

УДК 556.53

ИЗМЕНЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА ВОЛГИ В НИЗОВЬЯХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ (XX–XXI вв.)

© 2020 г. А. А. Токарева^а, *, Г. В. Кутлусурина^а, П. И. Бухарицин^а

^аФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

*e-mail: marga_gamma@mail.ru

Поступила в редакцию 19.12.2018 г.

После доработки 24.10.2019 г.

Принята к публикации 28.11.2019 г.

Одной из особенностей нашего времени является общее ухудшение водной экологической ситуации, причиной которого зачастую является антропогенная деятельность, усиливающаяся изменениями природных факторов. С использованием метода временной аналогии сравниваются гидрологические и гидрохимические показатели водного режима низовья Волги для периодов, отличающихся по степени и характеру антропогенного воздействия. Под низовьем Волги понимается территория, включающая водотоки Волго-Ахтубинской поймы, дельты и Западных подstepных ильменей, относящаяся к участку Нижней Волги и рассматриваемая авторами в пределах Астраханской области. Данные об общем годовом стоке и внутригодовом его перераспределении позволяют выявить соотношение вклада антропогенных и природных факторов в его формирование. Регулирующее влияние водохранилищ, в которых происходит накопление речных вод со всего бассейна р. Волги, их перемешивание и окончательное формирование химического состава, приводит к необратимым последствиям и проявлениям стихийных природных процессов.

Ключевые слова: низовье Волги, речной сток, Волжская ГЭС, гидрологические и гидрохимические показатели, природные и антропогенные факторы, негативные воздействия

DOI: 10.31857/S2587556620020156

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Низовья Волги в пределах Астраханской области являются районом экологического бедствия, связанного с уменьшением объемов и ухудшением качества поступающей на ее территорию воды, деградацией околосоводных ландшафтов, засолением почв, грунтовых вод и другими последствиями. Современное состояние водного режима зависит от физико-географических факторов, отражающих морфометрию и пропускную способность русловой сети Волго-Ахтубинской поймы, характер распределения стока внутри пойменных территорий, дельте и в районе Западных подstepных ильменей, а также поступление волжского стока в Каспийское море. Последствия регулирования водного режима всей Волги каскадом водохранилищ и, главным образом, Волжской ГЭС (рис. 1), отражающиеся на особенностях половодий, наводнений и хозяйственное освоение территории Астраханской области, изменили сток реки.

Объемы и графики специального весеннего попуска воды в Низовья Волги в интересах всех водопользователей определяются природными

(количеством выпавших за зиму осадков и интенсивностью их таяния) и экономическими факторами. Главными из них являются прогноз объема весеннего половодья и запасы воды в Волжско-Камских водохранилищах к началу весны [12]. Недостаток воды или ее избыток являются катастрофическими, носят стихийный характер и в период половодья приводят к необратимым экологическим и социально-экономическим последствиям не только в Астраханской области, но и во всем регионе Низовьев Волги.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящем исследовании использован метод временной аналогии [13]. Проанализированы материалы государственных докладов о гидрологических и гидрохимических показателях водного стока в пределах Астраханской области (1981–2005 гг.) и результаты собственных исследований авторов за период с 2006 по 2011 г. и 2015 г. для оценки современного изменения режима поверхностных вод в период весеннего половодья и межени [20].

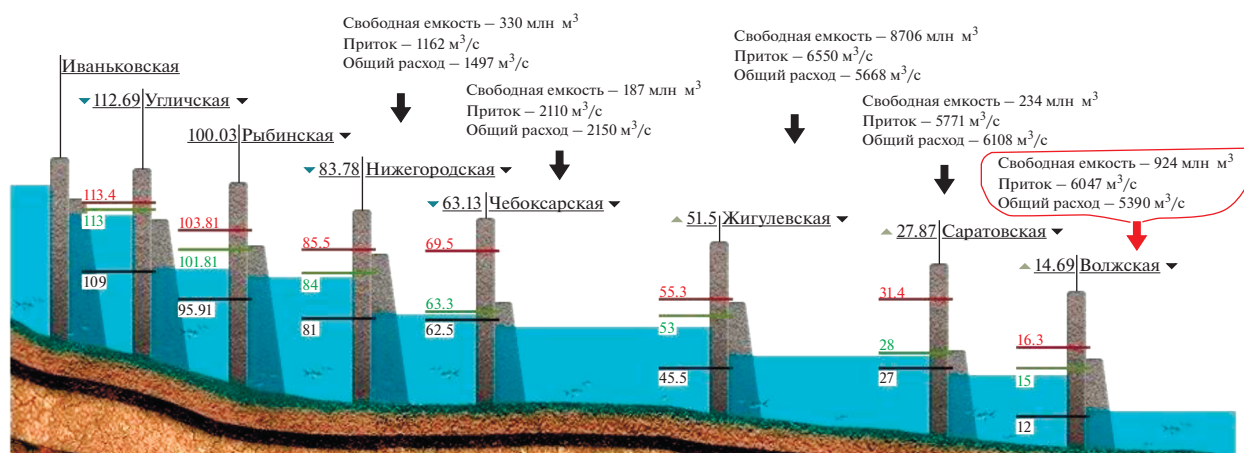


Рис. 1. Продольный профиль каскада ГЭС и водохранилищ на р. Волге (<http://www.rushydro.ru/hydrology/informer> с добавлением авторов).

