

УДК 502/504 : 556.114

**В. Н. МАРКИН**

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

**НОРМИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА РЕКИ**

*Использование водных ресурсов основано на установлении нормативов водопотребления и сброса загрязняющих веществ. Лимиты водопотребления определяются без учета экологически допустимых объемов водозабора, а величина предельно допустимого сброса загрязняющих веществ со сточными водами должна обеспечить соблюдение нормативов предельно допустимых концентраций в реке. В предлагаемой работе рассматриваются вопросы, связанные с определением экологически обоснованных значений данных нормативов.*

*Лимит водопотребления, предельно допустимый сброс, загрязняющие вещества, рассредоточенные источники загрязнения, сосредоточенные источники загрязнения, речной сток.*

*Usage of water resources is based on establishment of norms of water consumption and disposal of contaminating substances. Limits of water consumption are determined without taking into consideration ecologically permissible volumes of water intake, and the value of the maximum permissible disposal of contaminating substances with the waste water must ensure observance of the norms of the maximum permissible concentrations in the river. The article considers the questions connected with the determination of ecologically substantiated values of the given norms.*

*Limit of water consumption, maximum permissible disposal, contaminating substances, distributed sources of pollution, concentrated sources of pollution, river runoff.*

Потребности в водных ресурсах реализуются главным образом за счет рек. На одного человека в среднем расходуется около 500 м<sup>3</sup> пресной воды в год с учетом его хозяйственно-питьевых потребностей, производства промышленной и сельскохозяйственной продукции. При этом в среднем по стране суммарный водозабор составляет менее 2 % от объема речного стока. Однако вследствие неравномерного распределения водных ресурсов и расселения людей в отдельных регионах доля безвозвратного изъятия воды в среднем по водности год может достигать 10...50 % от объема поверхностного стока, а в маловодные годы – более 40...100 %, что ведет к истощению водных объектов (рис. 1).

Острой проблемой для всех водных объектов является загрязнение воды вследствие поступления загрязненных сточных вод. Причина – отсутствие или

неэффективная работа очистных сооружений. В среднем по стране примерно 22 % возвратных вод сбрасывается в водные объекты без очистки или недостаточно очищенными (табл. 1), а доля

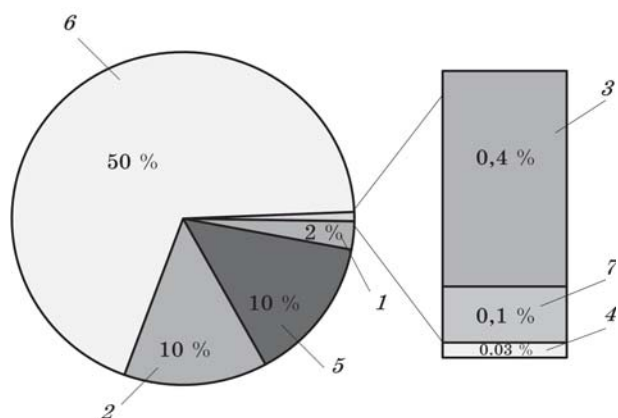


Рис. 1. Безвозвратное водопотребление по регионам страны, % от объема поверхностного стока, для условий среднего по водности года: 1 – Северо-Западный; 2 – Центральный; 3 – Уральский; 4 – Дальневосточный; 5 – Приволжский; 6 – Южный; 7 – Сибирский

Таблица 1  
**Основные показатели использования водных ресурсов, доля от водозабора из поверхностных водных объектов (2005) [1]**

Возвратные воды		Безвозвратное водопотребление	Потери при транспортировке	Коэффициент водооборота
Всего	В том числе загрязненные			
0,64	0,22	0,26	0,1	0,63

нормативно очищенных изменяется в пределах 4...29 % (рис. 2)

Результат такого использования рек – качество воды большинства водных объектов не отвечает нормативным требованиям, а экологическое состояние водных объектов оценивается как «неудовлетворительное». Загрязняющие ингредиенты – это нефтепродукты, фенолы, фосфор, азот (N), сульфаты (SO<sub>4</sub>), хлориды (Cl), цинк (Zn), никель (Ni) (рис. 3). Основными источниками загрязнения являются промышленность и коммунально-бытовое хозяйство.

