

## **ИЗМЕНЕНИЕ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАСЕЙНА РЕКИ ОКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

Демин А.П., Болгов М.В, Филиппова И.А.  
Институт водных проблем РАН, г. Москва  
deminap@mail.ru

Река Ока – крупнейший правый приток Волги. Длина реки – 1499 км. Площадь бассейна равна 245 тыс. км<sup>2</sup>. Река берёт начало в Глазуновском районе Орловской области, проходит по Среднерусской возвышенности. Максимальная ширина поймы – в среднем течении, в месте впадения р. Пра, около 2,5 км. Крупнейшие города, стоящие на Оке – Орёл, Калуга, Алексин, Серпухов, Ступино, Коломна, Рязань, Касимов, Муром, Павлово, Держинск, Нижний Новгород. На притоках Оки расположены города Тула, Москва, Тамбов, Владимир, Иваново.

Сток р. Оки все еще остается незарегулированным, за исключением части ее левых притоков, протекающих в пределах Московской области. Здесь выделяются Можайское (0,22 км<sup>3</sup>), Рузское (0,22 км<sup>3</sup>), Истринское (0,18 км<sup>3</sup>) и Озернинское (0,14 км<sup>3</sup>) водохранилища, которые входят в состав Москворецкой водной системы, обеспечивающей водой г. Москву и Московскую область. Выделяется также система водохранилищ на канале им. Москвы: Икшинское, Пестовское, Угличское, Пяловское, Клязьминское и Химкинское. Помимо транспортного назначения эти водохранилища играют важную роль в водоснабжении г. Москвы и Московской области, а также в обводнении рек Москвы, Яузы, Клязьмы и Учи.

Водохозяйственная система р. Оки обеспечивает водоснабжение населения и объектов экономики Московской, Ивановской, Калужской, Тульской, Орловской, Рязанской, Владимирской, Тамбовской, Пензенской и Нижегородской областей, республики Мордовия, а также водный транспорт, рыбозаповедение, гидроэнергетику и специальные экологические попуски. Таким образом, бассейн р. Оки охватывает 12 субъектов Российской Федерации (включая г. Москву), входящих в 2 федеральных округа. В ближайшей перспективе роль данной водохозяйственной системы в водообеспечении населения и секторов экономики, а также в обеспечении экологической безопасности территории и водных объектов еще более усилится. Это обусловлено, прежде всего, важностью региона в со-

циально-экономической жизни России и необходимостью улучшения экологического состояния территории и водных объектов.

Нагрузка на водные ресурсы любого региона характеризуется коэффициентом использования водных ресурсов  $K_{исп}$ , равным отношению в процентах величины полного водопотребления к возобновляемым водным ресурсам. По мнению специалистов ГГИ для оценки реальной нагрузки на водные ресурсы необходимо принимать минимальную за период наблюдений среднюю годовую величину водных ресурсов за три следующих друг за другом маловодных года. Для анализа состояния водных ресурсов в любом регионе может быть применена следующая классификация по коэффициенту использования водных ресурсов  $K_{исп}$  или нагрузки на водные ресурсы [1].

1-я категория:  $K_{исп} < 10\%$  – низкая нагрузка на водные ресурсы; обычно регионы не испытывают серьезных проблем с водообеспечением (за исключением проблем загрязнения).

2-я категория:  $K_{исп} = 10–20\%$  – умеренная нагрузка на водные ресурсы; уровень водообеспеченности становится фактором, ограничивающим развитие региона.

3-я категория:  $K_{исп} = 20–40\%$  – высокая нагрузка на водные ресурсы; для устойчивого развития необходимо регулировать предложение и спрос на воду.

4-я категория:  $K_{исп} = 40–60\%$  – очень высокая нагрузка на водные ресурсы; имеет место серьезный дефицит воды и настоятельная необходимость регулирования и ограничения водопотребления, привлечение дополнительных источников водообеспечения.

5-я категория:  $K_{исп} > 60\%$  – критически высокая нагрузка; дефицит водных ресурсов становится критическим фактором развития экономики и жизнедеятельности.

