

**УДК 556.53.(477.75)**

## **ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКИ МАЛЫЙ САЛГИР**

***Власова А.Н.***

Автором проведена статистическая обработка многолетних показателей среднего годового стока реки Малый Салгир, построена кривая обеспеченности. Изучено гидроэкологическое состояние реки Малый Салгир. Проведен анализ по определению концентрации ионов  $\text{NO}_3$  в пробах воды, отобранных на различных участках реки. Рассчитан показатель экологического состояния, выявлены участки с устойчивым и неустойчивым состоянием.

Ключевые слова: малая река, гидроэкология, гидрологические характеристики рек, сток, расход, показатель экологического состояния реки.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние десятилетия в Украине обострилась проблема рационального использования водных, биологических и рекреационных ресурсов малых рек. В связи с этим было издано специальное Постановление Кабинета Министров Украины «О комплексной программе защиты от вредного действия вод сельских населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий в Украине». В соответствии с Постановлением Верховная Рада АРК утвердила Региональную программу, в которой перечисляются реки, наносящие жителям прибрежных населённых пунктов значительный материальный ущерб, в том числе отмечается река Малый Салгир.

Проблема малых рек возникла и продолжает оставаться природоохранной и водоохранной, включающей важную природообразующую и экологическую роль малых рек, как одного из компонентов географического ландшафта. Малые реки имеют длину не более 100 км, площадь водосбора не более  $2000 \text{ km}^2$ , это начальное звено речной сети, и все изменения в их режиме и качестве воды отражается по всей гидрографической цепи. Малые реки особо чувствительны к антропогенным воздействиям, происходящим на водосборе, и уровень их экологического благополучия является показателем общего экологического благополучия ландшафта. Проблемы экологического благополучия малых рек могут быть решены при осуществлении целого комплекса мер по рационализации природопользования, охватывающих не только водное, сельское, лесное и коммунальное хозяйства. Решением этих проблем занимается гидроэкология, которая изучает возможность и практические пути минимизации негативного влияния гидрологического режима и состояния водных объектов на биоценозы, на безопасность жизнедеятельности населения, социальных и производственных объектов в зонах существующей или потенциальной угрозы затопления территорий, разрушения сооружений, ухудшения качества воды и т.п. [1]. Гидроэкологические исследования особенно актуальны и приобретают первостепенное значение в условиях интенсификации и роста масштабов антропогенного воздействия на природу. Эти исследования позволяют произвести оценку и прогнозирование возможных последствий такого воздействия.

## **ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ...**

---

Большинство рек в Крыму являются малыми. Длина реки Малый Салгир – 23 км, площадь водосборного бассейна - 96,1 км<sup>2</sup>. Малый Салгир берет начало из родников на Долгоруковской яйле на абсолютной высоте 700 м у подножия горы Коль-Баир, входящей в систему северо-западных отрогов Главной гряды Крымских гор, протекает через город Симферополь и впадает в Салгир справа в районе кинотеатра «Космос». Размеры речной долины и хорошо выработанные её формы говорят о значительной размывающей силе водных потоков, протекавших в древности в долине. Современное русло Малого Салгира представлено узким протоком и неразмытыми поймой и надпойменными террасами и хорошо развитой древней террасой [5]. Водосборный бассейн реки Малый Салгир вытянут вдоль реки Салгир, охватывает нижнюю часть склонов Главной гряды, северную часть грабена, расположенного у подножия гряды, и первую продольную долину, отделяющую Главную гряду от предгорной зоны. Местность, прилегающая к долине, характеризуется горным рельефом, в нижнем течении холмистая. Долина реки корытообразная, у устья неясно выраженная, склоны плоские, низкие. Долина занята садами, огородами, пашнями и сенокосами, в ряде мест русло заболочено. Пойма возвышается на 0,5-0,75 м и ширина её меняется от 200 до 400м. Русло умеренно извилистое, в межень почти повсеместно сухое. Местами вода проходит подрусловым потоком. Дно илистое, вязкое, почти повсеместно заросшее. Река на всём протяжении проходима вброд, ширина ее изменяется от 0,5м до 5 м, глубина - 0,1-0,6 м. Грунт дна реки илисто-щебнистый или илисто-песчаный. На ряде участков русло искусственно обваловано в целях предотвращения наводнений. На реке имеется ряд гидротехнических сооружений (бетонные запруды, мосты).

