

ISSN 0130-2906

# **МЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИДРОЛОГИЯ**

**2018 № 10**

ФГБУ "Научно-исследовательский центр  
космической гидрометеорологии "Планета"

## Гидрологический режим Нижней Волги в современных условиях

О. В. Горелиц\*, Г. С. Ермакова\*,  
П. Н. Терский\*·\*\*

*Рассматриваются закономерности изменений параметров гидрологического режима Нижней Волги на основе данных режимных наблюдений на гидрологических постах и материалов экспедиционных исследований, проведенных специалистами ГОИН в 2006—2017 гг. Выявлены основные тенденции современных изменений стока и уровня воды, температуры воды и ледовых явлений, а также продолжительности заливания Волго-Ахтубинской поймы в период половодья. Проведено сравнение параметров в естественных условиях и в период зарегулированного стока Волги. Показано, что существенное изменение продолжительности заливания пойменных массивов, температуры воды и теплового стока в период половодья в современных условиях обусловлено как зарегулированием стока, так и увеличением антропогенной нагрузки на территории Волго-Ахтубинской поймы в последние десятилетия.*

**Ключевые слова:** Нижняя Волга, гидрологический режим, пойма, дельта, многолетняя и сезонная изменчивость, сток и уровень воды, тепловой сток, заливание в период половодья.

### Введение

В единой взаимосвязанной экосистеме бассейн р. Волга — Каспийское море регион Нижняя Волга представляет собой уникальный природный комплекс, определяющим фактором существования которого в условиях аридного климата является гидрологический режим. С середины XX в. гидрологический режим Нижней Волги формируется в условиях работы Волжско-Камского каскада водохранилищ. Сток воды в нижний бьеф Волжской ГЭС, замыкающей каскад, с 1961 г. представляет собой искусственный попуск, интегрально отражающий особенности формирования стока и антропогенной нагрузки на всей территории бассейна р. Волга. В период половодья Волжская ГЭС осуществляет спецпопуск для обводнения Нижней Волги, режим и продолжительность спецпуска устанавливает Федеральное агентство водных ресурсов на основе решений Межведомственной рабочей группы по регулированию режимов работы водохранилищ Волжско-Камского каскада.

В природном комплексе Нижней Волги Волго-Ахтубинская пойма до зарегулирования стока являлась мощным естественным буфером, обеспе-

\* Государственный океанографический институт им. Н. Н. Зубова; e-mail: gorelits@mail.ru.

\*\* Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.



чивавшим значительную трансформацию волны половодья, равномерное и длительное заливание территорий, прогрев воды до температуры, благоприятной для наземных и водных биоценозов, сельского и рыбного хозяйства. Медленное распространение волны половодья по водотокам и пойменным массивам способствовало формированию благоприятного термического и гидрохимического режима водных масс, поступавших на нерестилища в дельте Волги. После зарегулирования стока все параметры гидрологического режима, определяющие условия развития экосистем и хозяйственной деятельности на Нижней Волге, значительно изменились. Роль Волго-Ахтубинской поймы в трансформации волжского стока также изменилась, хотя в целом ее функция как буферной зоны по-прежнему сохраняется.

В статье использованы данные многолетних режимных гидрологических наблюдений Астраханского и Волгоградского ЦГМС, материалы исследований дельты Волги с 1950-х годов, а также результаты научно-исследовательских работ на территории Волго-Ахтубинской поймы, ежегодно проводимых с 2006 г. сотрудниками Государственного океанографического института им. Н. Н. Зубова.

### Материалы и методы

В настоящее время на Нижней Волге постоянно работают 30 пунктов гидрологических наблюдений, включая 27 гидрологических постов государственной сети наблюдений (ГСН) Росгидромета и три ведомственных гидрологических поста, на период спецпуска дополнительно открываются временные гидрологические посты на водотоках Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги, действующие в течение двух-трех месяцев [17]. Во входном створе Нижней Волги — нижнем бьефе плотины Волжской ГЭС — ежедневные наблюдения за уровнем и расходом воды (объемами сбросов) ведет подразделение ПАО «РусГидро», в пределах Волго-Ахтубинской поймы наблюдения проводят 8 гидрологических постов, в дельте Волги — 21.

Наиболее продолжительные ряды данных инструментальных наблюдений имеются на гидрологических постах, расположенных вдоль основного русла Волги. В 1877 г. были начаты постоянные наблюдения на постах Царицын (в настоящее время Волгоград), Черный Яр, Енотаевка. На посту Астрахань постоянные наблюдения ведутся с 1876 г., хотя первые инструментальные наблюдения за уровнем воды были выполнены в 1770 г. Анализ и обобщение материалов гидрологических наблюдений на Нижней Волге проводятся с 1920-х годов [4, 16, 18].

Большинство постоянно действующих гидрологических постов Нижней Волги были открыты до сооружения Волжской ГЭС и имеют ряды данных наблюдений продолжительностью более 70 лет, освещающие гидрологический режим как в естественных условиях, так и в период зарегулированного стока. Состав наблюдательной сети и продолжительность инструментальных наблюдений на Нижней Волге позволяют провести анализ изменений основных параметров гидрологического режима после зарегулирования и оценить буферную роль Волго-Ахтубинской поймы в процессе транзита волжского стока.

Анализ многолетней изменчивости среднегодовых расходов воды и годовых объемов стока Волги в створе г. Волгоград (рис. 1а) показал, что

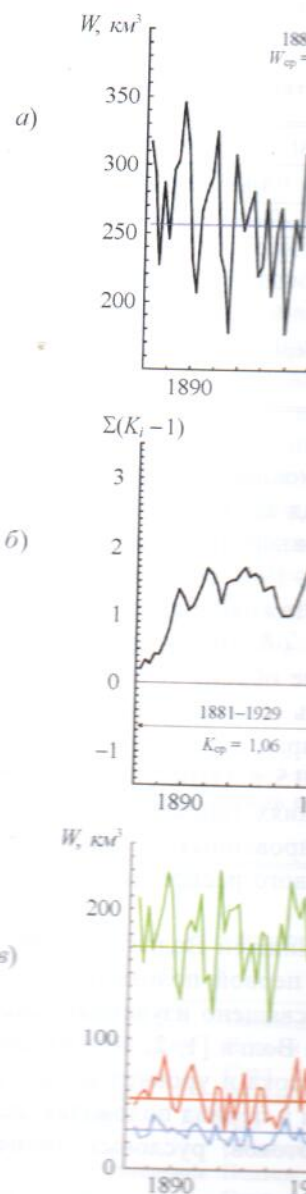


Рис. 1. Годовой сток Нижней Волги (а), разностная изменчивость (б), распределение стока (в): 1) весь период наблюдений; 2) июль — ноябрь; 3) декабрь — июль. 1881—1957 гг. — период естественного стока; 1881—1929 гг. — период естественного стока.

