды в контрольном замыкающем створе реки;
- среднюю за рассматриваемый период концентрацию неконсервативного химического вещества в контрольном замыкающем створе реки и среднюю за рассматриваемый период концентрацию этого вещества в морской воде вне зоны влияния реки;
- среднюю за рассматриваемый период концентрацию консервативного (индикаторного) химического вещества в контрольном замыкающем створе реки и среднюю за рассматриваемый период концентрацию этого вещества в морской воде вне зоны влияния реки.

Для запоминания введенной информации обязательно нажимают кнопку «*Запомнить значения текущего сезона*».

Далее, пользуясь в окне «*Текущий сезон*» стрелкой–кнопкой, переходят к следующему очередному сезону (при его наличии). Ввод информации в очередном сезоне выполняют аналогично предыдущему, заканчивая ввод нажатием кнопки «*Запомнить значения текущего сезона*».

После ввода данных по всем сезонам переходят на следующую экранную форму, активируя в меню на главной экранной форме позицию «*Рукава дельты реки*». В открывшейся экранной форме в окне «*Выбор рукава дельты*» стрелкой-кнопкой выбирают первый основной рукав дельты (для эстуария он будет единственным, но запоминать его нужно обязательно). Затем в окне «*Выбор периода*» выбирают первый выделенный период (сезон) для внесения информации по первому основному рукаву реки (если выделенные периоды отсутствуют, то рассматриваемый год в целом будет единственным периодом, но запоминать его нужно обязательно). По заданному периоду в соответствующие редакционные окна вносят следующую требуемую для расчета информацию:

- «*Доля расхода речной воды в рукаве дельты*»;
- «*Время добегания воды от приустьевого створа до устья рукава*»;
- «*Концентрация консервативного в-ва в устье рукава дельты*»;
- «*Концентрация неконсервативного в-ва в устье рукава дельты*».

Для запоминания введенной информации обязательно нажимают кнопку «*Запомнить значения текущего сезона*».

Далее, пользуясь в окне «*Выбор периода*» стрелкой–кнопкой, переходят к следующему очередному сезону (при его наличии). Ввод данных по очередному сезону выполняют аналогично предыдущему, заканчивая ввод нажатием кнопки «*Запомнить значения текущего сезона*».

После ввода данных по всем выделенным сезонам с помощью стрелки-кнопки в окне «*Выбор рукава дельты*» переходят ко второму основному рукаву реки, если таковой имеется. Затем в окне «*Выбор периода*» выбирают первый период (сезон) для внесения информации по второму основному рукаву

реки (если выделенные периоды отсутствуют, то рассматриваемый год в целом будет единственным периодом). По заданному периоду в соответствующие редакционные окна, как и для первого рукава, вносят необходимую для расчета информацию, запоминания ее нажатием кнопки «*Запомнить значения текущего сезона*». После ввода информации по всем основным рукавам дельты аналогичным образом вводят информацию для совокупности мелководных рукавов, если таковые имеются.

Если ввод информации по всем рукавам дельты реки закончен, то для выхода из экранной формы нажимают на кнопку «*Выход*».

В.2.3 С целью возможности повторного использования и корректировки введенной информации ее можно запомнить на «жестком» диске. Для этого на главной экранной форме активируют позицию «*Файлы*», а в ней раздел «*Записать в файл данные влияния дельты на массоперенос*». Записываемому на «жестком» диске файлу присваивают имя с расширением «**.dlt*».

В.2.4 Запуск программы для выполнения расчета осуществляют нажатием на главной экранной форме кнопки «*Запуск расчета*».

Для рассмотрения по результатам расчета отчетных материалов на главной экранной форме активируют позицию «*Отчеты*». В появившемся подменю выбирают для рассмотрения один из следующих видов отчетных материалов:

- «*Результаты расчета массопереноса за сезон по рукавам*»;
- «*Результаты расчета массопереноса для рукавов по сезонам*»;
- «*Результаты расчета коэффициентов скорости трансформации*».

Приложение Г
(справочное)

Примеры расчета массопереноса химического вещества по длине речных участков

Г.1 Пример 1

Г.1.1 Расчет массопереноса химического вещества по отдельным участкам реки для текущего года

Исходная информация для расчета массопереноса:

а) водный объект - участок реки Кубань 768-308 км от устья;

б) вещество (ингредиент) - легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$);

в) выделенные для расчета массопереноса речные участки (км от устья) - 768-706 км; 706-586 км; 586-465 км; 465-320 км; 320-308 км;

г) расчетный год - 2005.

Примечание - В примере исходные гидрохимические и гидрологические данные являются близкими к фактическим (для статистической обеспеченности добавлены данные в периодах (сезонах), изменены годы наблюдений).

Выделенные для расчета массопереноса периоды (сезоны) годового цикла:

- весенний период (02-05 месяцы);
- летний период (06-09 месяцы);
- осенне-зимний период (10-01 месяцы).

Прилагаемая информация (фактические результаты наблюдений):

- результаты гидрохимических наблюдений за 2005 год в виде таблицы в среде Excel, подготовленные по специальной форме (количество наблюдений в контрольных створах реки 9-12 раз в году) записаны на «жестком» диске в виде файла с именем «*Гидрохимия. Река Кубань 2005 г. концентрации БПК, железа общего по сезонам.xls*»;

- результаты гидрологических наблюдений за 2005 год (ежедневные среднесуточные расходы воды в створах наблюдения записаны на «жестком» диске в виде файлов с наименованиями: «*Среднесут.расходы. 768 км (ст. Усть-Джигутинская).xls*»; «*Среднесут.расходы. 706 км (х. Дегтяревский). xls*» и т.д.

Результаты наблюдений за источниками рассматриваемого вещества по выделенным речным участкам, а также примерная максимальная скорость течения на участках реки, соответствующая среднему за выделенный период (сезон) расходу воды, представлены на рисунках Г.1 – Г.3.

Для ввода в программу «PerenosXV» исходной первичной информации в горизонтальном меню выбирают позицию «*Общая*» и в открывшейся экранной форме в редакционные окна вводят требуемые по Кубани общие сведения. Пример заполненной формы показан на рисунке Б.2 (см. приложение Б).

Источники вещества (ингредиента) на р. Кубань

Вещество (ингредиент): $БПК_5$. Период (сезон): 02-05 месяцы 2005 года. Участок реки: 768-308 км

Участок р. Кубань, км	Основные притоки первого порядка	Сезонный водный сток, млн. $м^3$	Среднесезонная концентрация $БПК_5$, $мг/дм^3$	Источники сточных вод; водозаборы	Сезонный водный сток; сезонный забор воды (-), млн. $м^3$	Среднесезонная концентрация $БПК_5$, $мг/дм^3$
768-706	М.Зеленчук, 732 км	211,58	1,08	ОАО «Водоканал» г. Черкесск (758 км)	11,21	4,75
706-586	Б.Зеленчук, 701 км	402,59	0,52	МУП «Водоканал» г. Невинномысск (702 км)	0,33	7,97
	Барсучки, 674 км	157,18	1,22	ГУП «Ставропольский водоканал» (687 км)	0,24	11,47
	-			Невинномысской рыбколхоз, СПК (672км)	0,75	2,61
				Рассвет ООО Кочубеевский (671 км)	2,07	3,77
				Невинномысский канал (698 км)	-250,00	1,2
586-465	Уруп, 585,9 км	230,45	1,05	ГУП «Армавирводокомплекс» (581 км)	4,86	6,33
	-			МУП «Новокубанскжилкомтепхоз» (563 км)	0,43	5,53
				ОАО «ГИРКУБС» г. Гюлькевичи (485 км)	0,24	5,94
				МУП ЖКХ г. Гюлькевичи (480 км)	0,26	5,17
465- 320	-			МУП ПУВКХ г. Кропоткин (448 км)	1,04	6,12
320- 308	Лаба, 317 км	1109,20	1,75	ОАО «ОСК» г. Усть-Лабинск (308,5 км)	0,29	9,64

Максимальные скорости течения, соответствующие среднесезонному расходу речной воды:
х. Дягтеревский (768 км) - 0,90 м/с; с. Успенское (586 км) - 1,1 м/с; г. Кропоткин (465 км) – 0,95 м/с;
ст. Ладожская (320 км) – 1,13 м/с; г. Усть-Лабинск (308 км) - 1,1 м/с.

Рисунок Г.1 - Источники химического вещества на р. Кубань в период (сезон) 02-05 месяцы 2005 года

Источники вещества (ингредиента) на р. Кубань

Вещество (ингредиент): $БПК_5$. Период (сезон): 06-09 месяцы 2005 года. Участок реки: 768-308 км

Участок р. Кубань, км	Основные притоки первого порядка	Сезонный водный сток, млн. $м^3$	Средне-сезонная концен-трация $БПК_5$, мг/$дм^3$	Источники сточных вод; водозаборы	Сезонный водный сток; сезонный забор воды (-), млн. $м^3$	Средне-сезонная концен-трация $БПК_5$, мг/$дм^3$
768-706	М. Зеленчук, 732 км	598,66	0,47	ОАО «Водоканал» г. Черкесск (758 км)	11,21	4,75
706-586	Б. Зелен-чук, 701 км	823,78	1,33	МУП «Водоканал» г. Невинномысск (702 км)	0,33	7,97
	Барсучки, 674 км	196,47	0,54	ГУП «Ставропольский водоканал» (687 км)	0,24	11,47
	-			Невинномысской рыбколхоз, СПК (672км)	0,75	2,61
				Рассвет ООО Кочубеевский (671 км)	2,07	3,77
				Невинномысский канал (698 км)	-400,00	0,5
586-465	Уруп, 585,99 км	317,44	0,53	ГУП «Армавирводокомплекс» (581 км)	4,86	6,33
	-			МУП «Новокубанскжилкомтепхоз» (563 км)	0,43	5,53
				ОАО «ГИРКУБС» г. Гюлькевичи (485 км)	0,24	5,94
				МУП ЖКХ г. Гюлькевичи (480 км)	0,26	5,17
465- 320	-			МУП ПУВКХ г. Кропоткин (448 км)	1,04	6,12
320- 308	Лаба, 317 км	1401,52	1,44	ОАО «ОСК» г. Усть-Лабинск (308,5 км)	0,29	9,64

Максимальные скорости течения, соответствующие среднегодовому расходу речной воды:
х. Дягтеревский (768 км) - 1.5 м/с; с. Успенское (586 км) - 2.0 м/с; г. Кропоткин (465км) - 1.3 м/с;
ст. Ладожская (320 км) - 1.0 м/с; г. Усть-Лабинск (308 км) - 1,13 м/с.