С позиции *природного воздействия* трансгрессивно-регрессивные движения Каспийского моря были объяснены еще Э.Х. Ленцем (1836 г.) и А.И. Воейковым (1884 г.). Колебания уровня моря исторически прослеживались давно. В течение нашей эры было 6 крупных трансгрессий Каспия. В XX в. его уровень резко изменялся дважды. В 1929 г. он находился на отметке -26 м и был близок к ней практически все столетие. С 1930 г. уровень моря стал резко падать и к 1941 г. понизился на 2 м. Понижение продолжалось до 1977 г., достигнув самой низкой отметки за последние 200 лет — -29.02 м. Снижение уровня моря привело к обмелению прибрежных акваторий, выдвиганию береговой линии в сторону моря. До настоящего времени не существует однозначного мнения о цикличности трансгрессивно-регрессивных движений Каспия.

Для анализа изменений общего водного режима территории области сравнивались три периода:

- с позиции *антропогенного воздействия*: условно-естественный 1907–1955 гг., когда эти воздействия были минимальны;
- 1956–1980 гг. — регулируемый, строительство и ввод в эксплуатацию Нижневолжских водохранилищ;
- современный — 1981–2015 гг., характеризующийся внутригодовым перераспределением стока Низовья Волги.

Начало условно-естественного периода (1907–1955 гг.) определено нами с учетом организации первой государственной организации, в задачи которой входила оценка состояния водообеспеченности Астраханского края. В этот период в сторону отступающего моря перемещались практически все виды хозяйственной деятельности на побережье: возникали поселения, образо-

вывались зоны земледелия, отгонных пастбищ, развивалась промышленность.

Второй период (1956–1980 гг.) соответствует интенсивному изъятию волжской воды на орошение, развитию различных отраслей промышленности, формированию комплексных хозяйств, в том числе десятилетнему периоду естественного маловодья Волги (1960–1970 гг.).

Эти обстоятельства способствовали разработке и осуществлению планов гидротехнического строительства в СССР, одним из которых является грандиозный проект Большой Волги по созданию каскада гигантских водохранилищ. Однако в проекте не было учтено множество отрицательных экологических последствий, в частности снижение суммарного притока воды в Каспийское море. Впоследствии в качестве основных компенсационных мероприятий для восполнения дефицита притока воды в Каспийское море, рассматривались проекты переброски части стока северных рек и р. Дона в Волгу. В этот же период в Астраханской области был построен уникальный по своим масштабам водоотделитель, предназначенный улучшить условия воспроизводства полупроходных рыб Волго-Каспийского района в маловодные годы путем перекрытия западного волжского рукава подъемной плотиной и создания подпора до 4.5 м.

В современный период (1981–2015 гг.) уровень моря начал быстро повышаться (в среднем по морю -26.73 м). Его подъем, зафиксированный с 1978 г., продолжался до 1995 г., что оказалось не только неожиданным, но и привело к еще большему негативным последствиям. К ним относятся: затопление земель со скоростью 1–2 км в год, нагонные явления высотой до 2–3 м, распространяющиеся до 20 км вглубь побережья, абразия берегов со скоростью до 10 м в год, миграция русел с воз-

Таблица 1. Основные показатели стока воды р. Волги у г. Волгоград и с. Верхнелебязье

Период	Створ	Среднегодовой сток, км ³	Средний сток	
			половодье (IV–VI), км ³	за зимний период (XII–III), км ³
1907–1955	г. Волгоград	233.1	132.6	30.6
	с. В. Лебязье	221.6	121.8	27.3
1956–1980	г. Волгоград	263.9	134.0	43.0
	с. В. Лебязье	242.0	116	47.7
1981–2015	г. Волгоград	229.0	110	64.8
	с. В. Лебязье	222.4	97	69

можными прорывами дамб обвалования, повышение уровня грунтовых вод и подтопление земель.

132.6 до 110 км³ и возросла водность зимних месяцев с 30.6 до 64.8 км³ [1, 8–10, 15–17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Началом изучения гидрологического режима Нижней Волги принято считать период с 1876–1887 гг., когда Волжская описная партия Министерства путей сообщения организовала систематические наблюдения за колебаниями уровней р. Волги на ряде водомерных постов. Изучение стока Низовья Волги начато в 1884–1887 гг.