Согласно представлениям специалистов ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов»,  $K_{исп}$  рассчитывается как отношение водозабора на хозяйственные нужды к минимальной водности рек в лимитирующий зимний период [2].

Оценка изменения параметров минимального стока относится к числу наиболее актуальных задач гидрологии, поскольку с его расчетами связаны важнейшие практические задачи планирования водохозяйственных мероприятий, регулирования стока, водообеспечения территории, внутрибассейнового и территориального распре-

деления водных ресурсов. Наступление минимальной водности следует рассматривать как экстремальное событие, поскольку оно лимитирует водопользование; проблемы дефицита воды и ее качества ассоциируются именно с минимальным стоком.

Основой изучения современных изменений минимального стока в бассейне р. Оки является комплексный статистический анализ рядов многолетних наблюдений за минимальным стоком средних рек (площадь водосбора от 1000 до 25000 км<sup>2</sup>) с продолжительностью наблюдений более 50 лет и минимальным количеством пропусков в наблюдениях. Для отобранных постов (см. табл. 1) имеются данные о средних расходах за 30 суток в пределах межени для зимнего периода. Основное значение для формирования минимального 30-ти-суточного расхода имеет величина подземного питания в меженный период, к которой добавляется некоторая величина поверхностного стока. Получена оценка изменения минимального стока рек в последние десятилетия, когда на преобладающей части страны произошло наиболее существенное повышение температуры воздуха за весь период инструментальных наблюдений [3]. Изменение среднего многолетнего 30-ти-суточного расхода в долях (коэффициент  $K$ ) и приращение модуля минимального стока  $\Delta q$  за 1978-2010 гг. относительно предыдущего периода представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Изменение минимального стока в бассейне р. Оки в долях относительно предыдущего периода (до 1978 г.)

№	Код поста	Водный объект	Пост	$K$	$\Delta q$ , л с/км <sup>2</sup>
1	75284	р. Унжа	г. Кологрив	1,52	0,83
2	75286	р. Унжа	г. Мантурово	1,58	0,89
3	75287	р. Унжа	г. Макарьев	1,9	1,52
4	75311	р. Ока	г. Белев	1,87	1,38
5	75348	р. Нугрь	г. Болхов	1,95	0,98
6	75359	р. Упа	с. Орлово	1,64	1,33
7	75368	р. Жиздра	г. Козельск	2,16	1,63
8	75382	р. Угра	пгт. Товарково	1,7	1,19
9	75389	р. Протва	с. Спас-Загорье	1,83	1,26
10	75480	р. Бужа	д. Избище	2,08	0,96
11	75500	р. Мокша	с. Шевелевский Майдан	2,49	1,14
12	75514	р. Цна	с. Кузьмина Гать	2,33	1,21
13	75518	р. Цна	с. Княжево	2,68	1,45
14	75552	р. Клязьма	г. Владимир	1,66	1,36
15	75553	р. Клязьма	г. Ковров	1,59	1,17

Очевидно, что в бассейне р. Оки наблюдается фактическое увеличение минимального стока за зимний период, произошедшее в последние 30 лет (в 2 и более раз). Основным фактором подобных изменений считается увеличение температуры воздуха за зимний период, повлекшее за собой увеличение оттепелей и более интенсивное питание подземных вод в зимнюю межень за счет снеготаяния [3].

Достаточно надежные данные по водопотреблению стали публиковаться с 1980 г., с введением статистического отчета по форме № 2-ТП (водхоз). По притокам р. Оки имеются данные за 1995-2010 гг. (по р. Клязьма за 1990-2010 гг.). Помимо забора воды из поверхностных источников учитывался ущерб речному стоку вследствие забора воды из подземных источников. Коэффициенты ущерба речному стоку брались по данным ГГИ. Они снижаются с 0,4 для верхних притоков р. Оки до 0,32 для нижних притоков, составляя в среднем для р. Оки 0,36.