Таким образом, использование рек ведет к их истощению и загрязнению. В значительной мере это связано с этапами планирования и контроля использования водных ресурсов, где должны рассматриваться вопросы лимитирования антропогенной нагрузки на водные

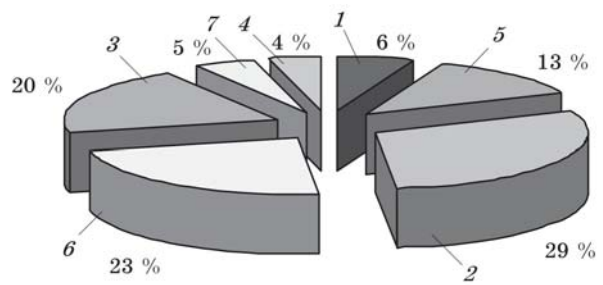


Рис. 2. Доля сточных вод, очищенных до нормативов качества по регионам: 1 – Центральный; 2 – Сибирский; 3 – Уральский; 4 – Северо-Западный; 5 – Приволжский; 6 – Южный; 7 – Дальневосточный

объекты. Данные вопросы должны решаться на основе системного подхода «от общего к частному», т.е. от речной экосистемы к конкретному источнику воздействий, что можно выразить в виде блок-схемы (рис. 4).

Цель использования водных ресурсов – это гарантированное удовлетворение потребностей в воде **на основе сохранения экологического состояния водных объектов**. Сохранение экологического состояния рек связано с охраной их от истощения и загрязнения, для чего необходимо решить следующие задачи:

- определить экологически допустимые объемы изъятия воды из рек, что позволит обосновать лимиты водопотребления для конкретного водопользователя;
- определить допустимые объемы поступления загрязняющих веществ в

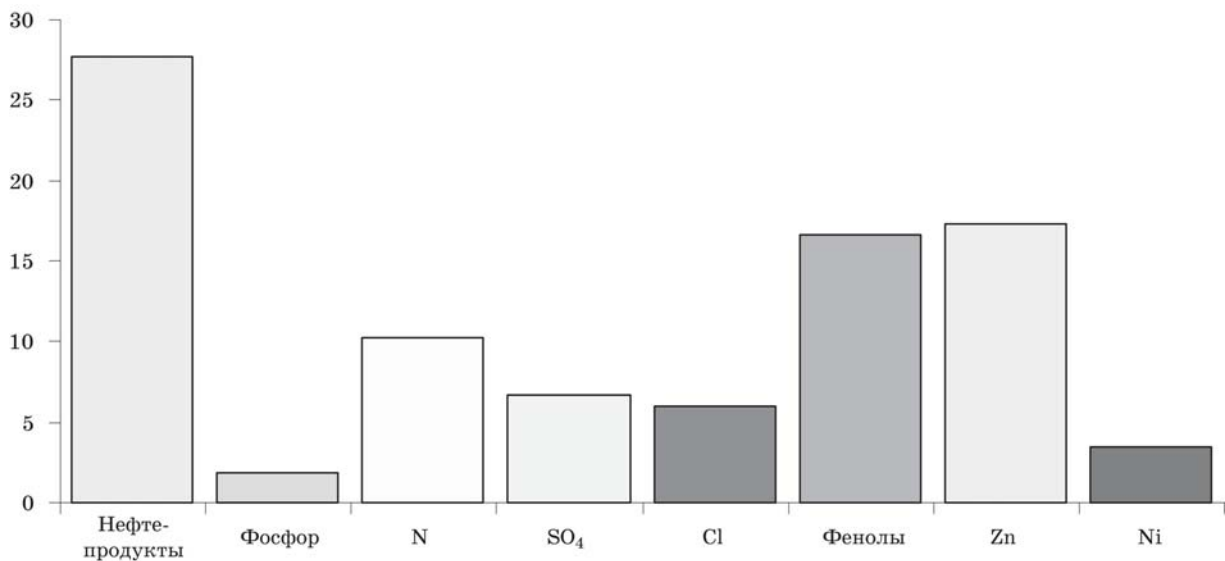


Рис. 3. Средняя для речного стока России кратность превышения предельно допустимой концентрации характерных загрязняющих веществ