По выделенным нами трем периодам из всех фаз гидрологического режима реки наибольшему воздействию и изменению подвергается фаза половодья, объемы и продолжительность которого имеют решающее значение для хозяйственной деятельности и поддержания экологического равновесия.

Сток воды

Современное регулирование стока отразилось на общем годовом стоке и внутригодовом его распределении. Сток воды р. Волги на участке Волгоград–Астрахань, как до зарегулирования, так и в настоящее время изменяется за счет потерь воды на заливание Волго-Ахтубинской поймы. Разность объемов стока у г. Волгоград и г. Астрахань колеблется в отдельные годы от 7 до 21 км³, в среднем составляя 13 км³, на подъеме половодья (апрель–май) среднемесячный сток у села Верхнелебязье (40 км выше г. Астрахани) на 15–20% меньше, чем у г. Волгоград. В настоящее время в зимний период проходит в среднем около 28% годового стока против 14% в 1907–1955 гг. (табл. 1) [2, 16].

Повышенные расходы воды в зимние месяцы приводят к увеличению скоростей течения на рукавах дельты и особенно на рыбозимовальных ямах, что нарушает условия зимовки рыб.

Таким образом, общая годовая водность реки снизилась с 233.1 до 229.0 км³, значительно уменьшилась водность весеннего половодья с

Уровень

Колебания уровня воды в нижнем течении Волги и ее дельте тесно связаны с изменениями стока реки. Сгонно-нагонные колебания уровня Каспия проявляются здесь весьма слабо, что связано со значительными уклонами водной поверхности в приморской зоне дельты. Это явление особенно ослабло в течение последних десятилетий в связи с наблюдавшимся снижением уровня моря, при котором площадь зоны с относительно повышенными уклонами значительно увеличилась. Развитию сгонно-нагонных колебаний уровня на предустьевом взморье дельты препятствует также широко распространившаяся здесь водная растительность; на протяжении примерно 10 км от края дельты до взморья с начала лета образуется густой травостой [2].

В период до зарегулирования стока Волги (1907–1955 гг.) в ее нижнем течении и дельте наблюдались две волны подъема уровня: весенняя (половодье) и осенняя (дождевые паводки) (рис. 2).

Весенний подъем уровня, обусловленный таянием снега на водосборе, имел у с. Верхнелебязье в среднем максимальную высоту 320 см, среднюю продолжительность подъема и спада 41 и 39 сут соответственно (табл. 2).

Максимальные уровни наблюдались, как правило, в конце мая–начале июня. Подъем уровня в половодье происходил в верхней части дельты, но по мере приближения к аванделю гребень волны постепенно понижался до отметок, горизонт которых составлял 13–18% максимального уровня в верхней части дельты.

Осенний подъем уровня, вызываемый выпадением в это время года большого количества осадков в бассейне, продолжался в среднем 1.5 мес. Минимальный уровень наблюдался в зимний период (табл. 3).

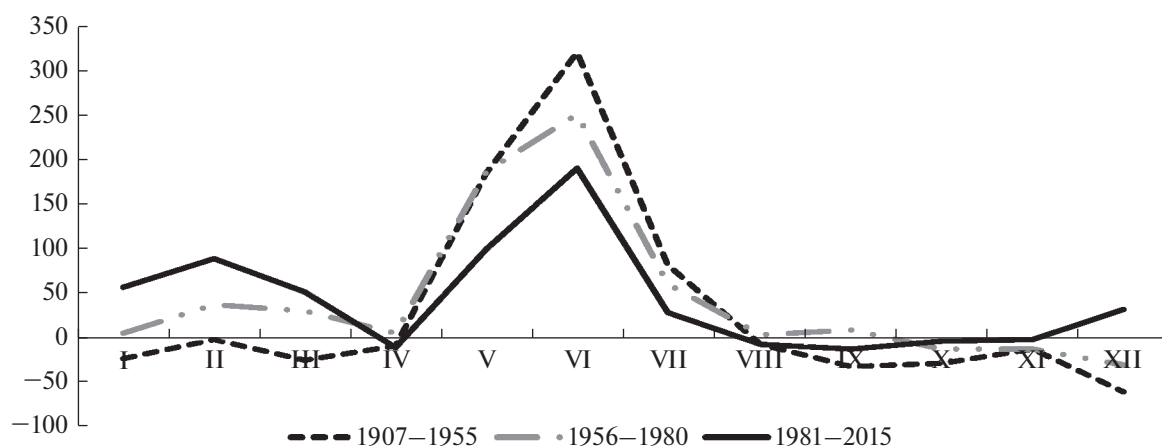


Рис. 2. Изменение среднего месячного уровня воды р. Волги у с. Верхнелебязье.