Целью исследования является изучение гидрологических и гидроэкологических особенностей реки Малый Салгир в пределах города Симферополя для использования полученных результатов при проведении паводково-защитных и экологических мероприятий.

### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **Методика гидрологических исследований и расчетов**

На реке Малый Салгир установлен речной водомерный пост. По ежедневно измеренным уровням с помощью кривой расходов определяются ежедневные, месячные и годовые расходы воды.

При слаживании простейшего вида [2, 3] хронологического графика расходов за многолетний период каждая ордината  $y$  была заменена средним значением из  $y_n$  и четырех соседних ординат  $y_{n-2}, y_{n-1}, y_{n+1}$  и  $y_{n+2}$ :

$$y = (y_{n-2} + y_{n-1} + y_n + y_{n+1} + y_{n+2}) / 5 \quad (1)$$

Основной характеристикой рек является величина их среднегодового стока (норма стока). Для облегчения дальнейших расчётов переходят от их реальных значений к относительным, для чего определяют модульный коэффициент  $k$ :

$$k = Q_1 / Q_{ср} \quad (2)$$

Для характеристики годового стока используются два безразмерных показателя: [3]. Коэффициент вариации ( $C_V$ ) характеризует изменчивость стока и определяется по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (k-1)^2}{(n-1)}} , \quad (3)$$

где  $n$  – общее количество расходов.

Коэффициент асимметрии ( $C_s$ ) характеризует степень симметричности ряда расходов относительно среднего значения:

$$C_s = \frac{\sum_{k=1}^n (k-1)^3}{(n-1) C_v^3} \quad (4)$$

Для построения кривой обеспеченности помимо данных о средних расходах необходимы также данные об обеспеченности каждого расхода (число лет, когда наблюдались расходы выше или равные данному). Величина обеспеченности  $P$  определяется по формуле

$$P = \frac{m - 0,5}{n} \cdot 100, \% \quad (5)$$

где  $m$  – номер данного расхода.

#### **Методика оценки экологического состояния водных ресурсов малых рек**

Состав и свойства речных вод формируются в результате взаимодействия различных естественных и антропогенных процессов, происходящих одновременно на водосборе и в самой реке, и зависит от целого комплекса природных физико-географических условий и хозяйственной деятельности на водосборной площади. Отбор пробы воды является важной частью её анализа, необходимым условием правильности получаемых результатов и применимости их на практике. Для неполного анализа, при котором определялись только несколько компонентов, было отобрано по 1 л воды на каждой характерной точке, указано точное место отбора.

Ухудшение показателей состава вод очень часто вызвано антропогенным воздействием, которое вносит физические, химические, биологические изменения в природную среду. Для вод хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового использования установлены санитарные нормы, включающие предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ [4]. При поступлении в водные объекты отношение концентрации вещества к соответствующему значению ПДК не должна превышать единицу.

Оценка параметра, необходимая для поиска дифференциального показателя качества, представляет собой отношение к норме отличия параметра от нормы. Если  $\Pi$  и  $H$  – значение параметра (концентрация вещества) и его норма, то дифференциальные показатели качества для  $i$ -го вещества, которые называются показателями экологического состояния (ПЭС), записываются в виде:

$$\Pi_{\text{ES}} = a_i (H_i - \Pi_i) / H_i; \quad (6)$$

Величина  $a_i$  является коэффициентом весомости  $i$ -го параметра. Если ПЭС больше нуля, то параметр удовлетворяет норме, если ПЭС равен нулю, то параметр равен норме, если ПЭС меньше нуля, то параметр не удовлетворяет норме [4].