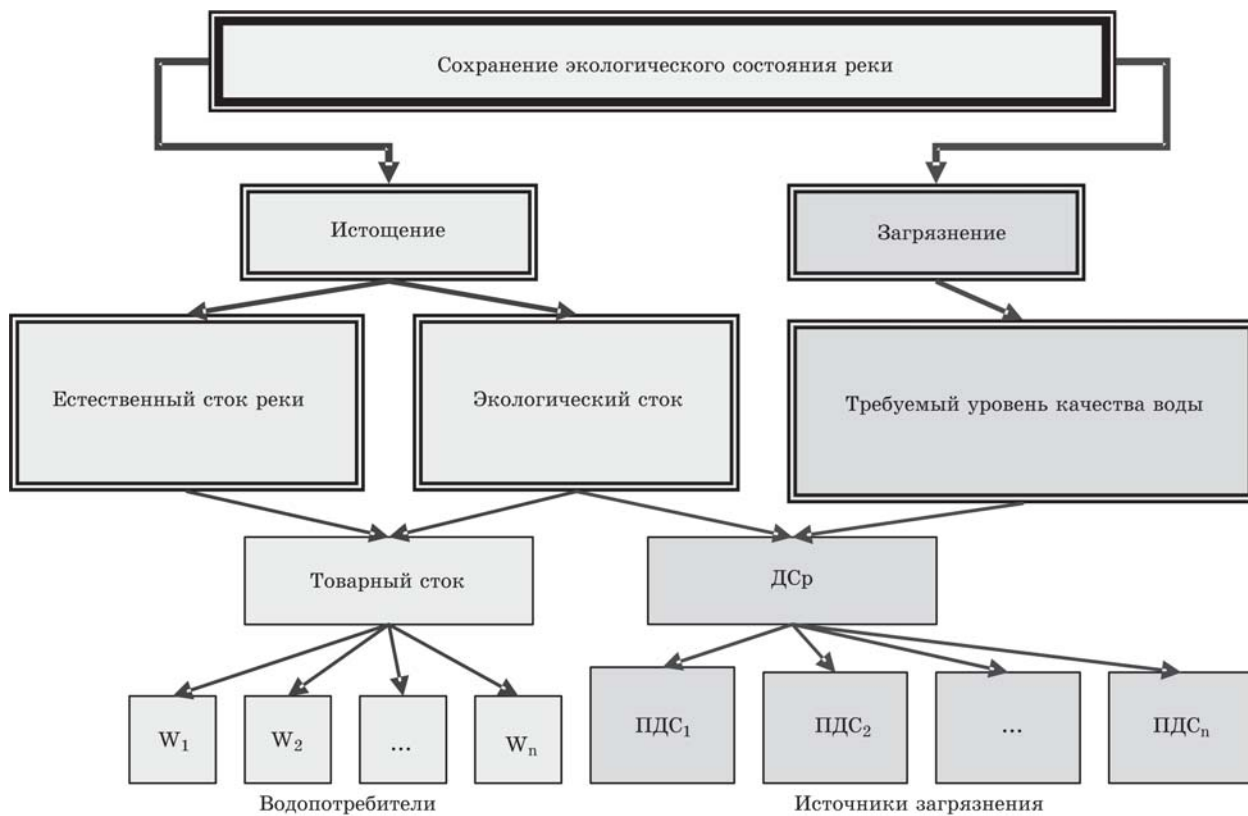


Рис. 4. Блок-схема определения нормативов водопотребления и предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ в реку

реку на основе планируемого качества ее воды, что позволит разработать нормативы предельно допустимого сброса (ПДС) для конкретного источника загрязнений.

В настоящее время лимиты водопотребления и нормативы ПДС разрабатывают сами водопользователи, а роль контролирующих организаций сводится к процедуре их согласования. В этом случае практически не учитывается или учитывается косвенно состояние всего водного объекта как единого организма.