После зарегулирования стока понижение уровня половодья по мере его следования к морю связано с низкими сбросными расходами, которые составили всего $16000 \text{ м}^3/\text{с}$ в течение 7 дней.

Вода в малом количестве заполнила объекты гидрографической сети поймы, что привело к серьезному ухудшению ее экологического состояния.

Таким образом, годовой ход уровня стал определяться режимом работы Волжской ГЭС, особенностями которого в период весеннего половодья являются: быстрый подъем до максимальных отметок (9 против 41 сут), кратковременное стояние высоких уровней $>150 \text{ см}$ (15 против 60 сут) и резкий спад до меженных отметок (10 против 39 сут). Продолжительность половодья сократилась с 83 до 57 сут (см. табл. 2).

Взвешенные вещества

Взвешенные вещества нижнего течения Волги и дельты формируются из транзитных, приносимых со всего волжского водосбора, и местных, являющихся в основном результатом эрозии русла и размыва отложенных ранее аллювиальных морских и эоловых наносов [3].

Основная масса взвешенных веществ (около 90% годового объема твердого стока) проходила в период весеннего половодья (табл. 4), макси-

мальные концентрации наблюдались, как правило, до пика половодья (табл. 5).

В естественных условиях высокие средние годовые концентрации взвешенных веществ (до 100 мг/л) отмечались в 1936–1940 гг., с 1947 г. их содержание уменьшается. Так, по данным Л.А. Барсуковой [6, 7], средняя годовая концентрация взвешенных веществ за 1935–1948 гг. составила 93 мг/л , за 1949–1955 гг. снизилась до 54 мг/л [4, 5]. По ее мнению, такое уменьшение связано с вводом в действие верхневолжских водохранилищ.

В многоводные годы наблюдается небольшое увеличение содержания взвешенных веществ по сравнению с маловодными, но не так значительно, как после зарегулирования. Если ранее при объеме стока в период половодья более 110 км^3 содержание взвешенных веществ составляло $102\text{--}180 \text{ мг/л}$, то в современных условиях при таком же стоке воды их концентрации максимально повышались лишь до $70\text{--}80 \text{ мг/л}$ (по Б.Д. Елецкому).

С уменьшением концентраций взвешенных веществ сократился и их вынос в море (см. табл. 4). В период до зарегулирования он составлял 19.3 млн т/год , а по мере зарегулирования вынос постепенно уменьшился до 2.9 млн т/год [18].

Таким образом, создание каскада водохранилищ на р. Волге привело к обеднению воды ниж-

Таблица 2. Характеристика весеннего половодья р. Волги у с. Верхнелебязье

Период	Средний сток за половодье (IV–VI), км^3	Общая продолжительность половодья, сут	Продолжительность подъема уровня до максимальной отметки, сут	Максимальный уровень, см	Продолжительность спада уровня, сут
1907–1955	121.8	83	41	320	39
1956–1980	116	62	27	250	25
1981–2015	97	57	9	190	10

Таблица 3. Средние месячные уровни (см) р. Волги у с. Верхнелебяжье

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднегодовой
1907–1955	–23	–1	–24	–8	185	320	82	–7	–32	–28	–12	–61	26
1956–1980	5	37	30	6	187	250	61	3	9	–13	–13	–30	44
1981–2015	57	89	52	–10	100	190	28	–7	–13	–4	–2	33	37

Таблица 4. Сток взвешенных веществ р. Волги (млн т) в Каспийском море

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднегодовой
1907–1955	0.150	0.190	0.440	1.680	9.470	4.680	1.260	0.360	0.200	0.300	0.400	0.140	19.3
1956–1980	0.210	0.320	0.690	1.680	4.580	5.020	0.780	0.300	0.200	0.280	0.230	0.190	14.5
1981–2005	0.237	0.309	0.476	0.885	3.066	0.993	0.341	0.337	0.285	0.284	0.300	0.254	7.8
2006–2015	0.067	0.010	0.207	0.440	1.010	0.420	0.121	0.120	0.117	0.258	0.388	0.178	2.9

него течения реки взвешенными веществами за счет аккумуляции их в водохранилищах.

Минерализация воды

В зависимости от изменений водного стока реки минерализация [11] колеблется не только от года к году, но и по сезонам года (табл. 6).

Амплитуда колебаний минерализации в естественно-условном периоде (1907–1955 гг.) составляла 0.19–0.39 г/л, при этом наибольшая за год минерализация (0.36–0.39 г/л) наблюдалась в зимний период, когда расходы воды минимальные.

В весеннее половодье происходило разбавление речных вод маломинерализованными снеговыми водами, и спустя 10–15 сут после прохождения пика половодья наблюдался годовой минимум минерализации (0.19 г/л). В летне-осеннюю межень с переходом реки на грунтовое питание минерализация воды постепенно повышалась.