средние значения за период 1881—1957 гг. весьма близки — 256 и 248 км³/год. Среднегодовой расход воды за 130-летний период составил 253 км³/год. В целом при близком к естественному стоке Волги в период зарегулирования стока

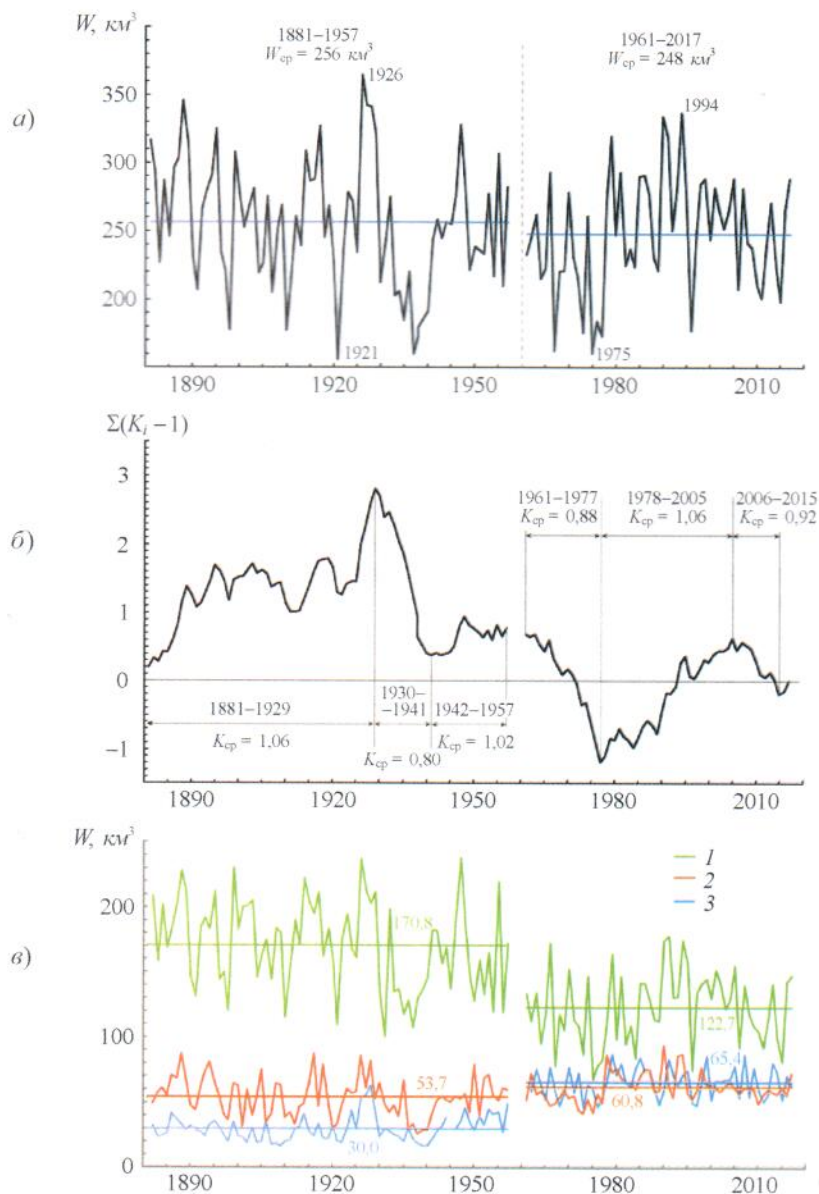


Рис. 1. Годовой сток Нижней Волги в створе г. Волгоград в 1881—2017 гг.: многолетняя изменчивость (а), разностно-интегральная кривая (б) и внутригодовое распределение стока (в): 1) весеннее половодье (апрель — июль); 2) летне-осенняя межень (июль — ноябрь); 3) зимняя межень (декабрь — март).

1881—1957 гг. — период естественного режима стока; 1961—2017 гг. — период зарегулированного режима стока.

средние значения за периоды естественного и зарегулированного стока весьма близки — 256 и 248 км<sup>3</sup>/год соответственно. Средний годовой объем стока за 130-летний период инструментальных наблюдений составляет 253 км<sup>3</sup>/год. В целом при близких среднемноголетних значениях годовой сток Волги в период зарегулированного режима характеризуется меньшей



Таблица 1

Характеристики стока Нижней Волги в створе г. Волгоград

Характеристика стока	1881—1929	1930—1941	1942—1957	1961—1977	1978—2005	2006—2015
	Естественный режим			Зарегулированный режим		
	повышенный	пониженный	повышенный	пониженный	повышенный	пониженный
$K_{ср}$	1,06	0,80	1,02	0,88	1,06	0,92
$W, км^3$	267	201	258	223	268	231
$\sigma$	45,4	31,8	33,0	36,1	36,8	28,6

Примечание.  $K_{ср}$  — модульный коэффициент стока;  $W$  — средний годовой объем стока;  $\sigma$  — среднеквадратическое отклонение.

амплитудой межгодовых колебаний [8]. С помощью разностно-интегральной кривой годового стока в створе г. Волгоград за 1881—2017 гг. (рис. 1б) выделено шесть чередующихся периодов повышенного и пониженного стока. Самым маловодным был период 1930—1941 гг., самым многоводным — 1978—2005 гг. С 2006 по 2015 г. на Нижней Волге зафиксирован период пониженного стока, среднегодовой объем которого составил  $231 км^3/год$ . С 2016 г. наблюдается повышение объема годового стока, но небольшой срок пока не позволяет утверждать о начале следующего многоводного периода, поэтому сравнительные характеристики стока во входном створе Нижней Волги приводятся до 2015 г. (табл. 1). При относительно незначительных многолетних изменениях годового объема стока, поступающего на Нижнюю Волгу, в зарегулированных условиях произошло существенное изменение его внутригодового распределения (рис. 1в) [7, 8].