В аналитической практике для анализа природных вод при экологическом мониторинге достаточно широко используется измерение содержания нитратов. Для определения содержания нитратов был использован лабораторный иономер И-160М, который предназначен для потенциометрического измерения активности ионов [7].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Результаты гидрологических исследований

Исходным материалом для проведения анализа и расчетов среднегодового стока реки Малый Салгир послужил фактический материал результатов наблюдений на водомерном посту, расположенным в Гагаринском парке. В настоящей работе используются данные по измерению стока за предыдущие годы из справочника «Ресурсы поверхностных вод СССР» [6], а материалы за последние годы были получены непосредственно в Крымском центре по гидрометеорологии. Проведена математическая, статистическая и графическая обработка этих данных.

Сглаживание по скользящим пятилеткам хронологических графиков среднего годового стока (рис.1) позволило выявить цикличность хода стока и выделить ряд маловодных и многоводных периодов. Период с самым маленьким средним годовым стоком – 1963-1968 гг. Далее водность реки Малый Салгир несколько увеличивается, а затем с 1975 по 1978 годы падает., с 1979 по 1990 гг. водность практически постоянна. Период снижения водности с 1991 по 1995, а 1996 - 2000гг. характеризуются очень высокой водностью, именно в этот период (1997г.) в Крыму проходили многочисленные наводнения. Рассматривая график колебания среднегодовых расходов воды за весь период наблюдений на реке Малый Салгир можно сделать вывод, что водность, несмотря на колебания, увеличивается.

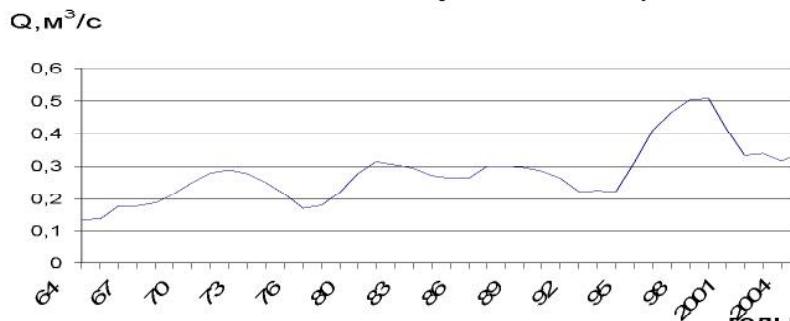


Рис.1. График изменения средних годовых расходов по скользящим пятилеткам

Наибольший годовой сток, который наблюдался на реке Малый Салгир, в створе гидрологического поста г. Симферополь, достигал  $0,75 \text{ м}^3/\text{с}$ , а наименьший  $0,10 \text{ м}^3/\text{с}$ . Средний годовой сток за 40 лет наблюдений составляет  $0,27 \text{ м}^3/\text{с}$  – норма стока.

После определения средней величины годового стока по формуле (1), для каждого члена ряда вычисляется модульный коэффициент  $k$  – отношение годового стока за каждый год к средней величине. Для реки Малый Салгир модульный коэффициент меняется от 2,71 до 0,36. Значение коэффициента вариации  $C_V = 0,49$ , коэффициента асимметрии  $C_S = 1,73$ . Значения  $C_V$  и  $C_S$  соответствуют характеристикам, полученным для других горных рек Крыма [4].

По формуле (5) была определена обеспеченность  $P$  каждого расхода. Построена кривая обеспеченности (рис.2), которая может быть использована при расчетах и проектировании гидротехнических сооружений.