Рассмотрим причины, обусловившие современное (1981–2015 гг.) внутригодовое распределение минерализации в пределах Астраханской области (рис. 3), в соответствии с данными табл. 6. В зимний период Куйбышевское и Волгоградское водохранилища заполнены сравнительно высокоминерализованной водой реки и ее притоков. Ве-

сенняя маломинерализованная вода достигает нижнего бьефа Волгоградской ГЭС (ВГЭС) после того, когда будет вытеснена вся осенне-зимняя вода, накопленная в водохранилищах. Объем воды в водохранилищах значительно больше, чем было на этом участке реки до зарегулирования, следовательно, требуется и более продолжительное время для ее вытеснения [14]. Для прохождения волны весеннего половодья через Куйбышевское водохранилище требуется 14–16 сут, через Волгоградское – 20 сут. От нижнего бьефа ВГЭС до с. Верхнелебяжье волна проходит за 10–12 сут.

Таким образом, общее запаздывание минимума минерализации против пика половодья составляет 45–50 сут (см. рис. 2), поэтому годовой минимум минерализации в устьевой области р. Волги наступает только в июле–августе (см. табл. 6). В период летне-осенней межени в Нижнюю Волгу из водохранилищ сбрасывается в основном накопленная весной маломинерализованная вода, однородная по своему составу. Поэтому средняя месячная минерализация с июля по ноябрь практически остается без изменения (0.27–0.28 г/л) [11].

Полезная емкость водохранилища ВГЭС позволяет в определенной степени маневрировать стоком – изменять продолжительность полово-

Таблица 5. Концентрации взвешенных веществ (мг/л) в воде р. Волги у с. Верхнелебяжье

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднегодовой
1907–1955	20	31	55	139	185	80	45	30	20	27	35	25	58
1956–1980	20	27	45	110	100	90	38	20	15	20	17	20	44
1981–2005	16	21	28	53	73	34	22	26	21	20	21	16	29
2006–2015	4	6.2	8	25	15	12	9	6	2.5	5.5	7.2	4	8.7

дья, но только в период каскадного регулирования (см. рис. 1).

С учетом складывающейся гидрологической и водохозяйственной обстановки в регионе, по предложениям водопользователей за 2017–2018 гг. и в соответствии с рекомендациями Межведомственной рабочей группы по регулированию режимов работы водохранилищ Волжско-Камского каскада, Федеральным агентством водных ресурсов принято решение о максимальных сбросных расходах 25000 м³/с через Волгоградский гидроузел. С 20 апреля 2017 г. среднесуточные сбросные расходы Волгоградского гидроузла начали нарастать (рис. 4).

Ежедневно уровень воды в Волге поднимался в среднем на 3–5 см. Пик паводка в Астрахани пришелся на 13–15 мая и достиг 510 см при опасной отметке 620–670 см. Эти показатели меньше по сравнению со значениями 2018 г., когда пик паводка пришелся на 1–2 мая и уровень воды в областном центре достиг 620 см (рис. 5).

Для рыбохозяйственных целей (так называемая “рыбохозяйственная полка”) наиболее оптимальный срок пика паводка должен приходиться на 25 апреля. Таким образом, полученные в соответствии с запросом объема воды (25000 м³/с) не соответствуют естественному рыбозаведению [19].

Максимальные сбросные расходы при опасных отметках 620–670 см могут привести к необратимым процессам, связанным с затоплением и подтоплением территорий, как это наблюдалось в 1926, 1979, 1991 гг. (рис. 6).

В Астраханской области на территории, подверженной негативному воздействию вод, проживает примерно половина населения области. Основными защитными сооружениями от подтопления и затопления населенных пунктов и социальных объектов служат земляные водооградительные валы общей протяженностью более 1100 км.

Процессы подтопления и затопления населенных пунктов отрицательно скажутся не только на социальных условиях жизни населения области, но и на экологической обстановке и экономике региона.

ВЫВОДЫ

Изменения речного стока в низовьях Волги под воздействием природных и антропогенных факторов отразились на количественных и качественных показателях состава волжской воды.

Годовой ход уровня стал определяться режимом работы Волжской ГЭС, особенностями которого в период весеннего половодья являются: быстрый подъем уровня до максимальных отметок, кратковременное стояние высоких уровней и резкий спад до меженных отметок, а также сокращение продолжительности половодья.

Таблица 6. Минерализация воды р. Волги у с. Верхне-лебяжье

Месяц	Средняя минерализация, г/л		
	1907–1955	1956–1980	1981–2015
I	0.37	0.30	0.31
II	0.36	0.34	0.33
III	0.39	0.34	0.34
IV	0.37	0.35	0.35
V	0.23	0.35	0.36
VI	0.19	0.31	0.26
VII	0.22	0.28	0.27
VIII	0.24	0.26	0.27
IX	0.29	0.26	0.28
X	0.33	0.27	0.28
XI	0.36	0.30	0.29
XII	0.39	0.28	0.28

Содержание взвешенных веществ в нижнем течении Волги снизилось на порядок за счет их аккумуляции во всем каскаде водохранилищ.

