

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практического задания

### «ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕЧНЫХ ВОД ПО ДАННЫМ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА»

по дисциплине «Экология и контроль качества  
поверхностных вод»

Направление подготовки:

511100 – Экология природопользования;

510900 – Гидрометеорология

Специальность:

013600 – Геоэкология; 073200 – Гидрология



Санкт-Петербург  
2010

*Одобрена методической комиссией  
гидрологического факультета РГГМУ*

**УДК 502.175**

Методические указания по выполнению практического задания «Оценка загрязненности речных вод по данным гидрохимического мониторинга». – СПб.: РГГМУ, 2010. – 12 с.

*Составитель:* А.М. Оснач, преподаватель кафедры гидрологии суши, РГГМУ

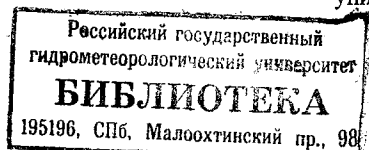
*Рецензент:*

*Ответственный редактор:* Б.Г. Скакальский, д-р геогр. наук, проф., РГГМУ.

Методические указания составлены в соответствии с дисциплиной «Экология и контроль качества поверхностных вод». Даются рекомендации по выполнению практического задания «Оценка загрязненности речных вод по данным гидрохимического мониторинга», в том числе с помощью компьютерной программы

© А.М. Оснач, 2010

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2010



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Ведущим этапом в обучении дисциплины «Экология и контроль качества поверхностных вод» является выполнение практического задания «Оценка загрязненности речных вод по данным гидрохимического мониторинга». Основной задачей практической работы является закрепление теоретических навыков по определению расчетных показателей, характеризующих качество воды водотоков.

Объект исследования (река) должен быть согласован с ведущим преподавателем. Ряд исходных данных должен включать в себя ингредиенты всех групп химического состава природных вод (главные ионы, органические и биогенные вещества).

Выполненная работа должна быть предоставлена на проверку до начала экзаменационной сессии. По принятой практической работе студенту выставляется зачет.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Никаноров А. М.* Гидрохимия. Учебник для ВУЗов. – СПб, Гидрометеоиздат, 2001. – 444 с.
2. *Орлов В.Г. Скакальский Б. Г. и др.* Контроль качества поверхностных вод. Учебное пособие для ВУЗов – Л.: Изд. ЛПИ, 1988. – 140 с.
3. *Орлов В.Г., Трушевский В.Л.* Экологические аспекты водопользования. Научно-методическое пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. – 183 с.

## ВВЕДЕНИЕ

По мере возрастания антропогенного воздействия на водные ресурсы особую актуальность приобретают задачи оценки загрязненности поверхностных вод.

В настоящем практическом задании рассчитываются интегральные показатели, которые позволяют оценить степень загрязненности водотока различными веществами, определить продолжительность и объем загрязненного стока в течение года, а также характеризовать изменчивость качества воды реки под влиянием хозяйственной деятельности.

# 1. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕЧНЫХ ВОД ПО ДАННЫМ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

## 1.1 Расчет показателей относительных значений продолжительности и объемов стока загрязненной и чистой воды

Для характеристики изменчивости загрязненности водных масс во времени и пространстве разработаны обобщенные показатели оценки качества воды водотоков.

Показатель относительной продолжительности стока загрязненной воды  $\tau_{заг}$  выражается отношением времени  $T_{заг}$  (например, числа дней), в течение которого средняя концентрация рассматриваемого  $j$ -го вещества в потоке  $S_j$  превышает значение ПДК, к общей продолжительности рассматриваемого промежутка времени, например, одному году:

$$\tau_{заг} = T_{заг}/T_{год}. \quad (1)$$

Время  $T_{заг}$  определяется по хронологическим графикам  $S_j(t)$ , на которых вычерчиваются прямые горизонтальные линии нормативных значений ПДК. На пересечении кривой  $S_j(t)$  с линиями ПДК фиксируют моменты времени, отвечающие переходу от загрязненного стока к чистому. Очевидно, что интервалы времени  $\Delta T$  между указанными линиями поочередно будут относиться к периодам загрязненного  $\Delta T_{заги}$  и чистого  $\Delta T_{чисти}$  стока. Полное время  $T_{заг}$  найдется как сумма:

$$T_{заг} = \sum_{i=1}^n \Delta T_{заги}, \quad (2)$$

где число  $n$  выражает общее число интервалов времени  $\Delta T_{заги}$  в году, отвечающих протеканию загрязненной воды (т.е. при  $S_j > \text{ПДК}$ ).