Исследования гидрологического режима Нижней Волги и анализ причин, вызывающих его изменения, ведутся с первой половины XX в., но большинство опубликованных работ было посвящено изучению основных параметров гидрологического режима дельты Волги [1, 2, 16, 18]. Детально рассмотрены закономерности изменений стока и уровней воды, термического и ледового режима, заливания дельты в период половодья, распределения стока по системам дельтовых водотоков, русловых процессов, стока наносов и загрязняющих веществ.

В начале XXI в. объектом детальных исследований стала Волго-Ахтубинская пойма, особенно ее северная часть, экосистема которой вследствие изменения природных условий и интенсивного хозяйственного освоения подверглась наибольшему воздействию после зарегулирования стока Волги [3, 8, 11—14, 20]. Многолетняя изменчивость стока и уровня воды в Волго-Ахтубинской пойме до и после зарегулирования стока подробно рассмотрена авторами данной статьи в предыдущих работах [6, 8, 9].

В настоящей статье особое внимание уделено изменению основных экологически значимых параметров гидрологического режима в вершине и в замыкающем створе Волго-Ахтубинской поймы, таких как интенсивность роста и спада уровня воды в период половодья, продолжительность заливания пойменных территорий, температура воды, тепловой сток и ледовый режим. От этих параметров во многом зависят биопродуктивность,

сельско- и рыбохозяйственный анализ их многолетней изменчивости имеет практический интерес.

Для оценки изменений гидрологического режима, в том числе в трансформации волжского половодья на основе многолетних наблюдений на гидрологических постах, характеризующем условия в верховьях Волги, в частности в бассейне Лебяжье, расположенном в верховьях Волги, условия в замыкающем створе Волги, являющееся результатом изменений всех рассматриваемых параметров, наиболее значительные изменения в биосообществах Нижней Волги, в частности в пойме (табл. 2). В зарегулированном состоянии в период половодья и искусственного повышения интенсивности роста уровня воды в пойме, ее площадь увеличилась более чем в 2 раза.

Основные экологически значимые параметры гидрологического режима Волго-Ахтубинской поймы

Характеристика	Фаза режима
Продолжительность половодья и его фаз, сут	Половодье, Подъем, Спад
Даты наступления характерных фаз половодья	Начало, Пик, Окончание
Интенсивность изменения уровня, см/сут	Подъем, Спад
Амплитуда изменения уровня, см	Подъем, Спад
Характерные значения температуры воды в половодье, °C	Начало, Пик, Окончание
Амплитуда изменения температуры воды, °C	Половодье, Подъем, Спад
Сумма температур воды в половодье, °C	Половодье, Подъем, Спад
Тепловой сток за период половодья, $10^{15}$ ккал	Половодье

Примечание. 1 — естественный режим

сельско- и рыбохозяйственное значение поймы и дельты Волги, поэтому анализ их многолетней изменчивости представляет научный и практический интерес.

### Результаты

Для оценки изменений не только экологически значимых параметров гидрологического режима, но и буферной роли Волго-Ахтубинской поймы в трансформации волжского стока были использованы данные многолетних наблюдений на гидрологическом посту р. Волга — г. Волгоград, характеризующем условия в вершине поймы, и на посту р. Волга — с. Верхнее Лебяжье, расположенном в вершине дельты Волги и характеризующем условия в замыкающем створе. Изменение внутригодового распределения стока, являющееся результатом регулирования, привело к существенным изменениям всех рассматриваемых параметров гидрологического режима, но наиболее значительные изменения, имеющие огромное значение для биоценозов Нижней Волги, наблюдались в фазе подъема половодья [8] (табл. 2). В зарегулированных условиях из-за раннего наступления пика половодья и искусственного сокращения продолжительности подъема интенсивность роста уровня воды ( $I$ , см/сут), по данным поста г. Волгоград, увеличилась более чем в 2 раза. По данным поста с. Верхнее Лебяжье,

Таблица 2

Основные экологически значимые параметры гидрологического режима Волго-Ахтубинской поймы в естественных и зарегулированных условиях

Характеристика	Фаза режима	Гидрологический пост			
		р. Волга — г. Волгоград		р. Волга — с. Верхнее Лебяжье	
		1	2	1	2
Продолжительность половодья и его фаз, сут	Половодье	95	64	108	74
	Подъем	41	22	54	32
	Спад	54	42	54	42
Даты наступления характерных фаз половодья	Начало	19 IV	18 IV	16 IV	22 IV
	Пик	29 V	11 V	8 VI	22 V
	Окончание	23 VII	22 VI	1 VIII	4 VII
Интенсивность изменения уровня, см/сут	Подъем	15,2	33,0	7,88	11,8
	Спад	11,8	18,6	7,35	9,09
Амплитуда изменения уровня, см	Подъем	615	646	424	350
	Спад	611	672	377	346
Характерные значения температуры воды в половодье, °С	Начало	2,7	3,4	4,6	7,5
	Пик	14,8	8,6	18,4	14,1
	Окончание	22,5	18,4	23,7	22,2
Амплитуда изменения температуры воды, °С	Половодье	19,9	14,9	19,0	14,7
	Подъем	12,1	5,2	13,8	6,6
	Спад	7,8	9,8	5,3	8,1
Сумма температур воды в половодье, °С	Половодье	1417	711	1797	1121
	Подъем	344	138	610	326
	Спад	1074	569	1187	834
Тепловой сток за период половодья, $10^{15}$ ккал	Половодье	37,9	17,5	41,8	24,5

Примечание. 1 — естественный режим; 2 — зарегулированный режим.



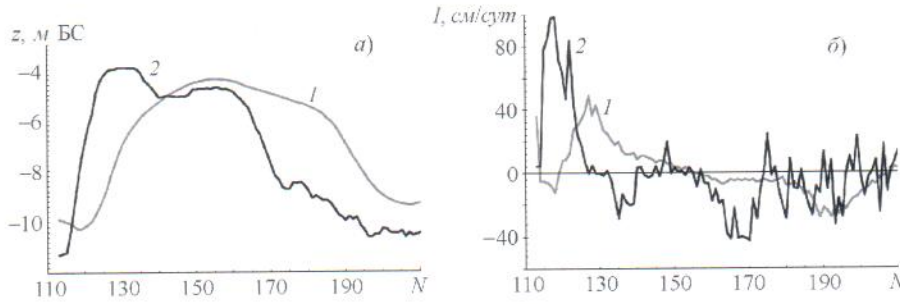


Рис. 2. Среднесуточные отметки уровня воды (а) и среднесуточные значения интенсивности изменения уровня воды (б) на посту р. Волга — г. Волгоград в период половодья в 1952 г. (1) и 1997 г. (2).