В связи с изменением времени пика половодий сместился и минимум минерализации воды. В условно-естественном периоде в весеннее половодье происходило разбавление стока маломинерализованными снеговыми водами, и спустя 10–15 сут после прохождения пика половодья наблюдался годовой минимум минерализации в мае–июне (0.19 г/л). В современный период из-за сброса Волгоградского гидроузла наблюдается общее запаздывание пика половодья на 45–50 сут, а минимум минерализации составляет 0.26 г/л в июле–августе.

Фактическая реализация в 2017–2018 гг. принятых решений о максимальных сбросных расходах (25000 м³/с) с Волгоградского гидроузла привела к повышению уровня до опасных отметок

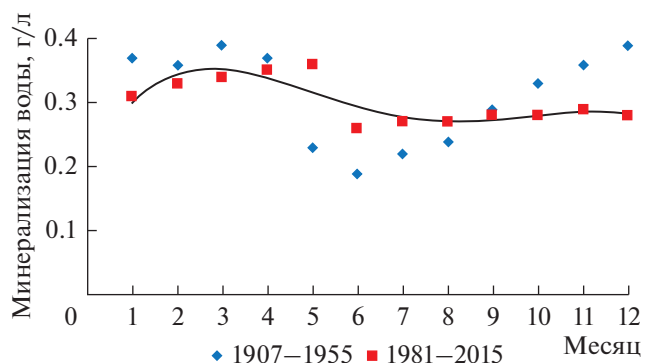


Рис. 3. Внутригодовое изменение минерализации у села Верхне-лебяжье.



Рис. 4. Зависимость объемов сбросов ВГЭС от уровней воды, 2017 г.



Рис. 5. Зависимость объемов сбросов ВГЭС от уровней воды, 2018 г.

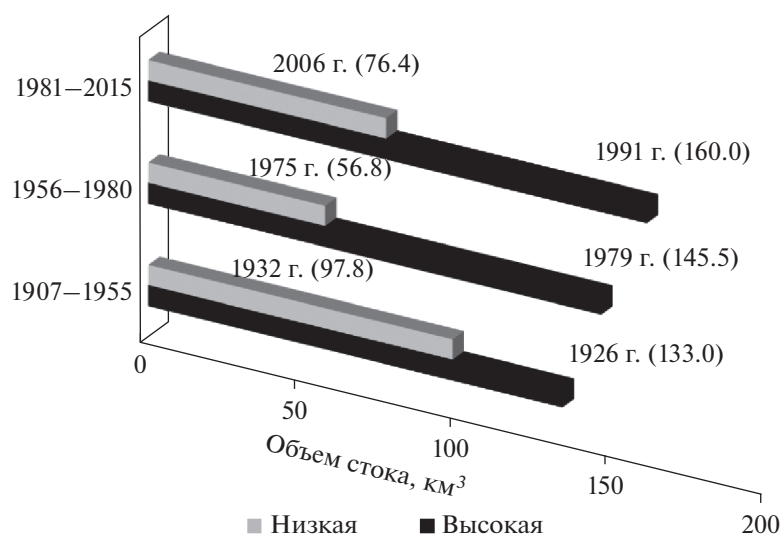


Рис. 6. Года с объемами стока высокой и низкой водности в период половодья у с. Верхнелебязье.