Показатель относительной продолжительности стока чистой воды  $\tau_{чист}$  получается тем же путем, что и предыдущий показатель, и вычисляется по формуле:

$$\tau_{чист} = T_{чист}/T_{год} = 1 - \tau_{заг}, \quad (3)$$

где

$$T_{\text{чист}} = \sum_{i=1}^m \Delta T_{\text{чист}i}, \quad (4)$$

$m$  – общее число интервалов времени в году  $\Delta T_{\text{чист}i}$ , отвечающих протеканию чистой воды (т.е. при  $S_j \leq \text{ПДК}$ ).

Показатель относительного объема загрязненного стока  $\alpha_{\text{заг}}$  рассчитывается по формуле  $\alpha_{\text{заг}} = V_{\text{заг}}/V_{\text{год}}$ , где  $V_{\text{год}}$  – объем годового стока реки;  $V_{\text{заг}}$  – объем стока реки за все интервалы времени, когда концентрация исследуемого вещества в потоке превышает значение ПДК, т.е. при  $S_j > \text{ПДК}$ . Величина  $V_{\text{заг}}$  может быть определена по соответствующим площадям гидрографа, ограниченными вертикальными линиями, проведенными через точки деления абсциссы  $t$  на отрезки  $\Delta T_{\text{заг}i}$  и  $\Delta T_{\text{чист}i}$ .  $V_{\text{заг}}$  складывается из объемов стока за отдельные периоды года, отвечающие превышению концентрации  $j$ -го вещества  $S_j$  над ПДК:

$$V_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n \Delta V_{\text{заг}i}. \quad (5)$$

Показатель относительного объема чистого стока  $\alpha_{\text{чист}}$  вычисляется по формуле:

$$\alpha_{\text{чист}} = V_{\text{чист}}/V_{\text{год}} = 1 - \alpha_{\text{заг}}.$$

Объем чистого годового стока находится суммированием

$$V_{\text{чист}} = \sum_{i=1}^m \Delta V_{\text{чист}i}. \quad (6)$$

## 1.2. Построение диаграммы состояния загрязненности водотока

По найденным значениям  $\alpha_{\text{заг}}$  и  $\tau_{\text{заг}}$  могут быть построены диаграммы состояния загрязненности речных вод по контролируемым показателям, демонстрирующие структуру загрязненности речного стока.

Диаграмма вычерчивается для конкретного периода (обычно для годового цикла) и характеризует особенности загрязнения водотока в данном пункте. Для построения диаграммы от нулевой вертикальной оси вправо и влево откладываются значения  $\tau_{заг}$  и  $\alpha_{заг}$  для различных ингредиентов. Части диаграммы, соответствующие  $\tau_{заг}$  и  $\alpha_{заг}$ , для каждого ингредиента обозначаются определенной штриховкой. Оставшаяся незаштрихованной часть диаграммы соответствует значениям  $\alpha_{чист}$  и  $\tau_{чист}$ .

Диаграмма состояния загрязненности дает наглядное представление о вкладе отдельных показателей качества воды в общий уровень загрязненности речного стока по их влиянию на продолжительность и объем загрязнения речного стока. Она может быть полезна при регулировании качества воды и планировании водохозяйственных мероприятий.

### 1.3. Пример расчета показателей загрязненности воды

*Дано:* данные гидрохимических и гидрологических наблюдений в двух створах на р. Цна, расположенных выше и ниже места сброса сточных вод у населенного пункта г. Тамбов за 1984 г. В качестве гидрохимического показателя принимается содержание нефтепродуктов (ПДК = 0,05 мг/л).