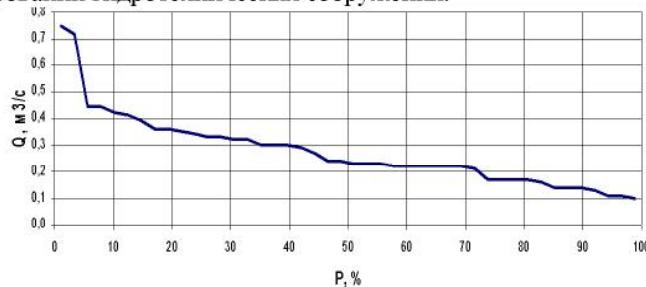


Рис.2. Кривая обеспеченности средних годовых расходов

#### Результаты гидроэкологических исследований

Динамика загрязнения вод реки Малый Салгир была рассмотрена на примере нитратов – солей и эфиров азотной кислоты  $\text{HNO}_3$ . Присутствие нитратных ионов в природных водах обусловлено внутриводоёмными процессами, атмосферными осадками, промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, стоком с сельскохозяйственных угодий и сбросными водами с орошаемых полей, на которых применяются азотные удобрения. В поверхностных водах нитраты находятся в растворённой форме. В незагрязнённых поверхностных водах концентрация нитрат-ионов не превышает величины порядка микрограммов в 1  $\text{дм}^3$  в пересчёте на азот [7].

При длительном употреблении питьевой воды и пищевых продуктов, содержащих значительное количество нитратов (от 25 до 100  $\text{мг}/\text{дм}^3$  по азоту), резко возрастает концентрация метгемоглобина в крови, смертельная доза нитратов для человека составляет 8-15 г. Однако немаловажную роль играет тот факт, что азот – один из первостепенных биогенных элементов, этим обусловлено применение соединений азота в качестве удобрений. С одного гектара орошаемых земель выносится в водные системы 8-10 кг азота. При неправильном использовании нитратов в качестве удобрений они накапливаются в сельскохозяйственных продуктах в чрезмерных количествах, что может привести к отравлению людей и животных. ПДК<sub>в</sub> нитратов составляет 45  $\text{мг}/\text{дм}^3$  (по  $\text{NO}_3^-$ ) [4].

В комплексной лаборатории наблюдений за загрязнением природной среды центра по гидрометеорологии АРК ведутся постоянные наблюдения за состоянием водных объектов и воздействующими на них факторами. Наблюдения проводятся в двух точках (на расстоянии 300 м выше городской черты и в черте города), что даёт

## ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ...

возможность проведение сравнительного анализа. Автором были изучены данные наблюдений за год. График, отражающий динамику загрязнения реки Малый Салгир нитратами (рис.3), позволяет выявить ряд особенностей. Наблюдается сезонность содержания нитратов, что вероятно связано с внесением удобрений. Установлено [8], что существует прямая связь

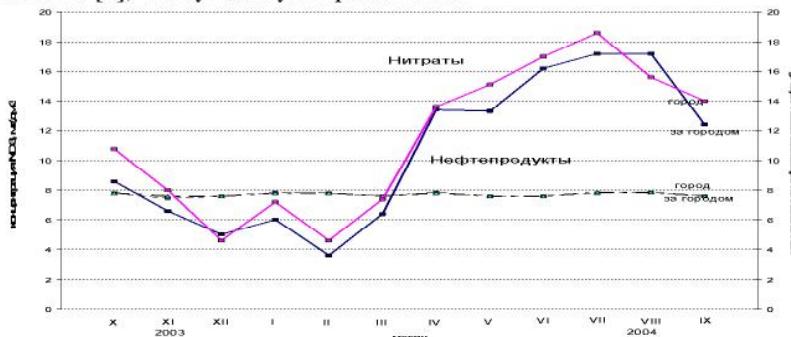


Рис. 3. Динамика загрязнения нитратами реки Малый Салгир (составлен автором по данным КЛНЗПС центра по гидрометеорологии АРК)

между выносом нитратов рекой и моментом внесения удобрений в почву с учётом времени, необходимо для вымывания нитратов из почвы. Содержание нитратов выше городской черты колеблется от 23,5 до 42,3 мг/дм<sup>3</sup>, а в городе от 62 до 70 мг/дм<sup>3</sup>. Увеличение концентрации нитратов в городской черте связано с возрастанием антропогенной нагрузки.