На верхних притоках р. Оки – реках Упа и Жиздра за 15 лет забор воды из поверхностных источников сократился соответственно в 1,8 и 2,1 раза. В бассейне р. Протва этот показатель снизился в 3,6 раза, в бассейнах р. Мокша – в 4,4 и р. Клязьма – в 2,8 раза (табл. 2).

Таблица 2 – Сокращение забора воды в 2010 г. по сравнению с 1995 г. в притоках р. Оки (в долях от единицы)

Источники водоснабжения	Притоки Оки				
	Упа	Жиздра	Протва	Мокша	Клязьма*
Поверхностные источники	1,8	2,1	3,6	4,4	2,8
Подземные источники	1,7	2,4	1,3	1,5	1,5
Ущерб речному стоку за счет забора воды из всех источников водоснабжения	1,8	2,2	1,5	2,4	2,3

\* по сравнению с 1990 г.

Сокращение забора воды из подземных источников было значительно меньшим, в результате чего доля водообеспечения населения и объектов экономики из этого источника постоянно растет. В 2010 г. в бассейне р. Клязьмы забор из подземных вод составлял 62% общего водозабора, в бассейне р. Упы – 68% в бассейне р. Жиздры – 76%, в бассейне р. Мокши – 85%, в бассейне р. Протвы – 96%. Совокупный ущерб речному стоку в результате забора воды из всех источников сократился за 15 лет от 1,5 раз в бассейне р. Протвы до 2,4 раза в бассейне р. Мокши.

В бассейнах рек Упа, Нара, Клязьма в начале 1990-х гг. было развито промышленное производство. Один из крупнейших притоков Оки – р. Клязьма, по берегам которой проживает около 1,7 млн. человек, а в речном бассейне в целом – свыше 3,3 млн. Река обеспечивает водой как многочисленные производства, так и жителей крупных поселений в среднем и нижнем течении.

В бассейнах рек Жиздра и, особенно Мокша, расположенной в основном в лесостепной зоне Черноземья, был развит агропромышленный сектор. Здесь использование воды на сельскохозяйственные нужды (орошение, сельскохозяйственное водоснабжение, прудовое рыбоводство) превышало объемы водопотребления на другие нужды (рис. 1). Однако сельскому хозяйству в годы кризиса был нанесен наибольший урон, от которого оно до сих пор не оправилось.

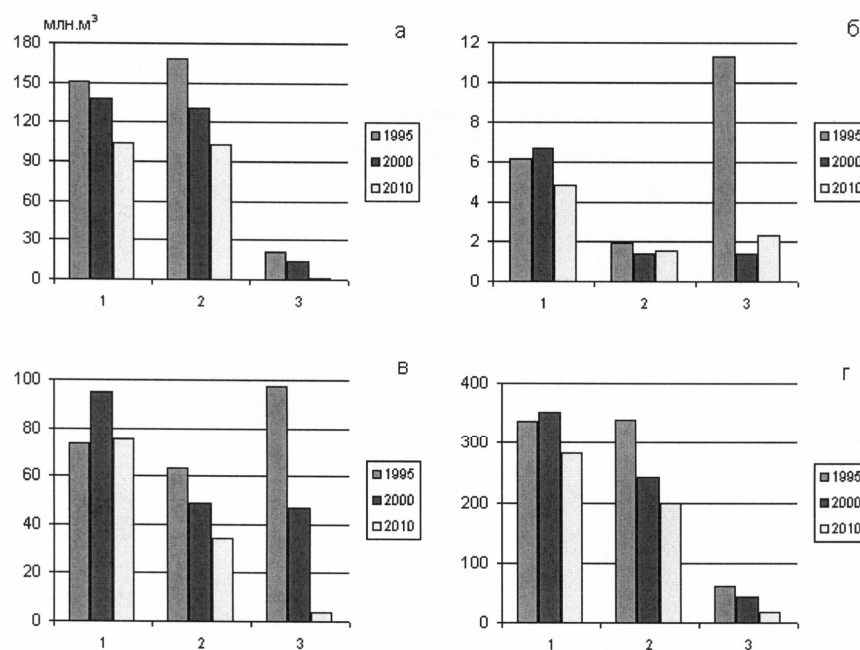


Рис. 1 – Динамика использования воды на хозяйственные нужды (млн. м<sup>3</sup>) в бассейнах рек Упа (а), Жиздра (б), Мокша (в), Клязьма (г) за 1995-2010 гг.: 1 – хозяйственно-питьевые; 2 – производственные; 3 – сельскохозяйственные нужды