*Требуется:* определить показатели загрязненности воды р. Цна  $\tau_{заг}$ ,  $\tau_{чист}$ ,  $\alpha_{заг}$ ,  $\alpha_{чист}$  для двух створов.

#### Порядок выполнения работы:

1. По данным гидрохимических наблюдений на р. Цна у г. Тамбова строится гидрограф стока (рис. 1).

2. На том же чертеже вычерчиваются графики изменений гидрохимических показателей в течение года для створов, расположенных выше (ств. №1) и ниже (ств. №2) места выпуска сточных вод, и проводится горизонтальная линия нормативного значения ПДК для нефтепродуктов.

3. По вышеизложенной в п. 1.1 методике и используя рис. 1 определяются интегральные показатели  $\tau_{заг}$ ,  $\tau_{чист}$ ,  $\alpha_{заг}$ ,  $\alpha_{чист}$ . Результаты расчета приведены в таблице 1.

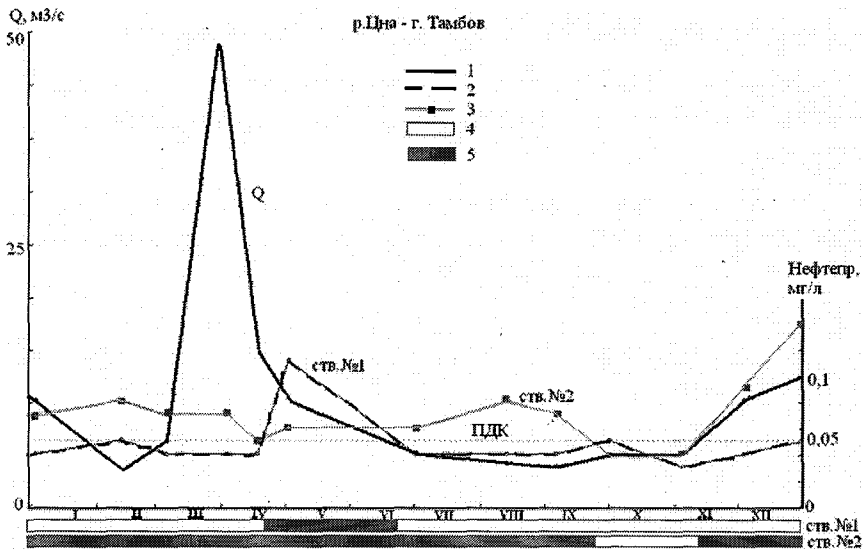


Рис. 1 Гидрограф р. Цна – г. Тамбов.

1 – расход воды  $Q$ ; 2 и 3 – хронологические графики содержания в воде нефтепродуктов в створах соответственно выше и ниже источника загрязнения; 4 – период чистого стока; 5 – период загрязненного стока.

Таблица 1

Определение интегральных показателей  $\tau_{заг}$ ,  $\tau_{чист}$ ,  $\alpha_{заг}$ ,  $\alpha_{чист}$  (для нефтепродуктов) на примере р. Цна – г. Тамбов.  $V_{год} = 0,34 \text{ км}^3/\text{год}$

Чистый сток			Загрязненный сток		
Период	Продолжительность, $T$ , сут	Сток $V$ , $\text{км}^3$	Период	Продолжительность, $T$ , сут	Сток $V$ , $\text{км}^3$
Створ выше источника загрязнения					
01.I – 20.IV			21.IV – 23.VI		
24.VI – 31.XII					
	299	0,28		66	0,06
	$\tau_{чист} = 0,82$	$\alpha_{чист} = 0,84$		$\tau_{заг} = 0,18$	$\alpha_{заг} = 0,16$
Створ ниже источника загрязнения					
23.IX – 10.XI			01.I – 22.IX		
			11.XI – 31.XII		
	49	0,02		316	0,32
	$\tau_{чист} = 0,14$	$\alpha_{чист} = 0,07$		$\tau_{заг} = 0,86$	$\alpha_{заг} = 0,93$

#### 1.4. Пример построения диаграммы загрязненности

*Требуется:* построить диаграмму состояния загрязненности р. Цна у г. Тамбова, пользуясь рассчитанными интегральными показателями.