При проведении рекогносцировочных обследований было установлено, что экологическое состояние русла реки Малый Салгир является неудовлетворительным. Река замусорена пустыми пластиковыми бутылками, старыми автомобильными покрышками, строительным мусором на всем протяжении в черте города. На некоторых участках отмечаются выпуски вод городской канализации. В устьевой части реки в районе ул. Гайдара канализационный выпуск представляет собой трубопровод диаметром 1м, в Луговом также были зарегистрированы канализационные выпуски, но меньшего размера. В реку попадают хозяйствственно-бытовые стоки и мусор, постройки и садовые участки вплотную подошли к воде.

Результаты исследований представлены на графике изменения концентрации нитратов в реке Малый Салгир в пределах города Симферополь (рис. 4).

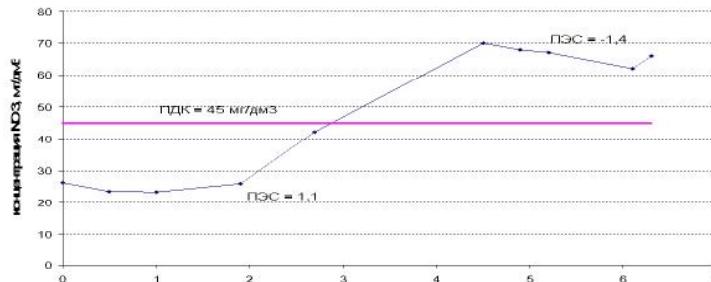


Рис. 4. Изменение концентрации нитратов в реке Малый Салгир в пределах города Симферополь

Концентрация нитратов на участке реки вблизи окраины города не превышает ПДК<sub>в</sub>. Используя формулу (6), можно оценить показатель экологического состояния по загрязнению нитратами, на этом участке ПЭС<sub>и</sub> = 1,1. По мере продвижения в город на реке Малый Салгир наблюдается увеличение числа объектов хозяйственной деятельности: автотранспортное предприятие, автомагистрали, берега реки застраиваются автозаправочными станциями, кафе. На этом участке реки концентрация нитратов увеличивается до 70 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает ПДК<sub>в</sub> в 1,56 раз, а ПЭС<sub>и</sub> = -1,44. Состояние реки на этом участке реки по данному параметру можно считать неустойчивым.

Причинами неудовлетворительного экологического состояния являются значительные антропогенные нагрузки в виде производственных и бытовых вод, поступающих в реку. Сельскохозяйственные сточные воды попадают в реку после дождей и таяния снега с территории бассейна. Эти воды несут с собой пестициды и удобрения. Промышленные сточные воды попадают в реку через канализационную систему и путём фильтрации. К бытовым сточным водам относят также дождевые и талые воды, сливаемые в реку с урбанизированных территорий бассейна реки [4].

## ВЫВОДЫ

1. Гидрологические расчеты среднего годового стока реки Малый Салгир на водомерном посту г. Симферополь позволили выявить следующие закономерности:

1.1. Сглаживание по скользящим пятилеткам хронологических графиков среднегодового стока позволило выявить цикличность многолетнего хода стока и ряд маловодных и многоводных периодов. Анализируя график колебаний среднегодовых расходов за сорокалетний период наблюдений, можно сделать вывод, что водность реки Малый Салгир, несмотря на её значительные колебания, в общем увеличивается.