Рисунок Г.2 - Источники химического вещества на р. Кубань в период (сезон) 06-09 месяцы 2005 года

Источники вещества (ингредиента) на р. Кубань

Вещество (ингредиент): $БПК_5$. Период (сезон): 10-01 месяцы 2005 года. Участок реки: 768-308 км

Участок р. Кубань, км	Основные притоки первого порядка	Сезонный водный сток, млн. $м^3$	Средне-сезонная концен-трация $БПК_5$, мг/$дм^3$	Источники сточных вод; водозаборы	Сезонный водный сток; сезонный забор воды (-), млн. $м^3$	Средне-сезонная концен-трация $БПК_5$, мг/$дм^3$
768-706	М. Зеленчук, 732 км	204,54	1,21	ОАО «Водоканал» г. Черкесск (758 км)	11,21	4,75
706-586	Б. Зелен-чук, 701 км	344,55	0,53	МУП «Водоканал» г. Невинномысск (702 км)	0,33	7,97
	Барсучки, 674 км	157,17	1,65	ГУП «Ставропольский водоканал» (687 км)	0,24	11,47
	-			Невинномысской рыбколхоз, СПК (672км)	0,75	2,61
				Рассвет ООО Кочубеевский (671 км)	2.07	3,77
				Невинномысский канал (698 км)	-300,00	1,6
586-465	Уруп, 585,99 км	168,72	1,91	ГУП «Армавирводокомплекс» (581 км)	4,86	6,33
	-			МУП «Новокубанскжилкомтепхоз» (563 км)	0,43	5,53
				ОАО «ГИРКУБС» г. Гюлькевичи (485 км)	0,24	5,94
				МУП ЖКХ г. Гюлькевичи (480 км)	0,26	5,17
465- 320	-			МУП ПУВКХ г. Кропоткин (448 км)	1,04	6,12
320- 308	Лаба, 317 км	996,83	0,52	ОАО «ОСК» г. Усть-Лабинск (308,5 км)	0,29	9,64

Максимальные скорости течения, соответствующие среднегодовому расходу речной воды:
х. Дягтеревский 968 км) - 1.1 м/с; с. Успенское (586 км) - 1.2 м/с; г. Кропоткин (465 км) - 0.9 м/с;
ст. Ладожская (320 км) - 1.0 м/с; г. Усть-Лабинск (308 км) - 1.1 м/с.

Рисунок Г.3 - Источники химического вещества на р. Кубань в период (сезон) 10-01 месяцы 2005 года

Далее в горизонтальном меню активируют позицию «*Участки*» и в открывшемся подменю - раздел «*Ввод данных, просмотр-корректировка*». В верхней части появившейся экранной формы в редакционные окна в соответствии с положениями «Инструкции по использованию программы «PerenosXV» (см. приложение Б) последовательно по участкам вводят их коды (начало, окончание) (см. рисунок Г.3).

Поскольку на «жестком» диске в папке, где находится программа, есть подготовленный файл с участками р. Кубань, их можно ввести в программу, задействуя в позиции «*Участки*» раздел «*Открыть файл со списком участков*». В данном случае в открывшемся окне Windows, в соответствующем каталоге следует выбирать и затем открыть файл с именем «*Кубань, участки, исх. информация.are*». При повторных расчетах можно использовать ранее подготовленный (при первом расчете) файл с внесённой гидрологической информацией с именем «*Кубань, участки с данными по гидрологии 2005.are*».

На следующем шаге выполняют внесение в память программы исходных гидрохимических данных. Для этого в позиции главной экранной формы «*Фактич.Г/Хданные*» активируют раздел «*Открыть файл с гидрохимическими данными»* и в открывшемся окне Windows выбирают файл «*Гидрохимия. Река Кубань 2005 г. концентрации БПК по сезонам.xls*» (ввод данных происходит после нажатия кнопки «*ОК*»).

Для ввода гидрологических данных, подготовленных в таблицах в среде Excel в позиции главной экранной формы «*Фактич.Г/Хданные*» активируют раздел «*Открыть файл среднесуточных расходов*». В открывшемся окне Windows, в соответствующем каталоге (в папке, где находится программа) в соответствии с «Инструкцией по использованию программы «PerenosXV» выбирают и открывают файлы со среднесуточными расходами соответствующих водпостов. После введения гидрологических данных по всем створам водпостов в позиции главного меню «*Фактич.Г/х данные*» обязательно активируют раздел «*Сортировать массив среднесуточных расходов*». Затем здесь же активируют раздел «*Дополнить/заменить расходы в пробах*». В случае, если для ввода участков реки был использован файл с уже внесённой гидрологической информацией под именем «*Кубань, участки с данными по гидрологии 2005.are*», то вышеуказанные данные по среднесуточным расходам можно не вводить.

Далее выполняют операцию по вводу характерных для р. Кубань периодов (сезонов) в годовом цикле. Для этого на главной экранной форме нажимают кнопку «*Наборы сезонов. Выбор оптимального набора*» и в соответствии с Инструкцией по использованию программы «PerenosXV» вводят один или несколько вариантов наборов сезонов. В рассматриваемом примере для использования ранее заготовленного файла с набором сезонов с именем «*Кубань.sez*» поступают следующим образом: на рассматриваемой экранной форме нажимают кнопку «*Открыть наборы*», в открывшемся окне Windows в соответствующем каталоге (в папке, где находится программа) выбирают и открывают файл «*Кубань.sez*». Для запоминания в программе скопированного в экранную форму набора сезонов нажимают кнопку «*Запомнить текущий набор как оптимальный*» и выходят из формы, нажав кнопку «*Выход*».

Для ввода в выделенные речные участки гидрологической информации на главной экранной форме в окне «*Коды участков*» курсором активируют первый участок реки и нажимают кнопку «*Показать участок*». В открывшемся окне в нижней части (см. рисунок Г.4) нажимают кнопку «*Взять сезоны из их оптимального набора»,* затем кнопку *«Взять расход и сток из ежесуточных расходов»*. В результате в рассматриваемый участок автоматически вводится набор сезонов и данные по водному стоку. «Вручную» вводят примерное среднее значение максимальной скорости течения речной воды, характерное для текущего сезона. Далее обязательно нажимают кнопку «*Запомнить параметры текущего сезона*». Затем в окне «*Текущий сезон*», используя кнопку-стрелку, переходят к следующему сезону и, нажав кнопку *«Взять расход и сток из ежесуточных расходов»,* вносят данные по среднесуточному расходу и водном стоке; «вручную» вводят примерную среднюю максимальную скорость течения речной воды в рассматриваемом очередном периоде (сезоне) и обязательно нажимают кнопку «*Запомнить параметры текущего сезона*». После введения таким же образом данных по всем сезонам завершают ввод данных на рассматриваемом участке обязательным нажатием кнопки «*Запомнить участок*». Далее переходят к следующему участку реки нажав кнопку «След.». Операцию ввода данных по следующему участку повторяют. После ввода гидрологических данных по всем выделенным речным участкам для выхода из экранной формы нажимают кнопку «*Выход*».

Для запоминания введенной информации на «жестком» диске на главной экранной в позиции «*Участки*» активируют раздел «*Записать в файл список участков*». Новое имя файла с полной информацией по всем выделенным речным участкам записывают с расширением «*.are» (в рассматриваемом примере запоминают информацию в виде файла «*Кубань, участки с данными по гидрологии 2005.are*»). В дальнейшем при наличии ранее подготовленного такого файла с информацией по участкам его можно использовать для повторной работы с программой. При необходимости для нахождения данного файла на «жестком» диске нажимают кнопку «*Открыть файл со списком участков*». В открывшемся окне Windows, в соответствующем каталоге выбирают нужный файл с расширением «*.are».

Далее выполняют расчет фактического массопереноса химического вещества через все контрольные замыкающие створы речных участков. Для этого на главной экранной форме в горизонтальном меню активируют позицию «*Выполнить*» и в ней выбирают раздел «*Расчет выноса по фактическим данным*». В возникающих окнах с вопросом о сливной пробе нажимают кнопку «*Отмена*», поскольку сливные пробы не отбирались (число таких запросов будет равно числу створов с соответствующими назначенными периодами в каждом из них). По окончании появления указанных экранных форм с вопросами об сливных пробах появляется график-гистограмма, иллюстрирующая значения фактического выноса вещества в контрольных створах. Для получения конкретных промежуточных материалов и графиков о значениях массопереноса по рассматриваемым сезонам на главной экранной форме программы в окне «*Выбор сезона или всех сезонов*» точкой-стрелкой выбирают задаваемый для расчета выноса период времени годового цикла и затем курсором ставят точку в позиции «*Вынос по факту*». При этом в окне главной экранной формы появляется запрошенный график-гистограмма значений фактического

массопереноса через контрольные створы выделенных участков реки. В качестве примера результат расчета показан на рисунке 1. Варианты рассчитанных значений массопереноса вещества можно посмотреть на графике, используя сервисную визуализацию (курсором ставятся галочки в определенном варианте просмотра графика). Данный сервис особенно полезен, если на графике происходит наложение столбиков гистограммы при близком расположении контрольных створов (в рассматриваемом примере такая ситуация наблюдается в связи с близким расположением контрольных створов с кодами 32000 и 30800).

Следующая операция заключается в вводе в программу источников вещества. Для этого на главной экранной форме активируют позицию «*Источники вещества*», а в подменю выбирают раздел «*Ввод данных, просмотр-корректировка*». В появившейся экранной форме нажимают кнопку «*Ввести контрольные створы как фоновые для участков*». При этом на экранной форме появляются данные по первому фоновому створу в соответствии с рисунком Г.4.