$N$  — порядковый номер дня.

значение параметра  $I$  увеличилось не столь значительно, что обусловлено буферной ролью Волго-Ахтубинской поймы в процессе трансформации волны половодья.

Неестественно быстрое повышение уровня и увеличение расхода воды, а также сокращение продолжительности стояния максимального уровня на пике половодья не обеспечивают в зарегулированных условиях равномерного поступления воды в мелкую русловую сеть и водоемы Волго-Ахтубинской поймы, постепенного прогрева водных масс, что нарушает условия развития флоры и фауны Нижней Волги. На рис. 2 показаны ход уровня воды в период половодья в естественных (1952 г.) и в зарегулированных (1997 г.) условиях по данным поста г. Волгоград, а также изменение интенсивности роста и спада уровня [8]. В естественных условиях в начале половодья, когда происходит наполнение русловой сети, параметр  $I$  растет быстро, последующее резкое его снижение указывает на начало выхода воды на пойму и заливания ее территорий. На пике половодья, когда уровень воды практически не изменяется, значение параметра  $I$  близко к нулю. На спаде половодья также отмечается период незначительного изменения параметра  $I$ , который соответствует скату воды с пойменных территорий, рост  $I$  на спаде половодья характеризует освобождение поймы и сосредоточение стока в русловой сети.

В зарегулированных условиях сокращение продолжительности подъема половодья и двукратное увеличение значения  $I$  приводит к сокращению продолжительности заливания и стояния высоких вод на пойменных территориях. Заливание Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги — важнейшая гидрологическая характеристика, которая определяет условия функционирования уникальных экосистем, обеспечивает сохранение биоразнообразия Нижней Волги. По данным исследований, проведенных авторами в дельте Волги и в дельтах других крупных рек России [5—7, 10, 15, 19], определены основные факторы, влияющие на заливание территорий Нижней Волги в современных условиях. Ключевыми факторами являются сток воды в период половодья (спецпопуска) и морфометрия русловой сети, определяющая характер распределения стока по водотокам, водоемам и массивам поймы и дельты Волги. Ключевую роль в режиме заливания Волго-Ахтубинской поймы также играют антропогенные и естест-

венные изменения ее буферных свойств, сооруженными временными плотинами, удерживающими водные объекты поймы. Анализ современных изменений уровня воды на заливание пойменных территорий, показал, что значительное снижение средних значений уровня воды на пике половодья в современных условиях до 1960-х годов. Их стояния изменялись, но они зафиксированы лишь для периода стояния уровня воды на пике. В 1952 г. она составляла с 26 сут в естественных условиях. Резкий рост значения параметра  $I$  в период пика половодья обусловлен тем, что русловая сеть и водоемы до бровок, поэтому аномально высокие значения в верхнем участке Волго-Ахтубинской поймы не происходит [7].

Анализ изменений режима стока на постах р. Волга — с. Верхнее Лебяжье. За продолжительность стояния уровня воды на гидрологическом посту на пойму. Это позволило оценить продолжительность заливания поймы в естественных условиях. Коэффициенты вариации ( $C_v$ ) эволюции стока в 1930-х годах. Продолжительности обводнения в нижнем участке (коэффициент вариации) в зарегулированных условиях в период половодья. После зарегулирования стока в Волго-Ахтубинской пойме в

Основные характеристики режима стока в Волго-Ахтубинской пойме

Период	$D_{ст}, сут$
1935—1957	37,4/49,7
1961—2017	20,9/40,5
1961—1977	23,3/33,4
1978—2005	23,8/45,6
2006—2015	8,6/36,3

Примечание. Гидрологический пост: р. Волга — с. Верхнее Лебяжье.



венные изменения ее буферного потенциала: строительство дорог и дамб, жилых массивов, сооружение водозаборов, перекрытие русел водотоков временными плотинами, уменьшение естественной регулирующей емкости водных объектов поймы.

Анализ современных изменений факторов, непосредственно влияющих на заливание пойменных территорий в период половодья на Нижней Волге, показал, что значительно сократилась продолжительность стояния высоких уровней воды на пике половодья. По данным поста г. Волгоград, максимальные значения уровня воды выше отметки  $-3,0$  м БС в естественных условиях до 1960-х годов наблюдались регулярно и продолжительность их стояния изменялась от 15 до 41 сут. В современных условиях они зафиксированы лишь дважды — в 1966 и 1979 гг. Продолжительность стояния уровня воды на пике половодья выше отметки  $-4,0$  м БС сократилась с 26 сут в естественных условиях до 10 сут в последние десятилетия. Резкий рост значения  $I$  на подъеме половодья и сокращение продолжительности пика половодья приводят в зарегулированных условиях к тому, что русловая сеть и внутренние водоемы не успевают заполниться водой до бровок, поэтому активного заливания пойменных территорий на верхнем участке Волго-Ахтубинской поймы в настоящее время практически не происходит [7].

Анализ изменений режима заливания выполнен по данным наблюдений на постах р. Волга — г. Волгоград и р. Волга — с. Верхнее Лебяжье. За продолжительность заливания принято количество суток, когда уровень воды на гидрологическом посту превышал отметку выхода воды на пойму. Это позволило оценить временную изменчивость режима заливания поймы в естественных и зарегулированных условиях. Наибольшая продолжительность заливания поймы ( $D_{ср}$ , сут), а также наименьшие коэффициенты вариации ( $C_v$ ) этой величины зафиксированы в период естественного режима стока в 1935—1957 гг. Наиболее тесная связь ежегодной продолжительности обводнения Волго-Ахтубинской поймы на верхнем и нижнем участках (коэффициент корреляции  $r = 0,97$ ) отмечена в зарегулированных условиях в период пониженного стока в 1961—1977 гг. (табл. 3).