1.2. Статистическая обработка ряда средних годовых расходов реки Малый Салгир на водомерном посту Симферополь дала следующие результаты: средний за 45 лет годовой сток  $Q_{ср} = 0,27 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_{min} = 0,10 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_{max} = 0,75 \text{ м}^3/\text{с}$ , модульный коэффициент  $k$  меняется в пределах от 0,37 до 2,79. Коэффициент вариации  $C_v = 0,49$ , коэффициент асимметрии  $C_s = 1,58$ . Значения  $C_v$  и  $C_s$  соответствуют характеристикам, полученным для других горных рек Крыма. Кривая обеспеченности может быть использована при проектировании гидротехнических сооружений.

## **ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ...**

---

2. Проведенные исследования гидроэкологического состояния реки Малый Салгир позволили установить:

2.1. Руслло заросло, замусорено, на некоторых участках возведены заборы и другие сооружения, которые сужают русло, что способствует возникновению наводнений во время прохождения паводочных вод. Отмечено большое количество промышленно-бытовых стоков, на берегах реки расположены автозаправки и автотранспортное предприятие.

2.2. Концентрация нитратов (по азоту) в реке Малый Салгир по наблюдениям с октября 2003 года по сентябрь 2004 года изменяется от 4 мг/дм<sup>3</sup> до 18,6 мг/дм<sup>3</sup> и подвержена сезонным колебаниям.

2.3. На участке реки вблизи границы города концентрация нитратов не превышает ПДК<sub>в</sub>, показатель экологического состояния ПЭС = 1,1; на участке в городе ПДК превышено в 1,5 раз, ПЭС = -1,4. Содержание нитратов в водах реки Малый Салгир при удалении от городской черты увеличивается.

Таким образом, можно сделать вывод, что гидроэкологическое состояние реки Малый Салгир является неудовлетворительным.

### **Список литературы**

1. Гидроэкология: теория и практика. (Проблемы гидрологии и гидроэкологии, вып.2) / под редакцией Н.И.Алексеевского.: Географический факультет МГУ.,-507 с.
2. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчёты. – Л.: Гидрометеоиздат, 1946. - 478 с.
3. Гидрологические и воднобалансовые расчеты / Под ред. Н.Г. Галущенко. – К.: Вища школа. 1987.-248 с.
4. Тимченко З.В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. – Симферополь: ДОЛЯ, 2002. – 152 с.
5. Тимченко З.В. Реки Симферополя // Устойчивый Крым. Симферополь – южная столица: Научные труды КАПКС. Киев – Симферополь: Сонат, 2001. – С.264-275.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып.4. Крым. – Л: Гидрометеоиздат, 1966. - 344 с.
7. Алексашкин И.В., Соцкова Л.М. Гидрохимия природных вод. Симферополь: Таврия, 2004. – 216 с.
8. Ромад Ф. Основы прикладной экологии: - Л.: Гидрометеоиздат, 1981-543 с.

### ***Vlasova A.H. Гідрологічна і гідроекологічна характеристика річки Малий Салгир.***

Автором проведена статистична обробка показників середнього річного стоку річки Малий Салгир, побудована крива забезпеченості. Вивчений гідроекологічний стан річки Малий Салгир. Проведені аналізи на зміст нітратів в пробах води, відібраних на різних ділянках річки. Розрахований показник екологічного стану, виявлений ділянки зі сталим і несталим станом.

**Ключові слова:** мала річка, гідроекологія, гідрологічні характеристики річок, стік, витрата, показник екологічного стану річки.

### ***Vlasova A. Hydrological and hydroecological characteristic of Malyi Salgyr river.***

The statistical treatment of long-term indexes of middle annual flow of Malyi Salgyr river were carried out and the curve of providing is build. The hydroecological state of Malyi Salgyr river is studied. In different areas of river were taken samples of water, and the analysis on determination of concentration of the NO<sub>3</sub> ions in it were carried out. The index of the ecological state is calculated, areas with the unstable and stable state are exposed.

**Keywords:** small river, hydroecology, hydrological characteristics of rivers, flow, expense, index of the ecological state of river.

*Статья поступила в редакцию 25.07.2008 г*