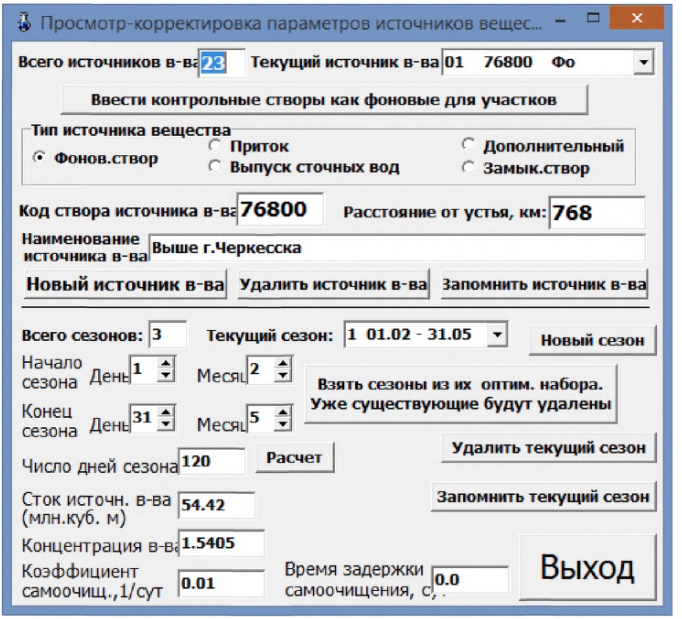


Рисунок Г.4 – Пример экранной формы программы, заполненной исходными данными по первому фоновому створу р. Кубань

В редакционном окне «*Наименование источника в-ва*» рекомендуется ввести точное наименование фонового створа («*Выше г. Черкесска*») и запомнить его, нажав кнопку «*Запомнить источник в-ва*». В редакционном окне «*Текущий источник в-ва*», используя кнопку-стрелку, открывают следующий фоновый створ и также, как в предыдущем случае, дают ему наименование в редакционном окне «*Наименование источника в-ва*» и запоминают его нажав

кнопку «*Запомнить источник в-ва*». Таким образом поступают со всеми остальными фоновыми створами.

Далее приступают к вводу информации по притокам. Для этого обязательно нажимают кнопку «*Новый источник в-ва*» и в свободные редакционные окна вводят информацию по очередному притоку: в разделе «*Тип источника*» курсором ставят точку в пункте «*Приток*», в окне «*Код источника в-ва*» вводят код притока, в окне «*Наименование источника в-ва*» записывают наименование притока.

В нижней половине окна нажимают кнопку «*Взять сезоны из их оптимального набора. Уже существующие будут удалены*». При этом автоматически для рассматриваемого створа будут введены характеристики, касающиеся сроков назначенных сезонов. Далее по первому сезону, пользуясь данными приведенными на рисунке Г.1, вводят данные по водному стоку, среднюю концентрацию вещества за рассматриваемый сезон и соответствующий средней за сезон температуре суммарный коэффициент самоочищения (последний берут в таблице 2 настоящих рекомендаций). Иллюстрация введенных данных по притоку М. Зеленчук по третьему сезону, приведена на рисунке Г.5.

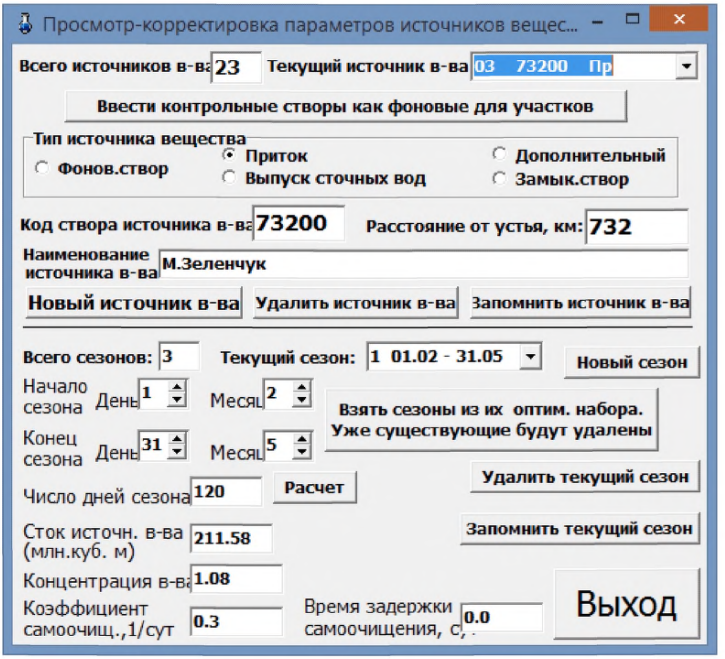


Рисунок Г.5 – Пример заполненной исходными данными экранной формы программы для притока р. Кубань первого порядка М. Зеленчук за первый сезон (1 01.02 – 31.05)

Введенные данные по текущему сезону запоминают, нажав кнопку «*Запомнить текущий сезон*». Для ввода данных по притоку М. Зеленчук в следу-

ющем сезоне в окне «*Текущий сезон*» нажимают стрелку-кнопку и курсором активируют следующий сезон. В соответствующие редакционные окна, используя данные, приведенные на рисунке Г.2, вносят данные по водному стоку, средней концентрации вещества за рассматриваемый сезон и соответствующий средней за сезон температуре суммарный коэффициент самоочищения. Введенные данные по текущему сезону запоминают, нажав кнопку «*Запомнить текущий сезон*». Аналогично вводят данные по следующему текущему сезону.

После ввода данных для притока М. Зеленчук по всем сезонам нажимают кнопку «*Запомнить источник в-ва*».

Таким образом поступают со всеми остальными притоками первого порядка.

Ввод данных по сточным водам не отличается от операции, приведенной для притоков. Отличие заключается в отметке «*Тип источника*» (отметка делается в позиции «*Выпуск сточных вод*») и возможным введением соответствующего значения в позицию «*Время задержки самоочищения*» при наличии в сточных водах токсических веществ, способных задерживать начало процесса окисления рассматриваемого вида органического химического вещества.

Если на реке имеются наблюдаемые сосредоточенные заборы воды, то их условно относят к сточным водам с аналогичным заполнением редакционных окон, но значение характеристики «*Сток источника в-ва*» (расход забираемой воды) записывают со знаком минус.

Примеры заполнения форм для сброса сточных вод и сосредоточенного забора воды приведены на рисунках Г.6 и Г.7.

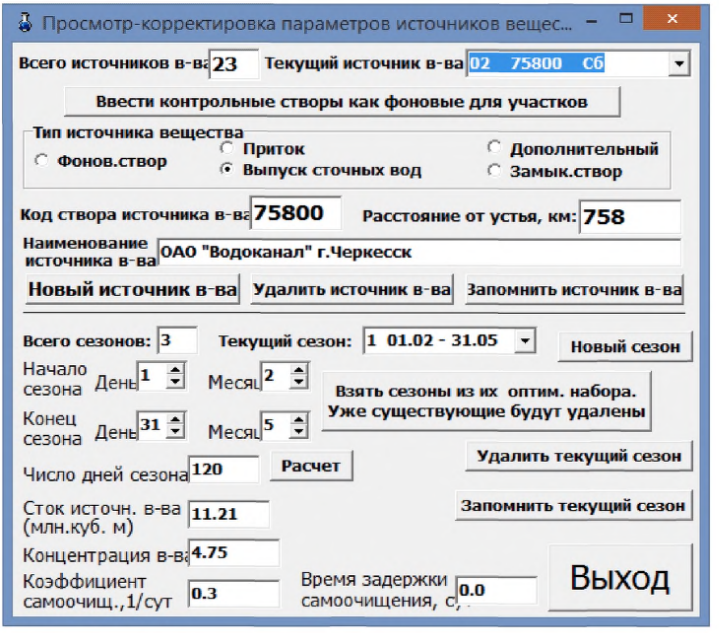


Рисунок Г.6 – Пример заполненной исходными данными экранной формы программы для выпуска сточных вод ОАО «Водоканал» г. Черкесска

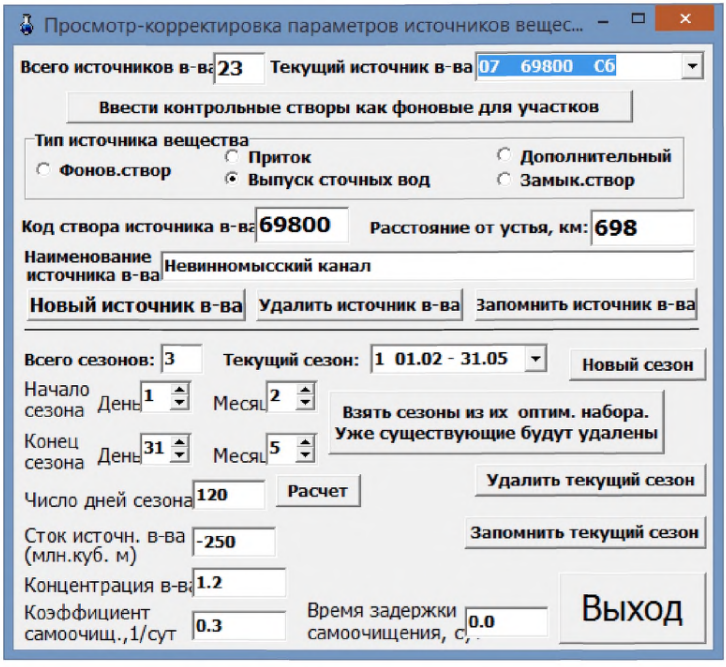


Рисунок Г.7 – Пример заполненной исходными данными экранной формы программы для сосредоточенного водозабора Невинномысский канал

После введения данных по всем источникам вещества на рассматриваемой экранной форме нажимают кнопку «*Выход*». Для возможного последующего использования данных по источникам вещества в повторных расчетах или правки информации введенную данные по источникам вещества запоминают на «жестком» диске. Для этого на главной экранной форме в позиции «*Источники вещества*», в подменю активируют раздел «*Записать в файл список источников в-ва*». Имя файла записывают с расширением «**.ist*»: «*Кубань, все источники по БПК5 с фоновыми створами. 2005.ist*».

Для выполнения следующей операции активируют на главной экранной форме позицию «*Расчетные створы*». В появившейся форме нажимают кнопку «*Добавить створы источников в-ва*». При этом в левом окне экранной формы автоматически появляется список всех введенных в расчет источников вещества (признаком «6» помечены условные контрольные створы, по которым на выходе будет представлена отчетная информация по значениям массопереноса). Данная форма представлена на рисунке Г.8.