После зарегулирования стока Волги продолжительность заливания Волго-Ахтубинской поймы в целом значительно сократилась — на 44,1%

Таблица 3

**Основные характеристики продолжительности заливания Волго-Ахтубинской поймы в характерные периоды**

Период	$D_{ср}$ , сут	$C_v$	$\sigma$	$r$
1935—1957	37,4/49,7	0,48/0,27	17,9/13,3	0,85
1961—2017	20,9/40,5	0,62/0,40	12,9/16,1	0,71
1961—1977	23,3/33,4	0,54/0,41	12,5/13,6	0,97
1978—2005	23,8/45,6	0,54/0,32	12,9/14,6	0,81
2006—2015	8,6/36,3	0,60/0,56	5,2/20,4	0,76

*Примечание.* Гидрологический пост: числитель — р. Волга — г. Волгоград; знаменатель — р. Волга — с. Верхнее Лебяжье.



в верховьях (г. Волгоград) и на 18,5% в низовьях (с. Верхнее Лебяжье). Но в многоводный период 1978—2005 гг. продолжительность заливания в верховьях не увеличилась по сравнению с маловодным периодом 1961—1976 гг., что связано с размывом русла в нижнем бьефе Волжской ГЭС и снижением уровней воды [7, 9, 13]. В то же время в низовьях продолжительность заливания в 1978—2005 гг. возросла на 36,6%, однако не достигла среднего значения в период естественного стока (рис. 3). Наиболее значительно продолжительность заливания снизилась в верхней части Волго-Ахтубинской поймы в маловодье 2006—2015 гг. и достигла минимальных значений за весь период наблюдений. По данным поста г. Волгоград, на пике половодья вода не выходила на пойму дважды — в 2006 и 2015 гг. (рис. 3).

Для развития биоценозов Нижней Волги важнейшими параметрами гидрологического режима являются температура воды и тепловой сток в период половодья. На основе данных наблюдений на постах г. Волгоград и с. Верхнее Лебяжье проведен анализ изменений характерных значений

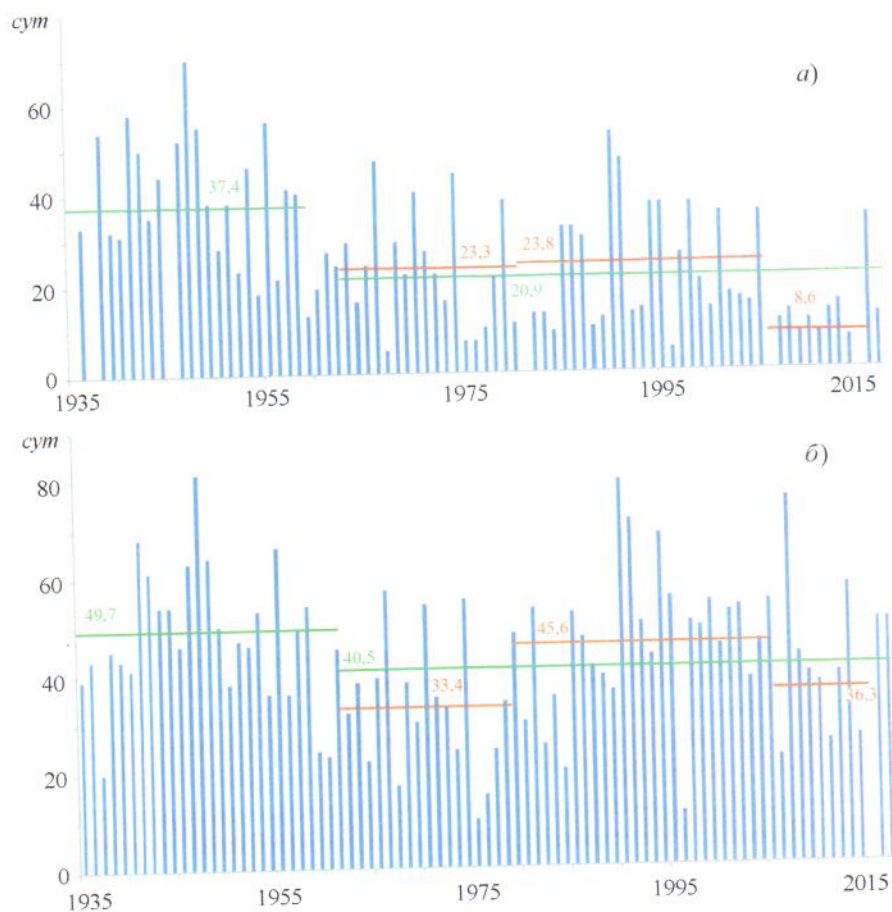


Рис. 3. Продолжительность заливания Волго-Ахтубинской поймы на постах р. Волга — г. Волгоград (а) и р. Волга — с. Верхнее Лебяжье (б) и средние значения (сут) за периоды 1935—1957, 1961—1977, 1961—2017, 1978—2005 и 2006—2015 гг.

температуры воды и рассчитаны для естественных и зарегулированных условий в русле Волги в вершине Волжской ГЭС. В начале половодья увеличилась продолжительность заливания в зарегулированных, поскольку вода не ступает в нижний бьеф Волжской ГЭС. Придонных горизонтов Волжской ГЭС весной сразу после очищения придонного слоя выше, чем в естественных условиях.

В естественных условиях температура воды на пике половодья по сравнению с зарегулированными условиями амплитуда роста температуры воды в пойме — 12,1°C. В зарегулированных условиях амплитуда вдвое, а сумма температур воды в период половодья в пойме Аналогичные изменения суммарного теплового стока в дельте Волги. Среднее значение теплового стока снизилось с 18,4 до 14,1°C, а амплитуда — с 6,6°C (табл. 2).

Вследствие сокращения фазы нарастания температуры воды в период половодья в зарегулированных условиях. Также замедляется рост температуры воды в период половодья в водных биоресурсах Нижней Волги. В естественных условиях температура воды в период половодья достигала 22,5°C, а сумма температур воды в период половодья — 1417°C. В зарегулированных условиях вода прогреться до 18,4°C, а сумма температур воды в период половодья — 711°C, что в 2 раза ниже, чем в естественных условиях. В дельте Волги сумма температур воды в период половодья значительно — с 1797°C в естественных условиях до 711°C в зарегулированных, что обусловлено сокращением фазы нарастания температуры воды в большей части в процессе трансформации.