Резко сократилось финансовое обеспечения отрасли, площадь ежегодно поливаемых орошаемых земель в бассейне р. Оки снизилась с 170-180 тыс. га до 65 тыс. га в 2010 г. Из-за неисправности

орошительной сети и поливной техники, резкого удорожания стоимости электроэнергии и услуг водохозяйственных организаций в большинстве регионов не поливается 70-90% земель, числящихся в составе орошаемых.

В связи с резким падением поголовья скота в общественном секторе, частичной передачей сельских водопроводов с баланса сельскохозяйственных предприятий на баланс ЖКХ, сокращением орошаемых земель, объем использования воды на нужды сельского хозяйства в бассейне р. Жиздра за 15 лет снизился в 5 раз, в бассейне р. Мокша – в 24 раза, на других притоках Оки – в 3-5 раз.

Из отраслей экономики бассейна р. Оки наиболее водоемкая – промышленность. После 1991 г. объем использования свежей воды на производственные нужды сокращался в связи общей экономической дестабилизацией в стране: уменьшением выпуска промышленной продукции в регионе, переходом многих предприятий на работу по неполному графику и даже их закрытием. Наиболее резко падение промышленного производства отмечалось в машиностроении и легкой промышленности.

Интегральный показатель водоснабжения городского населения – использование воды на хозяйственно-питьевые нужды. Его максимальное значение в бассейне р. Оки было отмечено в 1992 г. В последующие годы оно хотя и не намного, но постоянно уменьшалось. В настоящее время во многих городах проводится комплекс водосберегающих мероприятий по рациональному расходованию воды в жилищном фонде, включающий реконструкцию и наладку систем водоснабжения жилых микрорайонов, устранение утечек в подводящих и внутридомовых сетях, установку регуляторов расхода воды, установку водосберегающей санитарно-технической арматуры и квартирных водосчетчиков, совершенствование системы учета воды. В большинстве регионов бассейна р. Оки удельное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды за 1990-2010 гг. снизилось на 20-30%, в г. Москве – на 51%, в Тамбовской и Орловской областях, республике Мордовия оно осталось практически неизменным.

Снижение забора воды на фоне роста минимального стока в зимний период привело к заметному падению  $K_{исп}$  в бассейнах рек Упа и Клязьма (рис. 2). Если в начале-середине 1990-х гг.  $K_{исп}$  составлял 22–27%, то к 2010 г. его значения снизились до 12–17%. Эти реки перешли из категории рек с высокой нагрузкой на водные

ресурсы в категорию рек с умеренной нагрузкой. Реки Протва и Мокша перешли из категории рек с умеренной нагрузкой на водные ресурсы в категорию с низкой нагрузкой.

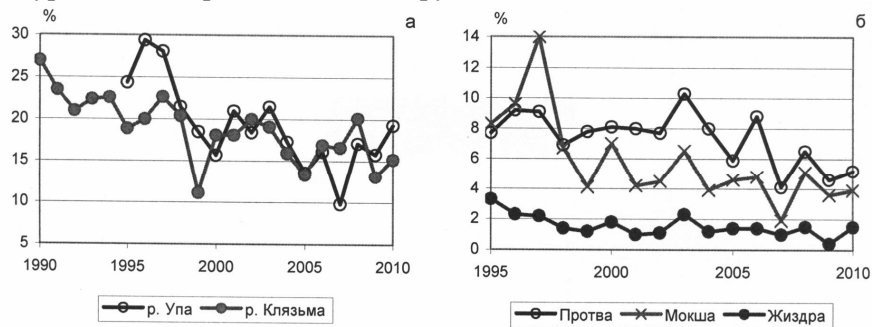


Рис. 2 – Динамика изменения коэффициента использования водных ресурсов в притоках р. Оки

В целом по бассейну р. Оки отмечается заметный рост забора воды в 1980-1986 гг., относительная его стабилизация до 1991 г. и резкое снижение в последующем. С 1991 по 2010 г. объем забора пресных вод из поверхностных и подземных источников сократился на  $2,3 \text{ км}^3$  (42 %) и  $0,91 \text{ км}^3$  (39%) соответственно [4-6].