В целях графического представления значений массопереноса по длине выделенных участков реки дополнительно добавляют промежуточные расчетные створы. Для этого нажимают кнопку «*Добавить расчетные створы*». В появившемся окне указывают расстояние между промежуточными расчетными створами протяженностью 300 м. Выбор расстояния фиксируют кнопкой «*Запомнить*».

Поскольку все исходные позиции для расчёта массопереноса химического вещества ($БПК_5$) по длине р. Кубань выполнены, осуществляют расчет с помощью программного обеспечения. Для этого курсором ставят точку в окне «*Вынос по расч.*». В главной экранной форме переходят в позицию «*Выполнить*» и активируют раздел «*Расчет массопереноса по длине реки*». В результате расчета появляется график изменения значений массопереноса легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) по длине р. Кубань. Меняя кнопкой-стрелкой заданный период расчета получают соответствующие графики для заданного периода.

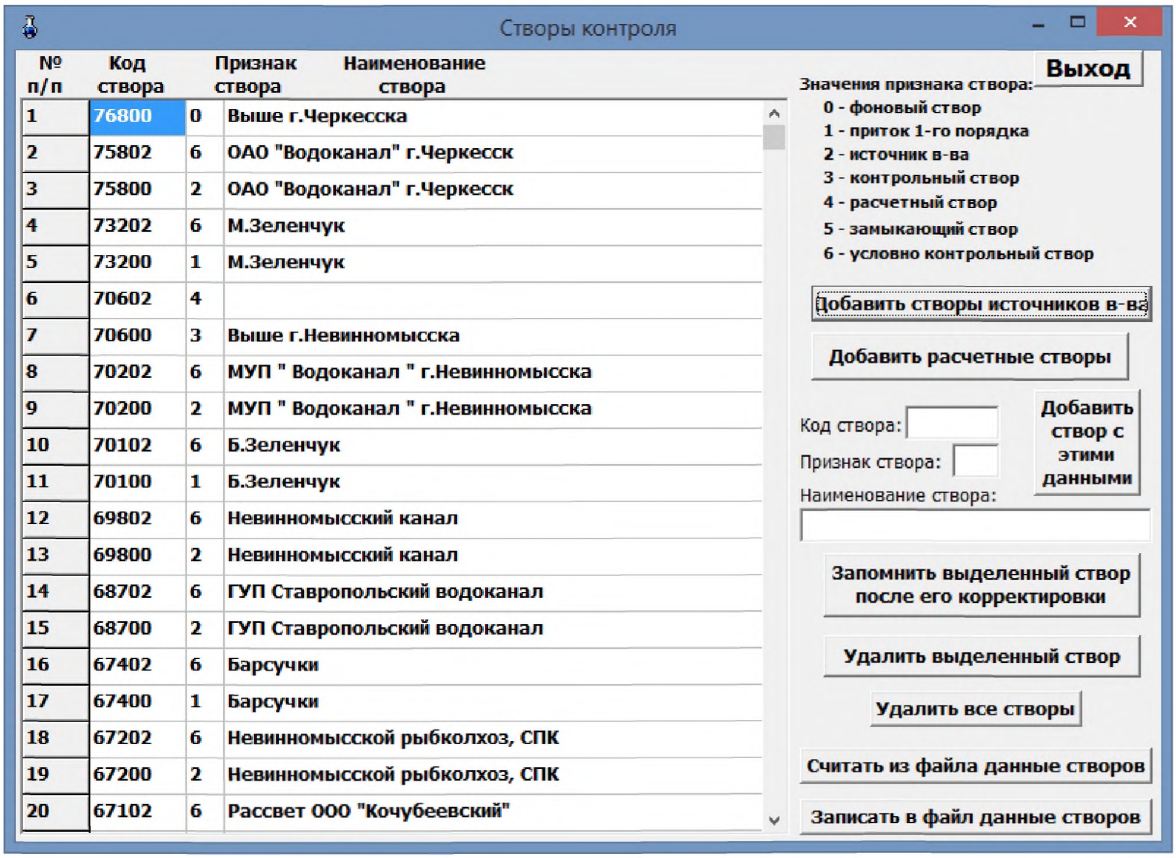


Рисунок Г.8 – Пример экранной формы программы с назначенными признаками створов на р. Кубань

Для получения подробных текстовых отчетов по результатам расчета массопереноса вещества по длине реки следует перейти в главной экранной форме в позицию главного меню «*Отчеты*» и выбрать по запросу один из видов отчетных материалов:

- «*Результаты расчета массопереноса в-ва по длине реки*» (см. рисунок 2);
- «*Доля составляющих в массопереносе в-ва по выделенной части реки в целом*»;
- «*Доля учета составляющих в массопереносе в-ва по речным участкам*»;

- «*Коэффициенты, характеризующие изменение содержания в-ва по участкам реки*».

Вышеуказанные виды отчетных материалов приведены на рисунках Г.9 – Г.11.

Если далее предполагается определение допустимого привноса вещества в пересчёте на маловодный год, то обязательно по рассчитанным данным текущего года следует запомнить на жестком диске:

- выделенные на реке участки (имя файла с расширением «**.are*»);
- источники поступления вещества на участки реки (притоки, сточные воды (имя файла с расширением «**.ist*»);
- оптимальный набор сезонов (имя файла с расширением «**.sez*»).

Кроме указанного, в позиции «*Выполнить*» на главной экранной форме активируют раздел «*Получить уравнения связи расход-концентрация для текущего года*». Полученный текстовый файл запоминают на «жестком» диске с именем, имеющим расширение «**.krl*»: «*Связи расход-концентрация.krl*».

Доля составляющих в массопереносе вещества в выделенной части реки в целом

Вещество: $БПК_5$
Река: Кубань
Участок (км от устья): 308.00 - 768.00
Расчетный период: 1.01 - 31.12.2005

Номер составляющей в массопереносе вещества	Наименование составляющей в массопереносе вещества	Доля в массопереносе вещества, %
1	Основная река во входном створе	68.47
2	Притоки первого порядка	27.07
3	Сточные воды	1.15
4	Водозаборы	(-)3.31

Примечание - Доли составляющих в массопереносе рассчитываются по отношению к сумме составляющих массопереноса вещества в замыкающем створе рассматриваемой части основной реки в целом.

Расчеты выполнил _____ _____ _____
дата подпись расшифровка подписи

Рисунок Г.9 – Пример формы представления результата расчета годовой доли составляющих в массопереносе легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) на рассматриваемой части реки Кубань в целом

Доля участия составляющих привноса и изъятия вещества в формировании массопереноса через замыкающий створ отдельных выделенных речных участков

Вещество: $БПК_5$
Река: Кубань
Участок (км от устья): 768.00 - 308.00
Расчетный период: 01.02 - 31.05.2005 г.

Участок реки, км от устья	Наименование составляющей привноса/изъятия вещества	Расстояние от устья реки, км	Доля составляющей в массопереносе веществу через замыкающий створ, %
768.00 - 706.00	р. Кубань выше г. Черкесска	768,00	45,62
	ОАО "Водоканал" г. Черкесска	758,00	4,86
	М. Зеленчук	732,00	25,45
	Убыль массы вещества в результате его трансформации в речной воде или преобладающий привнос массы вещества в результате неучтенных процессов		-15,68
	Неучтенный распределенный привнос вещества с водным стоком или изъятие вещества с распределенным забором водного стока		8,40
706.00 - 586.00	р. Кубань выше г. Невинномысск	706,00	42,39
	МУП " Водоканал " г. Невинномысска	702,00	0,05
	Б. Зеленчук	701,00	9,11
	Невинномысский канал	698,00	-9,87
	ГУП Ставропольский водоканал	687,00	0,06
	Барсучки	674,00	4,06
	Невинномысской рыбколхоз, СПК	672,00	0,04
	Рассвет ООО Кочубеевский	671,00	0,17
	Убыль массы вещества в результате его трансформации в речной воде или преобладающий привнос массы вещества в результате неучтенных процессов		-18,30
	Неучтенный распределенный привнос вещества с водным стоком или изъятие вещества с распределенным забором водного стока		15,96

Рисунок Г.10, лист 1 – Пример формы представления результата расчета годовой доли участия составляющих привноса и изъятия вещества в формировании массопереноса через замыкающий створ отдельных выделенных речных участков на р. Кубань

Участок реки, км от устья	Наименование составляющей привноса/изъятия вещества	Расстояние от устья реки, км	Доля составляющей в массопереносе вещества через замыкающий створ, %
586,00 - 465,00	г. Армавир, питьевой водозабор	586,00	60,48
	Уруп	585,99	6,18
	ГУП "Армавирводокомплекс"	581,00	0,79
	МУП "Новокубанскжилкомтепхоз"	563,00	0,06
	ОАО "ГИРКУБС" г. Гюлькевичи	485,00	0,05
	МУП ЖКХ г. Гюлькевичи	480,00	0,05
	Убыль массы вещества в результате его трансформации в речной воде или преобладающий привнос массы вещества в результате неучтенных процессов		0,56
586,00 - 465,00	Неучтенный распределенный привнос вещества с водным стоком или изъятие вещества с распределенным забором водного стока		31,84
465,00 - 320,00	Выше г. Кропоткина, п. Гирей	465,00	76,79
	МУП ПУВКХ г. Кропоткин	448,00	0,14
	Убыль массы вещества в результате его трансформации в речной воде или преобладающий привнос массы вещества в результате неучтенных процессов		1,21
	Неучтенный распределенный привнос вещества с водным стоком или изъятие вещества с распределенным забором водного стока		21,87
320,00 - 308,00	Выше г. Усть-Лабинска	320,00	48,67
	Лаба	317,00	35,21
	ОАО "ОСК" г. Усть-Лабинск	308,50	0,07
	Убыль массы вещества в результате его трансформации в речной воде или преобладающий привнос массы вещества в результате неучтенных процессов		0,07
	Неучтенный распределенный привнос вещества с водным стоком или изъятие вещества с распределенным забором водного стока		15,98

Примечание - Указанные доли рассчитывают по отношению к сумме основных составляющих убыли / прибыли вещества на выделенном участке основной реки, Если учитываемый процесс в балансе массопереноса вещества на участке связан с изъятием этого вещества, то перед значением доли вещества ставится знак "-", если происходит привнос вещества на участок, то ставится (остается) знак "+",

Рисунок Г.10, лист 2

Значения расчетных коэффициентов, характеризующих преобладающий процесс изменения содержание вещества в речной воде на отдельных выделенных участках реки