По данным наблюдений на постах г. Волгоград и с. Верхнее Лебяжье рассчитаны значения продолжительности заливания в створе г. Волгоград в естественных и зарегулированных условиях. В вершине Волжской ГЭС тепловой сток до и после зарегулирования по протяженности Волго-Ахтубинской поймы на тепловой сток в верхней части поймы в период половодья было разным. В естественных условиях его величину оказывает поступление воды в пойму. В зарегулированных условиях подтверждает вывод о том, что в период половодья в Волго-Ахтубинской пойме тепловой сток в период половодья

температуры воды и рассчитаны суммы температур за период половодья в естественных и зарегулированных условиях (табл. 2). Температура воды в русле Волги в вершине Волго-Ахтубинской поймы (пост г. Волгоград) в начале половодья увеличилась с  $2,7^{\circ}\text{C}$  в естественных условиях до  $3,4^{\circ}\text{C}$  в зарегулированных, поскольку при расходе воды до 14 тыс.  $\text{м}^3/\text{с}$  вода поступает в нижний бьеф Волжской ГЭС только через водозаборы турбин из придонных горизонтов Волгоградского водохранилища. Зимой и в начале весны сразу после очищения водохранилища от льда температура воды в его придонном слое выше, чем на поверхности.

В естественных условиях среднее многолетнее значение температуры воды на пике половодья по данным поста г. Волгоград составляло  $14,8^{\circ}\text{C}$ , амплитуда роста температуры воды на подъеме половодья в верхней части поймы —  $12,1^{\circ}\text{C}$ . В зарегулированных условиях эти значения снизились вдвое, а сумма температур воды на фазе подъема сократилась почти в 3 раза. Аналогичные изменения температурного режима произошли и в вершине дельты Волги. Среднее значение температуры воды на пике половодья снизилось с  $18,4$  до  $14,1^{\circ}\text{C}$ , амплитуда изменения температуры — с  $13,8$  до  $6,6^{\circ}\text{C}$  (табл. 2).

Вследствие сокращения фазы подъема половодья и высокой интенсивности роста уровня водные массы не успевают прогреваться, теплозапас на подъеме половодья в зарегулированных условиях в  $2,0$ — $2,5$  раза ниже, чем в естественных. Такое значительное снижение теплозапаса и амплитуды роста температуры воды отрицательно сказывается на темпах развития водных биоресурсов Нижней Волги. В естественных условиях к концу половодья температура воды в верхней части Волго-Ахтубинской поймы достигала  $22,5^{\circ}\text{C}$ , а сумма температур за период половодья составляла  $1417^{\circ}\text{C}$ . В зарегулированных условиях к концу половодья вода успевает прогреться до  $18,4^{\circ}\text{C}$ , а сумма температур в целом за половодье составляет  $711^{\circ}\text{C}$ , что в 2 раза ниже, чем в естественных условиях. В вершине дельты Волги сумма температур за период половодья снизилась не так значительно — с  $1797^{\circ}\text{C}$  в естественных условиях до  $1121^{\circ}\text{C}$  в зарегулированных, что обусловлено сохранением буферной роли поймы в ее нижней части в процессе трансформации волны половодья.

По данным наблюдений на гидрологических постах г. Волгоград и с. Верхнее Лебяжье рассчитан тепловой сток Волги за период половодья (табл. 2, рис. 4). В естественных условиях величина теплового стока в период половодья в створе г. Волгоград была в 2 раза больше, чем в зарегулированных условиях. В вершине дельты Волги различие между величиной теплового стока до и после зарегулирования не так велико из-за большой протяженности Волго-Ахтубинской поймы. Влияние зарегулирования на тепловой сток в верхней части поймы и в вершине дельты Волги в период половодья было разным. В створе г. Волгоград решающее влияние на его величину оказывает поступление непрогретых вод из Волгоградского водохранилища в нижний бьеф Волжской ГЭС. Полученный результат подтверждает вывод о том, что биоценозы территории северной части Волго-Ахтубинской поймы после зарегулирования стока получают в процессе заливания в период половодья гораздо меньше тепла, чем в естест-



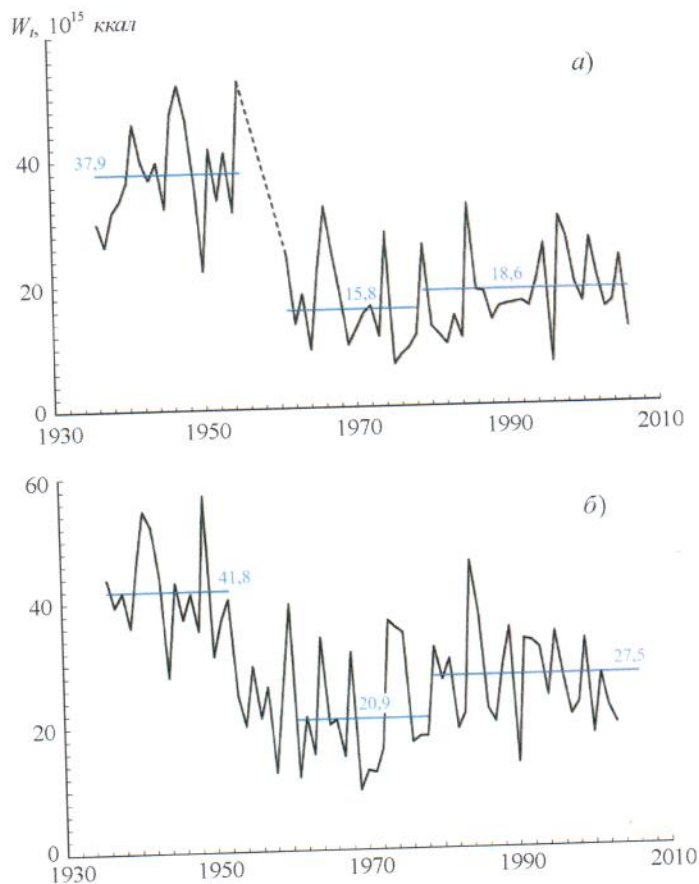


Рис. 4. Тепловой сток Нижней Волги за период половодья на постах р. Волга — г. Волгоград (а), р. Волга — с. Верхнее Лебяжье (б) и средние значения ( $10^{15}$  ккал) для разных периодов.