(670 см), которые в период половодья могут привести к необратимым экологическим и социально-экономическим последствиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахова Т.В., Катунин Д.Н., Бесчетнова Э.И., Васильченко О.Н., Иванов В.П. Современное состояние водопотребления и водоотведения рыболовными предприятиями и требования к водному режиму и качеству воды на перспективу для искусственного воспроизводства рыбных запасов и прудового рыбоводства // Тезисы докладов отчет. сессии КаспНИРХ по работам 1972 г. Астрахань, 1973. С. 5–7.
2. Байдин С.С., Линберг Ф.Н., Самойлов И.В. Гидрология дельты Волги. Л.: Гидрометеиздат, 1956. 330 с.
3. Байдин С.С. Сток и уровни дельты Волги. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 337 с.
4. Барсукова Л.А. Гидрохимический режим авандельты в районе Кировского банка // Тр. Каспийского бассейнового филиала ВНИРО. 1952. Т. 12. С. 225–250.
5. Барсукова Л.А. Гидрохимическая характеристика дельты и авандельты Волги // Тр. Каспийского бассейнового филиала ВНИРО. 1952. Т. 32. С. 178–196.
6. Барсукова Л.А. Биогенный сток в первые годы зарегулирования реки у Куйбышева // Тр. КаспНИРХ. 1962. Т. 18. С. 91–129.
7. Барсукова Л.А. Многолетний биогенный сток р. Волги у Астрахани // Тр. КаспНИРХ. 1971. Т. 26. С. 42–53.
8. Бесчетнова Э.И. Обзор гидрологических условий в дельте Волги в 1962–1963 гидрологическом году // Аннотация к работам, выполненным КаспНИРХ в 1963 г. Сб. 6. 1965. С. 3–4.
9. Бесчетнова Э.И. Гидрологический обзор р. Волги в 1931–1963 гг. // Аннотация к работам, выполненным КаспНИРХ в 1963 г. Сб. 6. 1965. С. 4–5.
10. Бесчетнова Э.И. Изменение основных элементов гидрологического режима нижнего течения Волги после зарегулирования ее стока // Тр. КаспНИРХ. 1967. Т. 23. С. 3–9.
11. Бесчетнова Э.И. Минерализация воды в дельте Волги и ее изменение в результате антропогенного воздействия // Опыт и проблемы проектирования строительства и эксплуатации мелиоративных объектов. Астрахань, 1981. С. 53–56.
12. Брылев В.А., Стрельцова Е.Н., Арестов А.В. Изменение геоморфологических процессов и ландшафтов в Волго-Ахтубинской пойме в связи с зарегулированием гидрологического режима Волги // Геоморфология. М., 2001. С. 87–93.
13. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Зайцева И.С., Кашутин Е.А., Барабанова Е.А., Долгов С.В. Антропогенные и климатические изменения стока в бассейне Волги // Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. Вестн. Брестского тех. ун-та. 2014. Т. 2. № 86. С. 21–25.
14. Зенин А.А. Гидрохимия Волги и ее водохранилищ. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 259 с.
15. Катунин Д.Н. Заливание волжской дельты в условиях работы Волго-Камского каскада гидроэлектростанций // Тр. КаспНИРХ. 1971. Т. 26. С. 35–41.
16. Рыбак В.С. Потери стока в Волго-Ахтубинской пойме и дельте Волги // Тр. ГОИН. 1973. Вып. 116. С. 82–86.
17. Рыбак В.С. Влияние зарегулирования стока Волги и режим мутности и выдвигения дельты // Тр. ГОИН. 1974. Вып. 104. С. 45–50.
18. Сб. трудов Астраханской опытно-мелиоративной станции // Нижне-Волжское книжное издательство. Волгоград, КИМ. 1968. Вып. 1. 136 с.
19. Токарева А.А. Влияние максимальных расходов воды на состояние водного режима Нижней Волги в период половодья // Вест. АГТУ. 2012. № 1 (53). С. 75–77.
20. Токарева А.А. Особенности развития экосистем Нижней Волги с учетом сезонных изменений ее гидрологического режима / А.А. Токарева, П.И. Бухарин, Е.В. Аношкина: Материалы IV Всероссийской конф. по водной экотоксикологии. Борок. 2011. Ч. 2. С. 175–177.

Changes in the Volga River Flow in the Lower Reaches Under the Natural and Anthropogenic Factors Influence (20th–21st Centuries)

A. A. Tokareva^{1, #}, G. V. Kutlusrina¹, and P. I. Bukharitsin¹

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

[#]e-mail: marga_gamma@mail.ru

One of the features of our time is the general deterioration of the aquatic ecological situation, the cause of which is often anthropogenic activity amplified by changes in natural factors. Using the temporary analogy method, hydrological and hydrochemical indicators of the water regime of the Volga lower reaches are compared for periods that differ in the degree and nature of anthropogenic impact. The Volga lower reaches refer to the territory, including watercourses of the Volga-Akhtuba floodplain, delta and Western steppe ilmens belonging to the Lower Volga and considered by the authors within the Astrakhan oblast. Data on the total annual runoff and its annual redistribution make it possible to identify the ratio of anthropogenic and natural factors' contribution to its formation. The regulatory effect of reservoirs in which river water from the entire

catchment of the river accumulates, their mixing and the chemical composition final formation, lead to irreversible consequences and natural processes manifestations.

Keywords: Lower Volga, river flow, Volga hydroelectric station, hydrological and hydrochemical indicators, natural and anthropogenic factors, negative impacts