Вещество: $БПК_5$
Река: Кубань
Участок (км от устья): 308.00 - 768.00

Участок реки, км от устья	Расчетный период (сезон), месяцы, год	Водный сток реки за расчетный период (сезон), млн. $м^3$	Значение расчетного суммарного коэффициента скорости самоочищения речной воды от вещества, 1/сут	Значение расчетного коэффициента, характеризующего привнос массы вещества в результате неучтенных процессов, 1/сут
768.00 - 706.00	01.01.02 - 31.05.2005	54,42	0,01	0,0
768.00 - 706.00	02.01.06 - 30.09.2005	292,3	0,0	-1,41
768.00 - 706.00	03.01.10 - 31.01.2005	249,8	0,01	0,0
706.00 - 586.00	01.01.02 - 31.05.2005	368,5	0,0	-1,02
706.00 - 586.00	02.01.06 - 30.09.2005	894,2	0,20	0,0
706.00 - 586.00	03.01.10 - 31.01.2005	530,5	0,03	0,0
586.00 - 465.00	01.01.02 - 31.05.2005	546,2	0,01	0,0
586.00 - 465.00	02.01.06 - 30.09.2005	1693,5	0,01	0,0
586.00 - 465.00	03.01.10 - 31.01.2005	722,5	0,01	0,0
465.00 - 320.00	1 01.02 - 31.05.2005	858,7	0,01	0,0
465.00 - 320.00	2 01.06 - 30.09.2005	2155,0	0,01	0,0
465.00 - 320.00	3 01.10 - 31.01.2005	1017,1	0,01	0,0
320.00 - 308.00	1 01.02 - 31.05.2005	880,5	0,01	0,0
320.00 - 308.00	2 01.06 - 30.09.2005	2188,9	0,01	0,0
320.00 - 308.00	3 01.10 - 31.01.2005	1018,2	0,01	0,0
308.00 - 308.00	1 01.02 - 31.05.2005	2040,1	0,01	0,0
308.00 - 308.00	2 01.06 - 30.09.2005	3658,0	0,01	0,0
308.00 - 308.00	3 01.10 - 31.01.2005	2078,5	0,01	0,0

Расчеты выполнил _____ _____ _____
дата подпись расшифровка подписи

Рисунок Г.11 – Пример формы представления посезонных значений расчетных коэффициентов, характеризующих скорость преобладающего процесса изменения содержание вещества в воде р. Кубань на отдельных выделенных участках реки

Г.1.2 Основные выводы по результатам расчета массопереноса легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) по р. Кубань

Г.1.2.1 На всем рассматриваемом участке р. Кубань отсутствует сверхнормативный массоперенос легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$), что свидетельствует о благополучном качестве воды на этом участке по содержанию легкоокисляемых органических веществ.

Г.1.2.2 Наибольший резерв в нормативном массопереносе легкоокисляемых органических веществ наблюдается на участке р. Кубань от створа ме-

ста впадения р. Малый Зеленчук (732 км) до створа выше г. Невинномысска (706 км), а также от створа ниже впадения р. Большой Зеленчук (701 км) до створа выше г. Кропоткин (465 км).

Г.1.2.3 В части приточности основными источниками рассматриваемых веществ являются притоки первого порядка (по рассмотренному речному участку р. Кубань притоки составили 27 %, сточные воды – 1,15 %).

Г.1.2.4 Неучтенный распределенный привнос легкоокисляемых органических веществ на р. Кубань постепенно возрастает от участка к участку (от 8,4 % на первом участке до 21,8 % на предпоследнем участке), что указывает на необходимость дополнительного контроля за влиянием водосбора и возможно подземных (дренажных) вод на качество воды по длине реки по рассматриваемому ингредиенту.

Г.1.2.5 Роль имеющихся выпусков сточных вод в массопереносе на отдельных выделенных участках реки весьма мала – в пределах от 0,04 % до 4,86 %.

Г.1.2.6 Самоочищение речной воды от сравнительно невысокого содержания легкоокисляемых органических веществ по длине реки практически не происходит, за исключением летнего периода (коэффициент скорости самоочищения равен 0,2/сут) и зимнего (коэффициент скорости самоочищения равен 0,03/сут) на участке 706 – 586 км.

Г.1.2.7 В соответствии с изменением водности наибольший массоперенос легкоокисляемых органических веществ с водным стоком р. Кубань наблюдается в летний период.

Г.2 Пример 2

Г.2.1 Расчет посезонного допустимого привноса химического вещества по отдельным участкам реки для расчетного маловодного года

Исходная для расчета массопереноса химического вещества информация[1)]:

а) водный объект - участок реки Кубань 768-308 км от устья;

б) вещество (ингредиент) - легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$);

в) ЦПКВ - ПДК;

г) выделенные для расчета массопереноса речные участки (км от устья): 768-706 км; 706-586 км; 586-465 км; 465-320 км; 320-308 км;

д) расчетный год: маловодный год 95 % обеспеченности – 1972;

е) выделенные для расчета массопереноса периоды (сезоны) годового цикла:

- весенний период (02-05 месяцы);
- летний период (06-09 месяцы);

[1)] В примере исходные гидрохимические и гидрологические данные являются близкими к фактическим (для статистической обеспеченности добавлены данные в периодах (сезонах), изменены годы наблюдений).

- осенне-зимний период (10-01 месяцы).

К примеру прилагается информация по результатам гидрологических наблюдений за 1972 и 2005 годы (среднесуточные расходы воды в створах наблюдения записаны на «жестком» диске в виде файлов с наименованиями: «*Среднесут.расходы. 768 км (ст Усть-Джигутинская).xls*»; «*Среднесут.расходы. 706 км (х. Дегтяревский).xls*» и т.д.

Для рассматриваемого расчета предполагается, что данные по сточным водам в маловодном году останутся неизменными (эти данные представлены на рисунках Г.1 - Г.3). Новые данные, которые следует использовать для корректировки информации в исходных данных по притокам первого порядка и р. Кубань представлены на рисунках Г.12 и Г.13.

Участок реки, км	Приток	Сезоны (месяцы)					
		2-5		6-9		10-1	
		Сезонный водный сток, млн. м^3	Среднесезонное значение $БПК_5$, мг/дм^3	Сезонный водный сток, млн. м^3	Среднесезонное значение $БПК_5$, мг/дм^3	Сезонный водный сток, млн. м^3	Среднесезонное значение $БПК_5$, мг/дм^3
768-706	М. Зеленчук, 732 км	169,26	1,25	478,93	0,68	163,63	1,45
706-586	Б. Зеленчук, 701 км	317,23	0.9	666,47	1,43	280,19	0,66
	Барсучки, 674 км	125,74	1,0	120.32	0,67	118.13	1,73
586-465	Уруп, 585,99 км	184,36	1,6	251,87	0,7	136,08	1,99
320-308	Лаба, 317 км	641,91	1,8	1121,22	1,65	797,46	1,68

Рисунок Г.12 - Река Кубань, сведения о водности притоков и значениях $БПК_5$ по сезонам маловодного года (1972 год)

Водпост	Расстояние от устья, км	Примерная максимальная скорость течения воды в реке, соответствующая среднесезонному расходу воды, м/с		
		2-5 месяц	6-9 месяц	10-1 месяц
ст. Усть-Джигутинская	768	0,8	1,4	0,9
х. Дягтеревский	706	0,8	1,4	0,9
с. Успенское	586	0,95	1,7	1,1
г. Кропоткин	465	0,72	1,2	0,8
ст. Ладожская	320	0,8	1,0	0,8
Ниже г. Усть-Лабинск	308	1,0	1,0	1,0

Рисунок Г.13 – Сведения о максимальной скорости течения воды в р. Кубань в створах водпостов, соответствующие среднесезонному расходу речной воды в маловодный год

Для проведения расчетов допустимого привноса легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) в заданном маловодном году программу «PerenosXV.exe» запускают заново.

В раздел программы «*Общая*» в редакционные окна вводят требуемую информацию. В качестве года загрузки данных указывают маловодный год 95 % обеспеченности. В рассматриваемом примере – это 1972 год. Для выхода из данной экранной формы нажимают на кнопку «*Выход*».

В позиции меню «*Участки*» активируют раздел «*Открыть файл со списоком участков*» и в соответствующем окне Windows выбирают файл «*Кубань, участки, исх. информация.are*». При этом в левом крайнем окне главной экранной формы появляются участки реки, ранее рассмотренные в расчете массопереноса за текущий 2005 год.

На следующем шаге в память программы вводят среднесуточные расходы воды за маловодный 1972 год по всем контрольным створам.

Для ввода гидрологических данных, подготовленных в таблицах в среде Excel за 2005 и 1972 гг. в позиции главной экранной формы «*Фактич.Г/Хданные*» активируют раздел «*Открыть файл среднесуточных расходов*». В открывшемся окне Windows, в соответствующем каталоге (в папке, где находится программа) в соответствии с Инструкцией по использованию программы «PerenosXV» выбирают и открывают файлы со среднесуточными расходами за 1972 г. соответствующих водпостов. Порядок ввода в память программы гидрологических данных аналогичен указанному в Б.2.2 по текущему 2005 году (начинать ввод в память программы среднесуточных расходов следует с ближайшего к устью створа водпоста). После введения гидрологических данных по всем створам водпостов в позиции главного меню «*Фактич.Г/х данные*» обязательно активируют раздел «*Сортировать массив среднесуточных расходов».*

Далее на главной экранной форме нажимают кнопку «*Наборы сезонов. Выбор оптимального набора*», затем кнопку «*Открыть наборы*». В соответствующем окне Windows находят и вводят в память программы файл с набором сезонов «*Кубань.sez*». Для того, чтобы подтвердить, что скопирован оптимальный набор сезонов, нажимают кнопку «*Запомнить текущий набор как оптимальный*».