Используя данные табл. 1 строятся диаграммы загрязненности воды по различным показателям для обоих створов, расположенных в пределах территории г. Тамбов (рис. 2).

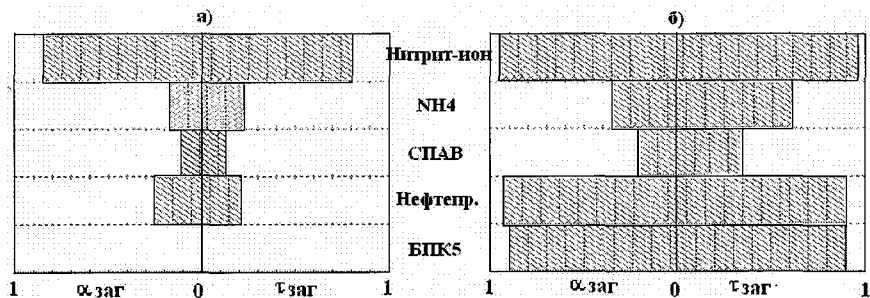


Рис. 2 Диаграмма состояния загрязненности р. Цна.

а) – верхний створ; б) – нижний створ.

Данный пример значительного увеличения содержания в воде нижнего створа реки таких показателей, как аммонийный  $\text{NH}_4^+$  и нитритный  $\text{NO}_2^-$  азот, СПАВ, нефтепродукты и величины БПК<sub>5</sub>, наглядно демонстрирует негативное влияние городской территории на водный объект.

## 2. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ «RIP»

Применение способа расчета интегральных гидролого-гидрохимических показателей в изложенном выше виде требует выполнения графических построений и планиметрирования площадей, что делает его весьма трудоемким.

Значительно упрощается выполнение данной работы с помощью компьютерной программы «RIP», специально разработанной в СЦНИТ «ИнфоГидромет» РГГМУ (рис. 3).



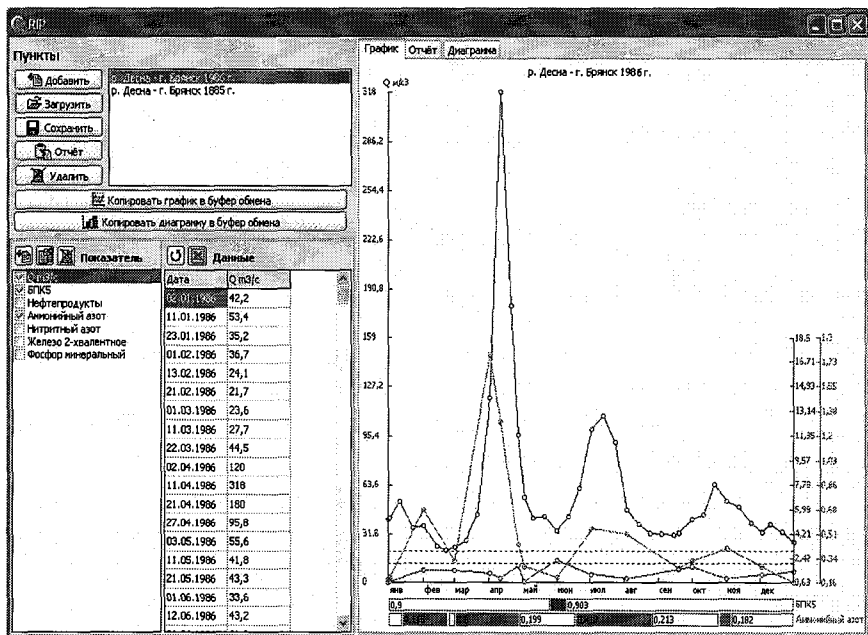


Рис. 3 Пример построения гидрографа и хемографа р. Десна – г. Брянск в программе «RIP».

Данная программа по вводимым значениям расходов воды и данным о содержании химических показателей рассчитывает продолжительность и объем загрязненного и чистого стока в течение года, показатели  $\tau_{заг}$ ,  $\tau_{чист}$ ,  $\alpha_{заг}$ ,  $\alpha_{чист}$ , а также помогает построить диаграммы состояния загрязненности водотоков и графики изменений гидрохимических показателей.