REFERENCES

1. Astakhova T.V., Katunin D.N., Beschetnova E.I., Vasil'chenko O.N., Ivanov V.P. Current status of water consumption and sanitation by hatcheries and requirements for the water regime and water quality for the future for the artificial reproduction of fish stocks and pond fish farming. In *Tezisy dokladov otkhetnoi sessii KaspNIRKH po rabotam 1972 g.* [Abstracts of Reports of the Reporting Session of CaspNIRKh on the Work in 1972]. Astrakhan, 1973, pp. 5–7. (In Russ.).
2. Baidin S.S., Linberg F.N., Samoilov I.V. *Gidrologiya del'ty Volgi* [Hydrology of the Volga Delta]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1956. 330 p.
3. Baidin S.S. *Stok i urovni del'ty Volgi* [Stock and Volga Delta Levels]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1962. 337 p.
4. Barsukova L.A. The hydrochemical regime of the avandelta in the area of the Kirovskii Bank. *Tr. Kaspiiskogo Basseinovogo Filiala VNIRO*, 1952, vol. 12, pp. 225–250. (in Russ.).
5. Barsukova L.A. Hydrochemical characteristics of the Volga delta and outposts. *Tr. Kaspiiskogo Basseinovogo Filiala VNIRO*, 1952, vol. 32, pp. 178–196. (In Russ.).
6. Barsukova L.A. Biogenic runoff in the early years of regulation of the river near Kuibyshev. *Tr. KaspNIRKh*, 1962, vol. 18, pp. 91–129. (In Russ.).
7. Barsukova L.A. Long-term nutrient runoff of the Volga River near Astrakhan. *Tr. KaspNIRKh*, 1971, vol. 26, pp. 42–53. (In Russ.).
8. Beschetnova E.I. Overview of hydrological conditions in the Volga delta in the hydrological year 1962–1963. In *Annotatsiya k rabotam, vypolnennym KaspNIRKH v 1963 g.* [Annotation to the Work Carried out by CaspNIRKh in 1963]. Astrakhan, 1965, vol. 6, pp. 3–4. (In Russ.).
9. Beschetnova E.I. Hydrological review of the Volga River in 1931–1963. In *Annotatsiya k rabotam, vypolnennym KaspNIRKH v 1963 g.* [Annotation to the Work Carried out by CaspNIRKh in 1963]. Astrakhan, 1965, vol. 6, pp. 4–5. (In Russ.).
10. Beschetnova E.I. Change in the basic elements of the hydrological regime of the lower reaches of the Volga after the regulation of its flow. *Tr. KaspNIRKh*, 1967, vol. 23, pp. 3–9. (In Russ.).
11. Beschetnova E.I. Mineralization of water in the Volga delta and its change as a result of anthropogenic impact. In *Opyt i problemy proektirovaniya stroitel'stva i ekspluatatsii meliorativnykh obektov* [Experience and Problems of Designing the Construction and Operation of Reclamation Facilities]. Astrakhan, 1981, pp. 53–56. (In Russ.).
12. Brylev V.A., Strel'tcova E.N., Arestov A.V. Changes in geomorphological processes and landscapes in the Volga-Akhtuba floodplain in connection with the regulation of the hydrological regime of the Volga. In *Geomorfologiya* [Geomorphology]. Moscow, 2001, pp. 87–93. (In Russ.).
13. Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Zaytseva I.S., Kashutina E.A., Barabanova E.A. Anthropogenic and climatic changes in the runoff in the Volga basin. *Vestn. Brest. Gos. Tekh. Univ., Ser.: Vodokhozyaistvennoe Stroitel'stvo, Teploenergetika i Geoekol.*, 2014, no. 2, pp. 21–25. (In Russ.).
14. Zenin A.A. *Gidrokimiya Volgi i ee vodokhranilishch* [Hydrochemistry of the Volga and its Reservoirs]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1965. 259 p.
15. Katunin D.N. Flooding of the Volga delta in the conditions of the Volga-Kama cascade of hydroelectric power stations. *Tr. KaspNIRKh*, 1971, vol. 26, pp. 35–41. (In Russ.).
16. Rybak V.S. Loss of the flow in the Volga-Akhtuba floodplain and the Volga delta. *Tr. GOIN*, 1973, vol. 116, pp. 82–86. (In Russ.).
17. Rybak V.S. The influence of regulation of the Volga runoff and the regime of turbidity and delta extension. *Tr. GOIN*, 1974, vol. 104, pp. 45–50. (In Russ.).
18. *Sbornik trudov Astrakhanskoi opytно-meliorativnoi stantsii* [Proceedings of the Astrakhan Experimental Land Reclamation Station]. Volgograd: Nizhne-Volzhskoe Knizhnoe Izd-vo Publ., 1968, vol. 1. 136 p.
19. Tokareva A.A., Bukharitcin P.I. Influence of the maximum water charges on the state of water regime of the Lower Volga during flood time. *Vestn. Astrkhan. Gos. Tekh. Univ.*, 2012, vol. 53, no. 1, pp. 75–77. (In Russ.).
20. Tokareva A.A., Bukharitcin P.I., Anoshkina E.V. Features of the development of the Lower Volga ecosystems, taking into account seasonal changes in its hydrological regime. In *Materialy IV Vserossiiskoi konferentsii po vodnoi ekotoksikologii* [Proc. IV All-Russian Conf. on Water Ecotoxicology]. Borok, 2011, part 2, pp. 175–177. (In Russ.).