Во все выделенные участки реки следует по очереди ввести гидрологическую информацию. Для этого в крайнем левом окне главной экранной формы активируют первый рассматриваемый участок реки и нажимают кнопку *«Показать участок».* В открывшейся экранной форме нажимают кнопку «*Взять сезоны из их оптимального набора*». На экранной форме в редакционных окнах появляются характеристики продолжительности первого сезона 1972 года. Далее считывают (копируют) гидрологическую информацию из файлов программы нажатием кнопки «*Взять расход и сток из ежедневных расходов*». При этом на экранной форме соответствующие редакционные окна автоматически заполняются данными за рассматриваемый сезон 1972 года. Дополнительно, пользуясь рисунком Г.13, для данного сезона следует ввести (или заменить) примерную среднюю для рассматриваемого сезона максимальную скорость течения речной воды. При необходимости могут быть скорректированы и другие параметры, в которых значения приведены по умолчанию. Не следует корректировать значения коэффициента суммарной

скорости самоочищения и поправочного коэффициента, необходимая корректировка которых предусмотрена в процессе дальнейшей работы программы. После ввода указанной информации по рассматриваемому сезону обязательно нажимают кнопку «*Запомнить параметры текущего сезона*». Далее с помощью стрелки-кнопки переходят к следующему сезону. В появившейся экранной форме нажимают только кнопку «*Взять расход и сток из ежедневных расходов*», в результате чего автоматически считывается требуемая гидрологическая информация. Дополнительно следует ввести примерную среднюю для рассматриваемого сезона максимальную скорость течения речной воды. После ввода гидрологический информации по рассматриваемому сезону обязательно нажимают кнопку «*Запомнить параметры текущего сезона*». Внесенную информацию на рассматриваемом участке реки по всем текущим сезонам в целом обязательно запоминают путем нажатия кнопки «*Запомнить участок*». Нажав кнопку «*След.*», переходят к следующему речному участку и выполняют процедуру для этого участка аналогично вышеуказанной для первого участка. Для использования подготовленной информации за маловодный 1972 год в последующих расчетах ее целесообразно записать на «жесткий» диск в виде файла с расширением «**.are*»: «*Кубань, участки с данными по гидрологии 1972 г.are*».

После ввода всей необходимой гидрологической информацией переходят к определению средних концентраций и массопереноса для всех выделенных участков реки и всех сезонов. Для этого вначале используют в позиции главной экранной формы «*Выполнить*» раздел «*Считать уравнения связи расход-концентрация для маловодного года*». В соответствующем окне Windows находят файл «*Связи расход-концентрация.krl*» и загружают его в программу. В процессе считывания (копирования) содержания данного файла может появиться форма с данными о коде контрольного створа и соответствующем сезоне для возможности уточнения средней концентрации вещества, не зависящей от изменений расхода речной воды, которая была считана из файла данных текущего 2005 года. По окончанию данной процедуры автоматически для маловодного года рассчитываются средние концентрации и массоперенос для всех сезонов и всех выделенных контрольных створов реки.

На следующем шаге выполняют внесение исходных данных в память программы по источникам вещества. Для этого в соответствующем окне Windows находят файл «*Кубань, все источники по БПК5 с фоновыми створами. 2005 г.ist*» и загружают его в программу (при этом в окне «*Источники вещества*» появится перечень введенных источников. Поскольку в фоновых створах считанная информация за 2005 год должна быть заменена эти створы следует изъять из введенного перечня источников вещества. Для осуществления этой процедуры в окне «*Источники вещества*» выделяют курсором первый фоновый створ и нажимают на копку «*Показать источники в-ва*». В появившейся экранной форме в верхней ее половине нажимают кнопку *«Удалить источник в-ва»*. Затем в правом верхнем углу экранной формы в окне «*Текущий источник в-ва*» нажимают кнопку-стрелку. В появившемся перечне источников вещества находят очередной фоновый створ и активируют его курсором. В появившейся экранной форме, как и в вышеуказанном случае, нажимают кнопку *«Удалить источник в-ва».* Затем вновь открывают список

источников вещества и удаляют следующий очередной фоновый створ. Последним удаляют замыкающий контрольный створ.

Для введения в программу фоновых створов с откорректированной информацией для маловодного года на главной экранной форме в позиции «*Источники вещества*» активируют раздел «*Ввод данных, просмотр-корректировка*». В появившейся экранной форме нажимают кнопку «*Ввести контрольные створы как фоновые для участков*». При этом в правом окне главной экранной форме «*Источники вещества*» в перечне источников вещества появляются фоновые створы, с откорректированной информацией для маловодного года. Активировав обозначение первого фонового створа, нажимают кнопку «*Показать источники в-ва*». В появившейся экранной форме с данными по первому фоновому створу вносят точное наименование фонового створа и для запоминания нажимают кнопку «*Запомнить источник в-ва*». Пользуясь кнопкой-стрелкой в правом верхнем углу экранной формы в окне «*Текущий источник в-ва*», находят другие фоновые створы, дают им соответствующее точное наименование и запоминают. На рисунке Г.14 показан пример полностью заполненной экранной формы для фонового створа, расположенного на 768 км от устья реки.

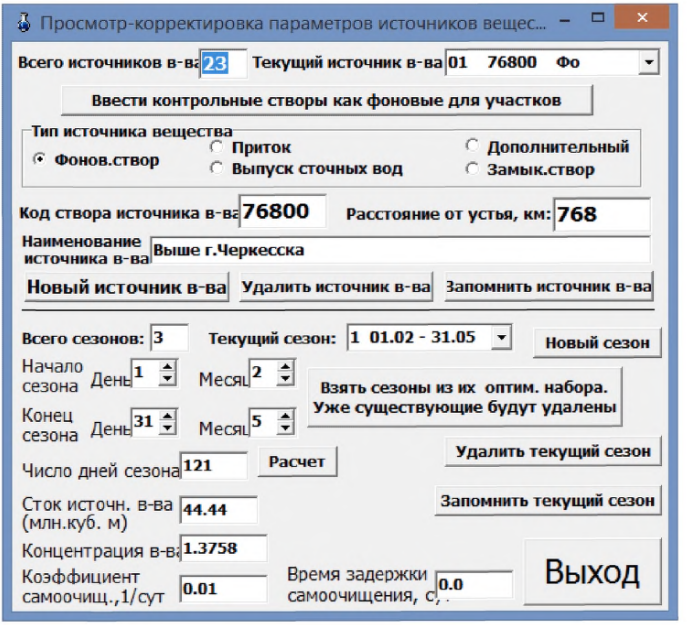


Рисунок Г.14 – Пример экранной формы с внесённым наименованием фонового створа на 768 км от устья реки.

Далее, пользуясь данными, приведенными на рисунке Г.12, корректируют для маловодного года скопированные данные за текущий (2005) год по притокам первого порядка. Для этого активируют в окне «*Источники веще-*

ства» обозначение первого притока («*Пр*») и нажимают кнопку «*Показать источники вещества*». В открывшейся экранной форме в первом сезоне (1 01.02-31.05) в редакционных окнах корректируют следующие значения: «*Сток источника в-ва*» и при необходимости (если имеется соответствующая более точная информация) «*Концентрация в-ва*». Далее обязательно нажимают кнопку «*Запомнить текущий сезон*». С помощью кнопки-стрелки переходят к следующему сезону (2 01.06-30.09), корректируют значения вышеуказанных характеристик и нажимают кнопку «*Запомнить текущий сезон*». Для третьего сезона процедура повторяется. Далее нажимают кнопку «*Запомнить текущий сезон*» и дополнительно обязательно нажимают кнопку «*Запомнить источник в-ва*», затем нажимают кнопку «Выход».

Далее в окне «*Источники вещества*» переходят к активации следующего притока первого порядка («*Пр*») и нажимают кнопку «*Показать источники вещества*». В открывшейся экранной форме в соответствующих сезонах в редакционных окнах корректируют значения характеристик вышеуказанным образом.

Для возможных повторных расчетов введённую и откорректированную информацию по источникам для маловодного года целесообразно запомнить на «жестком» диске в виде файла с расширением «**.ist*»: «*Кубань, все источники по БПК5 с фоновыми створами. 1972.ist*».

Для выполнения следующей операции активируют на главной экранной форме позицию «*Расчетные створы*». В появившейся форме нажимают кнопку «*Добавить створы источников в-ва*». При этом в левом окне экранной формы автоматически появляется список всех введенных в расчет источников вещества.

В целях графического представления значений массопереноса по длине выделенных участков реки дополнительно добавляют промежуточные расчетные створы. Для этого нажимают кнопку «*Добавить расчетные створы*». В появившемся окне следует назначить расстояние между промежуточными расчетными створами, например, 300 м. Выбор расстояния фиксируют кнопкой *«Запомнить».*

На этом ввод исходной информации в программу для маловодного года заканчивают.

Далее, задействуя в меню на главной экранной форме позицию «*Выполнить*», для маловодного года поочередно осуществляют следующие программные операции:

- «*Расчет массопереноса вещества по реке*»;
- «*Определение допустимого привноса вещества по участкам реки*».

Для рассмотрения подробного отчета по результатам расчета ДПХВ по длине реки нужно в главной экранной форме перейти в позицию главного меню «*Отчеты*» и выбрать там курсором раздел «*Допустимый привнос вещества по участкам реки и сезонам*».

Отчетные материалы по результатам расчета допустимого привноса легкоокисляемых органических веществ (по $БПК_5$) на выделенные участки реки Кубань в рассмотренном примере расчета представлены на рисунке Г.15.

Помимо указанного, для маловодного года можно рассмотреть другие отчетные материалы, предусмотренные в разделе «*Отчеты*».

Результаты расчета допустимого привноса вещества на выделенных участках реки по сезонам

Вещество: БПК5
Река: Кубань
Участок (км от устья): 257.00 - 768.00
Расчетный период: 01.02 - 31.05.1972 г.

Участок реки, км от устья	Наименование замыкающего створа на речном участке	Значение фактического суммарного привноса вещества действующими выпусками сточных вод, т	Общая допустимая суммарная масса привноса вещества на участок ($ДПХВ_{общ}$), т	Допустимая суммарная масса привноса вещества действующими выпусками сточных вод ($ДПХВ_{ст}$), т	Допустимая дополнительная суммарная масса привноса вещества со сточными водами, ($ДПХВ_{д.ст}$), т	Сверхнормативное значение привноса вещества действующими выпусками сточных вод ($\Delta_{ст}$), т (%)
768.00 - 706.00	Выше г. Невинномысска	53,24	730,7	53,24	677,5	Отсутствие
706.00 - 586.00	г. Армавир, питьевой водозабор	15,06	316,4	15,06	301,3	
586.00 - 465.00	Выше г. Кропоткина, п. Гирей	35,93	420,0	35,93	384,0	
465.00 - 320.00	Выше г. Усть-Лабинска	6,33	214,4	6,33	208,1	
320.00 - 308.00	г. Усть-Лабинск, ниже сброса с ОСК	0,646	555,4	0,646	554,7	

Расчетный период: 01.06 - 30.09.1972 г.