венных условиях. В то же время при общем снижении теплового стока Нижней Волги по сравнению с естественными условиями его величина за период половодья в створе у с. Верхнее Лебяжье в 1978—2005 гг. была выше ( $W_t = 27,5 \cdot 10^{15}$  ккал), чем в 1961—1977 гг. ( $W_t = 20,9 \cdot 10^{15}$  ккал). Это обусловлено не только многоводным периодом, но и той мощной буферной ролью, которую играет Волго-Ахтубинская пойма в трансформации всех параметров гидрологического режима, включая тепловой сток. Чем продолжительнее период половодья и чем выше его объем, тем больше тепловой сток в дельту Волги. Важно отметить, что влияние холодных водных масс Волгоградского водохранилища, поступающих в нижний бьеф Волжской ГЭС в период половодья, проявляется в полной мере в створе г. Волгоград, где значения теплового стока между периодами повышенной и пониженной водности в зарегулированных условиях различаются незначительно. Основным определяющим фактором в этом случае является температурный режим в нижнем бьефе ГЭС. В то же время в вершине дельты Волги изменчивость теплового стока зависит как от поступления охлажденных вод в ниж-

ний бьеф ГЭС, так и с Ахтубинской поймы.

Существенно изменились средние показатели дельты поймы и в ее замыкании (Лебяжье) приведены в таблице. Менялись даты начала и окончания ледохода. Если в естественных условиях в верховьях поймы приходилось ожидать ледохода в первой декаде декабря. Аналогично для ледостава: с середины декабря (пост г. Волгоград) и на начало ледохода и ледооттаивания ледостава и ледохода — в среднем с апреля на мейс значительно сократилась. При этом увеличилась, то продолжительность ледостава (период ледостава), наоборот, большей неустойчивости ледостава.

Следует отметить, что статистически для верхней и нижней частей участка произошло сужение, изменилась картина ледового режима, приближающаяся к гидроузлу.

Таблица 1. Показатели ледового режима в створе р. Волга — с. Верхнее Лебяжье

Характеристика	Створ р. Волга — с. Верхнее Лебяжье	
	1930—1955 гг.	1978—2005 гг.
Датум начала ледохода	25.10	25.10
Датум окончания ледохода	25.10	25.10
Датум начала ледостава	21.11	21.11
Датум окончания ледостава	28.04	28.04
Датум начала ледохода	11.01	11.01
Датум окончания ледохода	28.04	28.04
Датум начала ледостава	21.11	21.11
Датум окончания ледостава	28.04	28.04
Датум начала ледохода	25.10	25.10
Датум окончания ледохода	25.10	25.10

ний бьеф ГЭС, так и от объема половодья и буферной роли Волго-Ахтубинской поймы.

Существенно изменился и ледовый режим Волго-Ахтубинской поймы. Осредненные показатели до и после зарегулирования стока в верхней части поймы и в ее замыкающем створе (посты г. Волгоград и с. Верхнее Лебяжье) приведены в табл. 4. После зарегулирования стока значительно изменились даты начала и окончания фаз ледового режима, а также их продолжительность. Если в естественных условиях начало ледовых явлений на территории поймы приходилось в среднем на третью декаду ноября, то после сооружения Волжской ГЭС срок сдвинулся практически на месяц — на вторую декаду декабря. Аналогичные изменения произошли и со сроками начала ледостава: с середины декабря они передвинулись на начало февраля (пост г. Волгоград) и на начало января (пост с. Верхнее Лебяжье). Время окончания ледостава и ледовых явлений сместилось на более ранние сроки — в среднем с апреля на март. Общая продолжительность ледовых явлений значительно сократилась. Причем если средняя продолжительность ледостава уменьшилась, то продолжительность его отдельных фаз (осеннего и весеннего ледохода), наоборот, несколько увеличилась, что свидетельствует о большей нестабильности ледового режима в зарегулированных условиях.

Следует отметить, что степень изменения в зарегулированных условиях различна для верхней и нижней частей Волго-Ахтубинской поймы. Если на нижних участках произошли только количественные изменения (сдвинулись сроки, изменилась продолжительность явлений) при сохранении общей картины ледового режима, то на верхнем участке, непосредственно примыкающем к гидроузлу, наблюдаются уже качественные изменения.

Таблица 4

**Показатели ледового режима для естественного и зарегулированного режимов стока на постах г. Волгоград и с. Верхнее Лебяжье**

Характеристика	Створ р. Волга — г. Волгоград (верхняя часть поймы)		Створ р. Волга — с. Верхнее Лебяжье (замыкающий створ поймы)	
	естественный режим	зарегулированный режим	естественный режим	зарегулированный режим
Дата начала ледовых явлений	23 XI	18 XII	27 XI	17 XII
осеннего ледохода (шугохода)	25 XI	24 XII	29 XI	19 XII
ледостава	21 XII	5 II	11 XII	2 I
Продолжительность осенних ледовых явлений, сут	28	49	14	16
Дата начала весеннего ледохода	1 IV	7 III	25 III	16 III
Дата окончания ледовых явлений	18 IV	21 III	4 IV	28 III
Продолжительность, сут весенних ледовых явлений	17	14	10	12
ледостава	101	30	104	73
ледовых явлений	146	93	128	101



Так, в створе г. Волгоград не только значительно сократилась продолжительность ледостава, но и эта фаза ледового режима в отдельные годы исчезла. За период естественного режима не отмечено ни одного случая отсутствия ледостава, в то время как после сооружения водохранилища в 30% лет ледовые явления представлены только ледоходом и заберегами, а сплошной ледяной покров не устанавливался.

### Выводы

Нижняя Волга, представляющая зону транзита волжских вод в Каспийское море, играет роль своеобразного “геоэкологического реактора”, в котором происходит значительное изменение физических, химических и биологических характеристик водных масс, обеспечивающее функционирование и развитие экосистем Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги.

В последние десятилетия наряду с влиянием зарегулирования стока резко возросла антропогенная, в том числе рекреационная, нагрузка непосредственно на территории, прилегающие к Нижней Волге. Активно развивается хозяйственная инфраструктура Волго-Ахтубинской поймы, включая сооружение новых дамб обвалований, дорог, мостов, застройку вблизи водных объектов. Все это привело к существенному изменению локальной морфологии поверхности пойменных массивов и морфометрии русловой сети. Эти изменения необходимо учитывать при оценке динамики параметров гидрологического режима и их влияния на наземные и водные биоценозы Нижней Волги.