### 2.1. Методика работы в программе «RIP»


Для начала работы необходимо создать пункт, на примере которого будет оцениваться качество воды водотока, и экспортировать гидролого-гидрохимические данные из программы Microsoft Excel в программу «RIP».

Для этого:


1. Откройте программу «RIP».
2. В меню «Пункты» выберите команду «Добавить». В появившемся окне введите название пункта изучаемой реки.


3. Откройте документ Microsoft Excel, в котором находятся исходные гидрологические и гидрохимические данные. Для построения программой гидрографа выделите диапазон, состоящий из двух столбцов: дата и соответствующие датам измеренные расходы воды  $Q$ . Столбцы в листе Microsoft Excel необходимо располагать без разрыва между ними.


4. Вернитесь в программу «RIP». На панели «Данные» нажмите кнопку  «Взять из выделения Excel», и далее – кнопку  «Обновить». В результате выполненных действий в правом окне программы появится график гидрографа реки.

5. Для сохранения полученных результатов, в меню «Пункты» выберите команду  «Сохранить».

6. Для построения хемографа в документе Excel выделите диапазон, состоящий из двух столбцов: дата и концентрации анализируемого вещества  $S_j$ . Столбцы необходимо располагать также без разрыва.


7. В программе «RIP» на панели «Показатель» выберите команду «Добавить»  и в появившемся окне введите название ингредиента.


8. На панели «Данные» выберите команду  «Взять из выделения Excel». В строке ПДК введите нормативное значение анализируемого вещества.

9. После выполнения команды «Обновить»  в правом окне появится хронологический график концентрации ингредиента и горизонтальная линия, отвечающая значению его ПДК. Под графиком выводится шкала загрязненности, которая демонстрирует периоды загрязненного и чистого стока и их объемы (в км<sup>3</sup>) для анализируемого вещества.

10. В меню «Пункты» выберите команду «Отчет». В правом окне появятся характеристики загрязненного и чистого стока реки: период, объем, продолжительность и показатели загрязненности воды  $\tau_{заг}$ ,  $\tau_{чист}$ ,  $\alpha_{заг}$ ,  $\alpha_{чист}$ .

11. Построенная диаграмма состояния загрязненности воды появится при выборе закладки «Диаграмма».

12. По окончании работы следует сохранять результаты с помощью команды  «Сохранить».

13. Для возврата к сохраненным данным, начинайте работу в программе «RIP» с команды «Загрузить»  и в появившемся окне вводите название сохраненного ранее документа.

Таким образом, расчет гидролого-гидрохимических показателей загрязненности речного стока с помощью компьютерной программы «RIP» существенно сокращает время на количественный анализ экологического состояния водотока. Это позволяет широко использовать данную программу для оценки качества воды рек и анализировать динамику качества водотоков, как в пространстве, так и во времени.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	3
1. Оценка загрязненности речных вод по данным гидрохимического мониторинга	4
1.1. Расчет показателей относительных значений продолжительности и объемов стока загрязненной и чистой воды	4
1.2. Построение диаграммы состояния загрязненности водотока	5
1.3. Пример расчета показателей загрязненности воды	6
2. Расчет показателей загрязненности воды с помощью программы «RIP»	8
2.1. Методика работы в программе «RIP»	9

Учебное издание

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практического задания

#### «ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕЧНЫХ ВОД ПО ДАННЫМ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА»

по дисциплине «Экология и контроль качества поверхностных вод»

*Составитель:* Анна Михайловна Оснач

*Разработчик компьютерной программы:* А. В. Никифоров

*Редактор:* О. С. Крайнова

ЛР № 020309 от 30.12.96.

---

Подписано в печать 22.03.10. Формат 60х90 1/16. Гарнитура Times New Roman.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.-печ.л. 0,8. Уч.-изд.л.0,8. Тираж 100 экз. Заказ № 03/10  
РГТМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.  
ЗАО «НПП «Система», 197045, Санкт-Петербург, Ушаковская наб., 17/1.

---