На рис. 3а показана динамика изменения 30-ти суточного минимального стока р. Оки (створ г. Горбатов) за зимний период 1980-2010-х гг. Видно, что в результате климатических изменений минимальный сток растет.

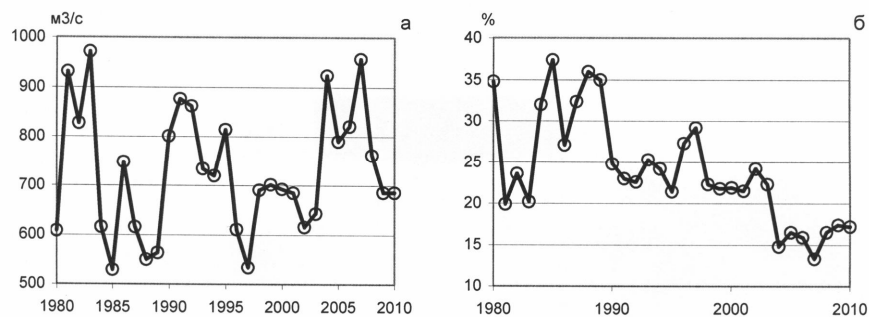


Рис. 3 – Динамика изменения 30-ти суточного минимального стока за зимний период (а) и коэффициента использования водных ресурсов (б) в бассейне р. Оки (г/п Горбатов)

Снижение забора воды на фоне роста минимального стока в зимний период привело к заметному падению  $K_{исп}$  в бассейне р. Оки (рис. 3б). Если в 1980–х гг. он находился на уровне 30–35%, то к концу 2000-х гг. его значения снизились до 15–17%. Река Ока перешла из категории рек с высокой нагрузкой на водные ресурсы в категорию рек с умеренной нагрузкой.

Выполненные исследования позволили сформулировать вывод, что климатический и антропогенный факторы оказывают равноценное влияние на изменение коэффициента использования водных ресурсов  $K_{исп}$  в бассейне р. Оки.

### Литература

1. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. проф. Шикломанова И.А. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
2. Воды России (состояние, использование, охрана). Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ. 1992. 96 с.; 1993. 96 с.; 1994. 86 с.; 1995. 88 с.; 1996. 104 с.; 1998. 134 с.; 1999. 146 с.; 2001. 158 с.; 2002. 138 с.; 2003. 136 с.; 2005. 133 с.; 2006. 112 с.
3. Болгов М.В., Коробкина Е.А., Трубецкова М.Д., Филимонова М.К., Филиппова И.А. Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волги // Метеорология и гидрология. 2014. №3. С. 75-85.
4. Использование и охрана водных ресурсов в СССР (анализ данных государственного учета использования вод) Минск: Изд-во ЦНИИКИВР, 1981. Вып. 1. 162 с.; 1982. Вып.2. 174 с.; 1983. Вып.4. 268 с.; 1984. Вып. 5. 258с.; 1985. Вып.6. 260 с.;1986. Вып.7. 254 с.; 1987. Вып.9. 212 с.; 1988. Вып.10. 210 с.;1989. Вып. 11. 195 с.
5. Основные показатели использования вод в СССР за 1980...1989 гг. М.:Минводхоз СССР, 1981. 40 с.; 1982. 38 с.; 1983. 36 с.; 1984. 44 с.; 1985. 43 с.; 1986. 48 с.; 1987. 48 с.; 1988. 48 с.; 1989. 48 с.; 1990. 45 с.
6. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2011 году (Статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского и А.Д. Думнова. М.: НИА-Природа, 2012. 268 с.