### Литература

1. Байдин С. С. Сток и уровни дельты Волги. — М., Гидрометеиздат, 1962, 387 с.
2. Байдин С. С., Линберг Ф. Н., Самойлов И. В. Гидрология дельты Волги. — Л., Гидрометеиздат, 1956, 331 с.
3. Болгов М. В., Шаталова К. Ю., Горелиц О. В., Землянов И. В. Водно-экологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы. — Экосистемы: экология и динамика, 2017, т. 1, № 3, с. 15—37; <http://www.ecosystemsdynamic.ru>.
4. Валединский В. В., Аполлов Б. А. Дельта реки Волги (по данным изысканий 1919—1925 гг.). /В сб.: Труды отдельных портов и Управления внутренних водных путей. Естественные условия. — Тифлис, 1930, вып. V, т. I, 662 с.
5. Горелиц О. В. Основные факторы затопления дельт рек. /В сб.: Динамика и термика рек, озер и водохранилищ. Труды V конференции. — М., 1999, с. 415—418.
6. Горелиц О. В., Землянов И. В. Исследование сезонных процессов в устьевой области Волги с использованием данных дистанционного зондирования. — Водные ресурсы, 2005, т. 32, № 3, с. 261—273.
7. Горелиц О. В., Землянов И. В. Современный механизм заливания территорий Волго-Ахтубинской поймы в период половодья (в пределах Волгоградской области). /В сб.: Научный потенциал регионов на службу модернизации. — Астрахань, ГАОУ АО ВПО “АИСИ”, 2013, № 2 (5), с. 9—18.
8. Горелиц О. В., Землянов И. В., Сапожникова А. А. Многолетняя и сезонная изменчивость основных параметров гидрологического режима Нижней Волги в створе г. Волгограда. /В сб.: ООПТ Нижней Волги как важнейший механизм сохранения биоразнообразия: итоги, проблемы и перспективы. Материалы научно-практической конференции. — Волгоград, 2010, с. 186—198.

9. Горелиц О. В., Землянов И. В., Давыдов Л. Г. Влияние морфометрических характеристик русла на водообеспеченность Нижней Волги. /В сб.: Современные проблемы водообеспеченности и пути хозяйственной деятельности в условиях изменения климата. Материалы международной практической конференции. Астраханская область, 2011, с. 10—12.

10. Горелиц О. В., Землянов И. В. Влияние изменений уровня Каспийского моря на гидрологию. 1997, № 10.

11. Горелиц О. В., Землянов И. В., Сапожникова А. А., Залатаров Д. В. Экологическая оценка состояния водных ресурсов. — Астрахань: научное издание, 2004, с. 10—12.

12. Горелиц О. В., Землянов И. В., Сапожникова А. А., Залатаров Д. В. Экологическая оценка состояния водных ресурсов Волго-Ахтубинской поймы. — Астрахань: научное издание, 2004, с. 10—12.

13. Машин Г. Д., Буланов Е. В. Влияние уровня дельты реки Волги на гидрологический режим в Волгоградской области. /В сб.: Водные ресурсы: проблемы, перспективы. — Астрахань, Волго-Ахтубинская пойма, 2010, с. 186—198.

9. Горелиц О. В., Землянов И. В., Синенко Л. Г. Влияние морфометрических характеристик русла на водообеспечение территорий Нижней Волги. /В сб.: Современное состояние водообеспеченности и пути оптимизации хозяйственной деятельности в зоне западно-подстепных ильменей. Материалы научно-практической конференции, п. Лиман, Астраханская область, 2011, с. 84—91.
10. Горелиц О. В., Полонский В. Ф. Заливание дельты Волги и влияние на него изменений уровня Каспийского моря. — Метеорология и гидрология, 1997, № 10, с. 87—99.
11. Горайнов В. В., Филиппов О. В., Плякин А. В., Золотарев Д. В. Волго-Ахтубинская пойма: Особенности гидрографии и водного режима. — Волгоград, Волгоградское научное изд-во, 2004, 112 с.
12. Горайнов В. В., Филиппов О. В., Плякин А. В., Золотарев Д. В. Экологическая безопасность природно-хозяйственных систем Волго-Ахтубинской поймы. — Волгоград, Волгоградское научное изд-во, 2007, 110 с.
13. Мажниц Г. Л., Буланов Е. П. Изменение положения кривой связи расходов и уровней воды и русловые процессы в нижнем бьефе Волжской ГЭС. /В сб.: Водные ресурсы Волги: настоящее, будущее, проблемы управления. — Астрахань, Изд-во АГУ, 2008, с. 232—240.
14. Нижняя Волга: геоморфология, палеогеография и русловая морфодинамика. /Под ред. Г. И. Рычагова и В. Н. Коротаева. — М., ГЕОС, 2002, 242 с.
15. Полонский В. Ф., Горелиц О. В. Оценка регулирующей роли дельты Волги при пропуске половодья. /В кн.: Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. — СПб, Гидрометеоздат, 2003, с. 65—77.
16. Поляков Б. В. Гидрологические исследования Нижней Волги. — М.—Л., Госстройиздат, 1938, 160 с.
17. Синенко Л. Г., Тарасова Т. И. Состояние наблюдений и исследований устьевой области Волги. — Труды ГОИН, 2013, вып. 214, с. 7—32.
18. Справочник по водным ресурсам СССР. /Под ред. В. Г. Глушкова. Нижнее Поволжье. Том V. Под ред. Н. В. Симонова. — Л., ГГИ и Центральное Бюро водного кадастра, 1934, 681 с.
19. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря. /Под ред. В. Ф. Полонского, В. Н. Михайлова, С. В. Кирьянова. — М., ГЕОС, 1998, 280 с.
20. Характеристики затопления Волго-Ахтубинской поймы. Справочник. — СПб, ГГИ, 1996, 102 с.; деп. в ВИНТИ 21.06.96, № 2061-В96.

Поступила в редакцию 23 V 2018 г., после доработки 19 VII 2018 г.

## HYDROLOGICAL REGIME OF THE VOLGA RIVER UNDER MODERN CONDITIONS

O. V. Gorelits, G. S. Ermakova, and P. N. Terskii

*The regularities of changes in the parameters of the hydrological regime of the Lower Volga are considered using data of routine observations at gaging stations and data of field studies carried out by the specialists of Zubov State Oceanographic Institute in 2006–2017. The main modern trends are revealed for runoff and water level, water temperature and ice phenomena as well as for the duration of flooding of the Volga-Akhtuba floodplain during the spring flood. The parameters are compared for natural and controlled Volga runoff conditions. It is shown that the considerable variation in the duration of flooding of floodplains, in water temperature and heat sink during the spring flood under modern conditions is caused both by the runoff control and by the increase in anthropogenic load on the area of the Volga-Akhtuba floodplain in the recent decades.*