768.00 - 706.00	Выше г. Невинномысска	53,24	827,2	53,24	773,9	Отсутствие
706.00 - 586.00	г. Армавир, питьевой водозабор	15,06	525,5	15,06	510,4	
586.00 - 465.00	Выше г. Кропоткина, п. Гирей	35,93	391,8	35,93	355,8	
465.00 - 320.00	Выше г. Усть-Лабинска	6,33	218,1	6,33	211,7	
320.00 - 308.00	г. Усть-Лабинск, ниже сброса с ОСК	0,646	674,0	0,646	673,4	
Примечание - Превышение нормативного сброса химического вещества на выделенных речных участках отсутствует.						

Рисунок Г.15, лист 1 – Экранная форма представления результатов расчета допустимого привноса вещества на выделенные участки р. Кубань

Участок реки, км от устья	Наименование замыкающего створа на речном участке	Значение фактического суммарного привноса вещества действующими выпусками сточных вод, т	Общая допустимая суммарная масса привноса вещества на участок ($ДПХВ_{общ}$), т	Допустимая суммарная масса привноса вещества действующими выпусками сточных вод ($ДПХВ_{ст}$), т	Допустимая дополнительная суммарная масса привноса вещества со сточными водами, ($ДПХВ_{д.ст}$), т	Сверхнормативное значение привноса вещества действующими выпусками сточных вод ($\Delta_{ст}$), т (%)
Расчетный период: 01.10 - 31.01.1972 г.						
768.00 - 706.00	Выше г. Невинномысска	53,24	620,2	53,24	567,0	Отсутствует
706.00 - 586.00	г. Армавир, питьевой водозабор	15,06	599,2	15,06	584,1	
586.00 - 465.00	Выше г. Кропоткина, п. Гирей	35,93	368,5	35,93	332,6	
465.00 - 320.00	Выше г. Усть-Лабинска	6,33	87,63	6,33	81,30	
320.00 - 308.00	г. Усть-Лабинск, ниже сброса с ОСК	0,646	815,0	0,646	814,4	
Примечание - Превышение нормативного сброса химического вещества на выделенных речных участках отсутствует.						
Суммарно по выделенным периодам						
768.00 - 706.00	Выше г. Невинномысска	159,7	2178,1	159,7	2018,4	Отсутствует
706.00 - 586.00	г. Армавир, питьевой водозабор	45,18	1441,0	45,18	1395,8	
586.00 - 465.00	Выше г. Кропоткина, п. Гирей	107,8	1180,3	107,8	1072,5	
465.00 - 320.00	Выше г. Усть-Лабинска	19,00	520,1	19,00	501,1	
320.00 - 308.00	г. Усть-Лабинск, ниже сброса с ОСК	1,94	2044,4	1,94	2042,5	

Расчеты выполнил _____ _____ _____

дата подпись расшифровка подписи

Рисунок Г.15, лист 2

Г.3 Пример 3

Г.3.1 Исходная информация для расчета содержания в воде неконсервативного химического вещества в устье реки

Г.3.1.1 Условное наименование реки – Тихая.

Г.3.1.2 Задаваемое для расчета неконсервативное вещество – азот аммонийный.

Г.3.1.3 Расчетный период – 01.01.2017 – 31.12.2007 (Z=365 сут) (характерные сезоны отсутствуют).

Г.3.1.4 Индикаторное консервативное химическое вещество – хлориды.

Г.3.1.5 Число основных рукавов в дельте реки – N_o =2.

Г.3.1.6 Среднегодовая концентрация хлоридов в замыкающем приустьевом контрольном створе реки – C_{kp} = 10 мг/дм^3.

Г.3.1.7 Среднегодовая концентрация хлоридов в устье первого основного рукава дельты – C_{k1}=57 мг/дм^3.

Г.3.1.8 Среднегодовая концентрация хлоридов в устье второго основного рукава дельты – C_{k2}=70 мг/дм^3.

Г.3.1.9 Среднегодовая концентрация хлоридов в устье среднего по водности типичного мелководного рукава дельты – C^*_k = 100 мг/дм^3.

Г.3.1.10 Среднегодовая концентрация хлоридов в морской воде – C_{kM} = 500 мг/дм^3.

Г.3.1.11 Среднегодовая концентрация азота аммонийного в замыкающем приустьевом контрольном створе реки – C_{np} = 0,19 мг/дм^3.

Г.3.1.12 Среднегодовая концентрация азота аммонийного в морской воде – C_{nM} = 0,05 мг/дм^3.

Г.3.1.13 Среднегодовая концентрация азота аммонийного в устье первого основного рукава дельты – C_{n1} = 0,16 мг/дм^3.

Г.3.1.14 Среднегодовая концентрация азота аммонийного в устье второго основного рукава дельты – C_{n2} = 0,15 мг/дм^3.

Г.3.1.15 Среднегодовая концентрация азота аммонийного в устье среднего по водности типичного мелководного рукава дельты – C^*_n = 0,13 мг/дм^3.

Г.3.1.16 Среднегодовой расход речной воды в замыкающем приустьевом контрольном створе – Q_p = 1800 м^3/с.

Г.3.1.17 Примерная доля расхода речной воды в первом основном рукаве дельты – α_1=0,6.

Г.3.1.18 Примерная доля расхода речной воды во втором основном рукаве дельты – α_2=0,3.

Г.3.1.19 Примерная доля расхода речной воды, приходящаяся на мелководные рукава дельты, – α^*=0,1.

Г.3.1.20 Примерное среднее в году время добегания воды от замыкающего приустьевого контрольного створа реки до устья первого основного рукава – τ_1=1,2 сут.

Г.3.1.21 Примерное среднее в году время добегания воды от замыкающего приустьевого контрольного створа реки до устья второго основного рукава – τ_2=1,5 сут.

Г.3.1.22 Примерное среднее в году время добегания воды от замыкающего приустьевого контрольного створа реки до устья типичного мелководного рукава дельты – τ^*=2 сут.

Г.3.2 Пример расчета «вручную»

Г.3.2.1 Определение минимального среднегодового расхода морской воды Q_{Mj}, участвующего в разбавлении речной воды в устьях учтенных рукавов:

$$Q_{M1} = \frac{\left(C_{k1} - C_{kp}\right)\alpha_1 Q_p}{C_{kM} - C_{k1}} = \frac{(57-10)\,0{,}6\cdot 1800}{500-57} = 114{,}6 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{M2} = \frac{\left(C_{k2} - C_{kp}\right)\alpha_2 Q_p}{C_{kM} - C_{k2}} = \frac{(70-10)\,0{,}3\cdot 1800}{500-70} = 75 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q^*_M = \frac{\left(C^*_k - C_{k.p}\right)\alpha^* Q_p}{C_{kM} - C^*_k} = \frac{(100-10)\,0{,}1\cdot 1800}{500-100} = 40{,}5 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Г.3.2.2 Расчёт средней концентрации азота аммонийного без учета трансформации азота аммонийного в устьевом створе рукавов с учетом разбавления морской водой:

$$C_{n1p} = \frac{C_{np}\alpha_1 Q_p + C_{nM} Q_{M1}}{\alpha_1 Q_p + Q_{M1}} = \frac{0{,}19\cdot 0{,}6\cdot 1800 + 0{,}05\cdot 114{,}6}{0{,}6\cdot 1800 + 114{,}6} = 0{,}176 \text{ мг/дм}^3;$$

$$C_{n2p} = \frac{0{,}19\cdot 0{,}3\cdot 1800 + 0{,}05\cdot 75}{0{,}3\cdot 1800 + 75} = 0{,}173 \text{ мг/дм}^3;$$

$$C^*_{np} = \frac{0{,}19\cdot 0{,}1\cdot 1800 + 0{,}05\cdot 40{,}5}{0{,}1\cdot 1800 + 40{,}5} = 0{,}164 \text{ мг/дм}^3.$$

Г.3.2.3 Расчет среднегодового коэффициента трансформации азота аммонийного на участке от замыкающего приустьевого контрольного створа реки до устья учтенных рукавов в дельте реки:

$$K_1 = \frac{1}{\tau_1} ln \frac{C_{n1p}}{C_{n1}} = \frac{1}{1,2} ln \frac{0,176}{0,16} = 0,0794 \text{ 1/сут};$$

$$K_1 = \frac{1}{\tau_1} ln \frac{C_{n2p}}{C_{n2}} = \frac{1}{1,5} ln \frac{0,173}{0,15} = 0,0951 \text{ 1/сут};$$

$$K^* = \frac{1}{\tau^*} ln \frac{C^*_{np}}{C^*_{n}} = \frac{1}{2,0} ln \frac{0,164}{0,13} = 0,1162 \text{ 1/сут}.$$

где K^* - коэффициент трансформации для типичного мелководного рукава дельты.