Расчет данных нормативов следует начинать с определения располагаемого для водопотребления ресурса воды – товарного стока  $W_{тс}$  и выбора требуемого уровня качества воды в реке, который планируется формировать или сохранить.

Объем товарного стока определяется в целом для реки и для каждого  $j$ -го водохозяйственного створа  $W_{тс}^j$ , как разность между естественным и экологически допустимым стоком реки:

$$W_{тс} = W_p - W_{эк}; W_{тс}^j = W_p^j - W_{эк}^j; W_{тс} = \sum W_{тс}^j.$$

Величина экологически допустимого стока может быть определена раз-

ными методами. Рекомендуется применять методы пропорциональных расходов, повышения обеспеченности и сезонных ограничений, которые обеспечивают допустимую степень сохранности экосистемы [2].

Товарный сток конкретного водохозяйственного створа распределяется между  $i$ -ми водопотребителями  $W^{ij}$  с учетом изъятия (всего или его части) товарного стока в вышележащих створах. Причем суммарный объем безвозвратного водопотребления  $\sum W_{\phi}^{ij}$ , который запрашивают водопользователи, не должен превышать величину товарного стока:

$$W_{тс}^j - W_{тс}^{j-1} = \sum W^{ij}; \sum W^{ij} \geq \sum W_{\phi}^{ij}.$$

Нормирование сброса загрязняющих веществ в водный объект начинается с выбора требуемого уровня качества воды и комплексного показателя, по которому качество воды будет определяться и контролироваться. Планируемое качество воды следует согласовать с природными особенностями водного объекта и со сложившейся на современный момент водохозяйствен-

ной обстановкой. Для большинства рек следует признать приемлемым выход на уровень «умеренно загрязненной» воды. Качество воды рекомендуется определять с помощью показателя предельной загрязненности  $K_{пз}$ , который представляет собой теоретически обоснованную модификацию индекса загрязнения воды (ИЗВ) [3]:

$$K_{пз} = \frac{1}{n} \sum_{\beta=1}^n \frac{C_{\beta}}{ПДК_{\beta}} - 1,$$

где  $C_{\beta}$ ,  $ПДК_{\beta}$  – соответственно концентрация  $\beta$ -го загрязняющего вещества в воде и его предельно допустимая концентрация;  $n$  – количество веществ, используемых для расчета показателя (Методика определения величины  $K_{пз}$  и шкала классов качества воды соответствуют методике определения индекса загрязнения воды. Учítывая, что для его определения используется ограниченный набор характеристик качества воды  $n_1$ , а для целей нормирования следует учítывать все загрязняющие вещества  $n_2$ , можно воспользоваться линейным графиком связи  $K_{пз}^{n1}$  и  $K_{пз}^{n2}$ ).

Планируемому классу качества воды соответствует определенное граничное значение показателя загрязненности  $K_{пзгр}$ . Например, для «умеренно загрязненного» класса значение показателя изменяется в пределах 0...1, следовательно,  $K_{пзгр}$  принимается равным 0 или 1 в зависимости от водохозяйственных условий. Принятое значение  $K_{пзгр}$  соответствует сумме отношений концентраций  $\beta$ -х веществ в речной воде к их предельно допустимым концентрациям:

$$\sum_{\beta} \frac{C_{\beta}}{ПДК_{\beta}} = n (K_{пзгр} + 1).$$

Концентрация  $C_{\beta}$  используется для определения допустимого количества  $\beta$ -го вещества в реке:

$$ДС_{\beta} = C_{\beta} \cdot W_{эк}.$$

Загрязняющие вещества поступают в реки от рассредоточенных источников  $G$ , не оборудованных системой канализации, и сосредоточенных источников (ПДС), оборудованных системой канализации. Это надо учítывать при разработке нормативов предельно допустимого сброса ДС, которые разрабатывают только для сосредоточенных источников:

$$ДС_{\beta} - G_{\beta} = \sum ДС_{\beta}^j.$$

Величина  $ДС_{\beta}^j$  представляет собой допустимое количество  $\beta$ -го загрязняющего вещества в  $j$ -м створе реки, которое поступает в реку от сосредоточенного источника. Данное значение используется для расчета нормативов предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами в  $j$ -й створ реки:

$$ПДС_{\beta}^j = \sum ДС_{\beta}^j - \sum ДС_{\beta}^{j-1}.$$

Предложенный подход к определению нормативов водопотребления и сброса загрязняющих веществ позволяет:

- предотвратить истощение реки;
- обеспечить условия эффективного контроля водопотребления, получить разрешение на водопользование и согласование мест строительства объектов, влияющих на состояние вод;
- планировать формирование требуемого качества воды в реках;
- производить расчет значений предельно допустимых сбросов контролирующей организацией, что обеспечит условия эффективного учета экологических требований;
- стимулировать проведение водоохранных мероприятий по снижению нагрузки на водный объект.

Ниже показаны модельные примеры определения лимитов водопотребления и нормативов предельно допустимого сброса (табл. 2, 3).

Пример определения нормативов предельно допустимого сброса для достижения уровня «умеренно загрязненной» воды в реке – створ 1 (табл. 2):  $K_{пзгр} = 0$ . В этом случае сумма отношений допустимых концентраций загрязняющих веществ в реке к их предельно допустимой концентрации будет равна:

$$\sum_{\beta} \frac{C_{\beta}}{ПДК_{\beta}} = 12.$$

В соответствии с этим для каждого показателя можно принять соотношение  $C_{\beta} : ПДК_{\beta} = 1$ . В табл. 3 представлен список контролируемых

Таблица 2

**Пример определения лимитов водопотребления, млн м<sup>3</sup>**

Створ	$W_p$	$W_{эк} = 0,8W_p$	$W_{тс} = W_p - W_{эк}$	$W_{тс}^j$	$\Sigma(W_{тс}^j - W_{тс}^i)$	$W_{тс}^i$	$W_{ф}^i$
Исток	0	0	0	0	0	0	0
1	280	196	84	84	0	84	90
2	1960	1372	588	504	494	10	10
3	5722	4005	1717	1129	1323	200	200
Устье	6000	4200	1800	83	1306	100	100

*Примечания:*

- $W_p, W_{эк}, W_{тс}$  – соответственно объем речного, экологического и товарного стоков.
- $W_{тс}^j$  – часть товарного стока, который можно использовать в  $j$ -м створе:  
 $W_{тс}^{j+1} = W_{тс}^{j+1} - W_{тс}^j$ .
- $W_{тс}^i$  – устанавливаемый лимит водопотребления на участке реки между створами  $i$  и  $j$ .
- $W_{ф}^i$  – запрашиваемый объем водопотребления на участке реки между створами  $i$  и  $j$ .
- Водопотребление осуществляется из 1, 2, 3 и устьевого створа.
- В третьем створе вода потребляется двумя предприятиями.
- В первом створе устанавливаемый лимит водопотребления меньше запрашиваемого объема. В других створах лимиты устанавливаются на уровне запрошенных объемов, причем в устьевом участке лимит обеспечивается за счет неостребованных объемов товарного стока во втором и третьем створах.