Г.3.2.4 Расчет выноса за рассматриваемый год азота аммонийного с пресным речным стоком через устьевой створ учтенных рукавов реки без учета трансформации азота аммонийного:

$$G_{y1} = 0,0864 \ Z \ \alpha_1 \ Q_p C_p = 0,0864 \cdot 365 \cdot 0,6 \cdot 1800 \cdot 0,19 = 6471,18 \text{ т};$$

$$G_{y2} = 0,0864 \cdot 365 \cdot 0,3 \cdot 1800 \cdot 0,19 = 3235,60 \text{ т};$$

$$G^*_y = 0,0864 \ Z_{пр} \alpha^* \ Q_p C_{пр} = 0,0864 \cdot 365 \cdot 0,1 \cdot 1800 \cdot 0,19 = 1078,53 \text{ т}.$$

Г.3.2.5 Расчет выноса за рассматриваемый период (сезон) годового цикла азота аммонийного с пресным речным стоком через устье реки без учета трансформации азота аммонийного:

$$G_y = \sum G_{yj} + G^*_y = 6471,18 + 3235,60 + 1078,53 = 10785,31 \text{ т}.$$

Г.3.2.6 Расчет выноса за рассматриваемый период азота аммонийного с пресным речным стоком через устьевой створ рукавов с учетом трансформации азота аммонийного:

$$G_{y1c} = G_{y1} \cdot e^{-K_1 \tau_1} = 6471,18 \cdot e^{-0,0794 \cdot 1,2} = 5883,07 \text{ т};$$

$$G_{y2c} = 3235,6 \cdot e^{-0,0951 \cdot 1,5} = 2805,45 \text{ т};$$

$$G^*_{yc} = G^*_y \cdot e^{-K^* \tau^*} = 1078,53 \cdot e^{-0,1162 \cdot 2} = 854,87 \text{ т}.$$

Г.3.2.7 Расчет выноса за рассматриваемый период азота аммонийного с пресным речным стоком через устье реки с учетом трансформации азота аммонийного:

$$G_{yc} = \sum G_{yjc} + G^*_{yc} = 5883,07 + 2805,45 + 854,87 = 9543,39 \text{ т}.$$

Г.3.2.8 Расчет изменения в массопереносе азота аммонийного на устьевом участке реки ΔG в результате перемещения масс речной воды от замыкающего приустьевого контрольного створа реки к ее устью:

$$\Delta G = G_{yc} - G_y = 9543{,}39 - 10785{,}31 = -1241{,}92 \text{ т.}$$

Изменение в массопереносе азота аммонийного на устьевом участке реки Δ_{cc} составит

$$\Delta_{cc} = \frac{\Delta G}{G_y} = \frac{-1241{,}92}{10785{,}31} \cdot 100\ \% = -12\ \%.$$

Г.3.3 Пример расчета с использованием программы «ГХМ-устье»

Ввод исходной информации в память программы «ГХМ-устье» осуществляют в соответствии с указаниями, изложенными в приложении В.

Общий вид основной экранной формы программы с введенной информацией по реке Тихая и морю показан на рисунке Г.16.

Вид экранной формы программы с введенной информацией по первому основному рукаву дельты реки представлен на рисунке Г.17. После введения всей исходной информации и выхода из экранной формы программы с помощью кнопки «*Выход*» запускают расчет по программе нажатием на главной экранной форме кнопки «*Расчет*». Результаты расчета представлены на рисунках Г.18 – Г.20. Небольшие расхождения в результатах расчета на ПК с результатами «ручного» счета связаны с повышенной точностью расчета и способом округления данных на ПК.

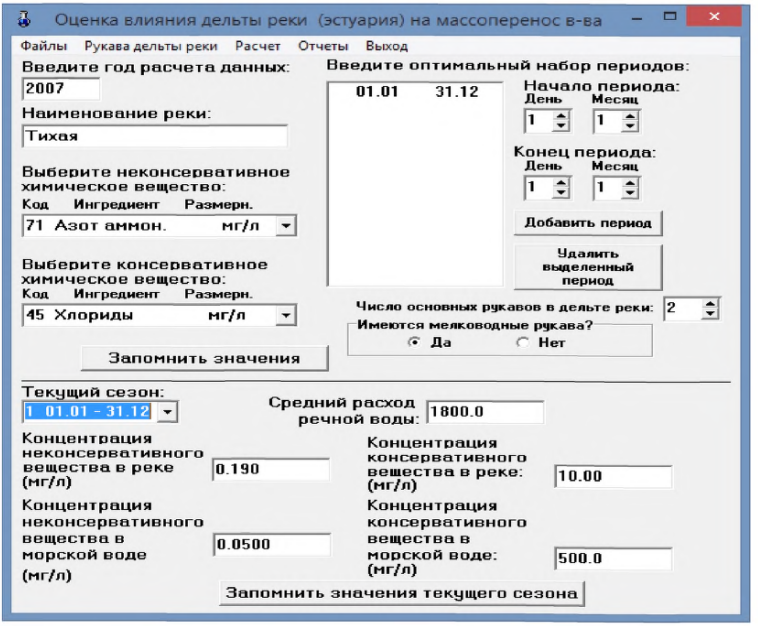


Рисунок Г.16 – Вид главной экранной формы программы с внесенной исходной информацией по р. Тихой и морю

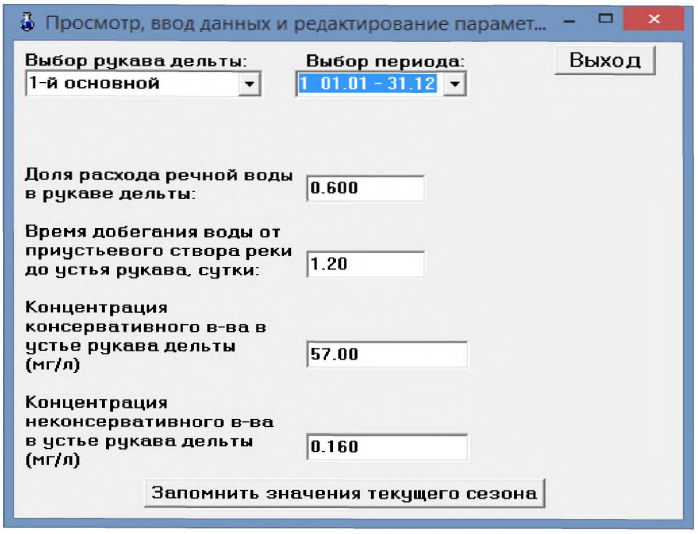


Рисунок Г.17 – Вид экранной формы программы с внесенной исходной информацией по первому основному рукаву реки

Результаты ориентировочного расчета массопереноса химического вещества с пресным речным стоком в устьевом створе реки учетом влияния на него эстуария или дельты реки с обобщением за сезон по рукавам

Река: Тихая
Вещество: Азот аммон.
Приустьевой участок (км от устья): 100 - 0
Год: 2007

Наименование рукава в дельте реки (эстуария)	Расчетный период (сезон), день, месяц	Массоперенос химического вещества в устьевом створе рукава без учета влияния дельты (или эстуария) реки, т	Массоперенос химического вещества в устьевом створе рукава с учетом влияния дельты (или эстуария) реки, т	Изменение в массопереносе химического вещества, т (%)
1-й основной	1 01.01 - 31.12	6471.2	5863.9	-607.3 (-9.39)
2-й основной	1 01.01 - 31.12	3235.6	2807.7	-427.8 (-13.22)
Мелководные рукава	1 01.01 - 31.12	1078.5	853.4	-225.1 (-20.87)
Итого по всем рукавам для сезона	1 01.01 - 31.12	10785.3	9525.1	-1260.3 (-11.68)
Итого в устье реки в целом	за год в целом	10785.3	9525.1	-1260.3 (-11.68)

Примечание - Значения изменения в массопереносе химического вещества со знаком плюс характеризуют наличие дополнительного привноса химического вещества на устьевом участке реки.

Расчеты выполнил _____ _____ _____
дата подпись расшифровка подписи

Рисунок Г.18 – Экранная форма представления результатов ориентировочного расчета массопереноса азота аммонийного с пресным стоком в устьевом створе реки Тихая с учетом влияния на него дельты реки с обобщением значений массопереноса за сезон по рукавам реки

Расчетные суммарные коэффициенты скорости трансформации химического вещества на приустьевом участке реки

Река: Тихая
Вещество: Азот аммон.
Приустьевой участок (км от устья): 100 - 0
Год: 2007

Наименование рукава (эстуария)	Расчетный период (сезон), день, месяц	Значение расчетного суммарного коэффициента трансформации вещества, 1/сут
1-й основной	1 01.01 - 31.12	0.0821
2-й основной	1 01.01 - 31.12	0.0946
Мелководные рукава	1 01.01 - 31.12	0.117

Расчеты выполнил _____ _____ _____
дата подпись расшифровка подписи

Рисунок Г.19 – Экранная форма представления результатов расчета суммарных коэффициентов скорости трансформации содержания азота аммонийного на приустьевом участке реки Тихая

Результаты ориентировочного расчета массопереноса химического вещества с пресным речным стоком в устьевом створе реки учетом влияния на него эстуария или дельты реки с обобщением для рукавов по сезонам

Река: Тихая
Вещество: Азот аммон.
Приустьевой участок (км от устья): 100 - 0
Год: 2007

Наименование рукава в дельте реки (эстуария)	Расчетный период (сезон), день, месяц	Массоперенос химического вещества в устьевом створе рукава без учета влияния дельты (или эстуария) реки, т	Массоперенос химического вещества в устьевом створе рукава с учетом влияния дельты (или эстуария) реки, т	Изменение в массопереносе химического вещества, т (%)
1-й основной	1 01.01 - 31.12	6471.2	6471.2	5863.9
Итого для рукава	за год в целом	6471.2	6471.2	5863.9
2-й основной	1 01.01 - 31.12	3235.6	3235.6	2807.7
Итого для рукава	за год в целом	3235.6	3235.6	2807.7
Мелководные рукава	1 01.01 - 31.12	1078.5	1078.5	853.4
Итого для мелководных рукавов	за год в целом	1078.5	1078.5	853.4
Итого в устье реки в целом	за год в целом	10785.3	10785.3	9525.1

Примечание - Значения изменения в массопереносе химического вещества со знаком плюс характеризуют наличие дополнительного привноса химического вещества на устьевом участке реки.

Расчеты выполнил _____ _____ _____
дата подпись расшифровка подписи

Рисунок Г.20 – Экранная форма представления результатов ориентировочного расчета массопереноса азота аммонийного с пресным стоком в устьевом створе реки Тихая с учетом влияния на него дельты реки с обобщением значений массопереноса для рукавов по сезонам

Библиография

[1] Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. - М.: Мир, 1973. – С. 159–163.

[2] Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей (утверждена приказом МПР РФ от 17.12.2007 № 333).

[3] Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты (утверждены приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 12.12.2007 № 328).

[4] Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – С. 39–33.

[5] Временные методические рекомендации по прогнозированию химического состава поверхностных вод с учетом перераспределения стока. – Л.: Гидрометеоиздат. 1988. – 53 с.

[6] Клименко О. А. Усовершенствованный подход к установлению нормативов допустимого воздействия (НДВ) по привносу в водный объект химических веществ / О. А. Клименко, А. Е. Косолапов // Водное хозяйство России.№ 2. 2013.– С. 54-68.

Ключевые слова: методика, массоперенос, химическое вещество, речной сток, участки реки, математическое моделирование, сточные воды, допустимый привнос

Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номер страницы				Номер документа (ОРН)	Подпись	Дата	
	измененной	замененной	новой	аннулированной			внесения изменений	введения изменений

gost.e-ecolog.ru