Таблица 3

**Пример расчета нормативов ПДС для источников загрязнения, расположенных во всех расчетных створах реки**

Вещества	$C_{\beta}$ , мг/л	$ДС_{\beta}^1$ , т	$ДС_{\beta}^2$ , т	$G_{\beta}^1$ , т	$G_{\beta}^2$ , т	$ПДС_{\beta}^1$ , т	$ПДС_{\beta}^2$ , т	$ДС_{\beta}^3$ , т	$ПДС_{\beta}^{31}$ , т	$ПДС_{\beta}^{32}$ , т	$ПДС_{\beta}^{устье}$ , т
Номера створа $j$		1	2	1	2	1	2	3	3	3	Устьевой
БПК5	3	588	4116	100	2000	488	1628	7899	5266	2633	585
NH4	0,5	98	686	70	140	28	518	1317	878	439	98
NO2	0,08	16	110	6	30	10	70	211	140	70	16
NO3	9,1	1784	12485	700	1100	1084	10302	23960	15974	7987	1775
Fe	0,3	59	412	10	100	49	263	790	527	263	59
Cu	0,001	0,20	1,37	0	0	0	1	3	2	1	0
Zn	0,01	1,96	13,72	0,2	1,3	2	11	26	18	9	2
Ni	0,01	1,96	13,72	0,5	5	1	7	26	18	9	2
Mn	0,01	1,96	13,72	0	0	2	12	26	18	9	2
Фенол	0,001	0,20	1,37	0	0	0	1	3	2	1	0
Нефть	0,05	9,8	68,6	0	0	10	59	132	88	44	10
$W_{эк}^j$		196	1372					4005			4200

*Примечания:*

- Допустимое количество веществ в реке рассчитывается по формуле  $ДС_{\beta}^j = C_{\beta} W_{эк}^j$ . Экологически допустимый сток взят из табл. 2.
- Рассредоточенные стоки с объемом веществ  $G_{\beta}^j$  поступает в реку только на первом и втором водохозяйственном участке. Причем  $G_{\beta}^2$  включает в себя объем  $G_{\beta}^1$ .
- Нормативы ПДС определяются для каждого источника загрязнения реки:  
 $ПДС_{\beta}^1 = ДС_{\beta}^1 - G_{\beta}^1$ ;  $ПДС_{\beta}^2 = ДС_{\beta}^2 - G_{\beta}^2 - ПДС_{\beta}^1$ ;  $ПДС_{\beta}^3 = ДС_{\beta}^3 - G_{\beta}^2 - ПДС_{\beta}^1 - ПДС_{\beta}^2$ ;  
 $ПДС_{\beta}^4 = ДС_{\beta}^4 - G_{\beta}^2 - ПДС_{\beta}^1 - ПДС_{\beta}^2 - ПДС_{\beta}^3$ .
- В третьем створе два сосредоточенных сброса сточных вод, поэтому допустимая нагрузка делится между ними, например, пропорционально объемам водоотведения (в данном случае принято равным 2:1):  $ПДС_{\beta}^{3-1} = (2/3)ДС_{\beta}^3$ ;  $ПДС_{\beta}^{3-2} = (1/3)ДС_{\beta}^3$ ;  $ДС_{\beta}^3 = ПДС_{\beta}^{3-1} + ПДС_{\beta}^{3-2}$ .

показателей качества воды.

### Выводы

Предлагаемая методика позволяет определять экологически обоснованные нормативы:

лимиты водопотребления, исходя из возможности водоисточника;

предельно допустимые сбросы веществ, поступающих в реки от сосредоточенных и рассредоточенных источников загрязнения, исходя их условия достижения заданного качества вод.

Соблюдение данных нормативов позволит сохранить экологическое состояние водных объектов и планировать водоохранные мероприятия для формирования желаемого уровня качества воды в реке.

### Список литературы

1. Аналитические материалы по оценке состояния водохозяйственного комплекса Российской Федерации за 9 месяцев 2008 года

и прогноз на последующие 3 месяца [Текст] / Федеральное агентство водных ресурсов России. – 2008. – URL : [voda.mnr.gov.ru/part/?act=more&id=3212&pid=153/](http://voda.mnr.gov.ru/part/?act=more&id=3212&pid=153/)

2. **Маркин, В. Н.** Сравнение методов определения величины экологически допустимого стока рек [Текст] / В. Н. Маркин // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем : материалы Международной научно-практической конференции. – Ч. 2. – М. : МГУП, 2006. – С. 126–132.

3. **Шабанов, В. В.** Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем в схемах КИОВР [Текст] / В. В. Шабанов, В. Н. Маркин // Деп. в ВИНТИ 06.11.07, № 1022. – М. : ФГОУ ВПО МГУП, 2007. – 81 с.

Материал поступил в редакцию 27.04.09.

**Маркин Вячеслав Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Комплексное использование водных ресурсов»

Тел. 8 (495) 976-21-56