

ОПАСНЫЕ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ УРАЛ

© 2024 г. Л. С. Курочкина*, Е. Н. Грек, Т. В. Скороспехова, С. С. Чепикова

Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, 199004 Россия

**e-mail: kurochkina_liubov@hydrology.ru*

Поступила в редакцию 15.02.2024 г.

После доработки 08.04.2024 г.

Принята к публикации 20.04.2024 г.

Проведены анализ и оценка опасных и неблагоприятных гидрологических явлений на реках российской части бассейна р. Урала по данным многолетних наблюдений за уровенным режимом на гидрологических постах с установленными критическими уровнями воды. Использована методика, разработанная в Государственном гидрологическом институте, а также предложен обобщенный критерий, позволивший выявить посты с наибольшей опасностью наводнений. Проведенный анализ показал, что для постов, расположенных в селах Ащебутак, Сергиевка, поселках Майском, Адамовка, повторяемость опасных гидрологических явлений >10%, из них наиболее опасные наводнения отмечались для с. Ащебутак и пос. Адамовка. Повторяемость неблагоприятных гидрологических явлений для постов в городах Орске, Кувандыке, пос. Новоорске >50%. Для этих же постов выявлено многократное (до четырех раз за год) превышение отметки в разные фазы водного режима (половодье и паводки). Это указывает на необходимость принятия мер по предотвращению негативного воздействия вод на территориях, подверженных высокому риску затопления. Критические отметки низких уровней воды установлены для двух пунктов на р. Урал – городов Оренбурга и Верхнеуральска. Низший уровень воды поста г. Оренбурга ни разу не опускался ниже отметки опасного гидрологического явления. На посту г. Верхнеуральска на фоне существенных изменений низших уровней воды после 1975 г. уровень воды падал ниже отметки неблагоприятного гидрологического явления 4 раза.

Ключевые слова: критические отметки уровня воды, бассейн реки Урал, повторяемость, категории опасности, превышение, наводнения, маловодья.

DOI: 10.31857/S0321059624050052 **EDN:** VXSJQG

ВВЕДЕНИЕ

На территории России с ее разнообразием климатических условий происходит множество разных опасных гидрометеорологических явлений, которые могут причинить значительный экономический ущерб как отдельным предприятиям, так и отраслям экономики в целом [1, 12, 13]. Своевременное и достоверное информирование о возникновении, развитии, усилении и окончании таких явлений – одна из приоритетных задач наблюдательных подразделений Росгидромета. Гидрологические явления – одни из опаснейших природных процессов по масштабам наносимого ущерба в социально-экономических отраслях. В данной работе рассмотрены опасные и неблагоприятные гидрологические явления (ОГЯ и НГЯ соответственно), происходящие на российской части бассейна р. Урал.

ОГЯ – это результат гидрологических процессов, возникающих под действием раз-

личных природных или гидродинамических факторов или их сочетаний, оказывающих поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую среду [4]. Гидрологические события, вызывающие менее разрушительные последствия по сравнению с ОГЯ, относят к НГЯ. Такие явления затрудняют деятельность отдельных предприятий и субъектов экономики, создают неудобства для населения, но не представляют угрозу безопасности людей [8].

Наиболее распространенная причина возникновения ОГЯ и НГЯ на территории Российской Федерации – повышение уровня воды на водных объектах в период половодья, паводка, при образовании затора или зажора [7]. ОГЯ и НГЯ также могут возникать при падении уровня воды ниже проектных отметок для водозаборных сооружений и навигационных уровней воды на судоходных реках [8].

Отметки уровней воды, определяющие наступление ОГЯ и НГЯ, устанавливаются для гидрологических постов территориальными органами Росгидромета (УГМС) исходя из требований обслуживаемых ими организаций с учетом природных и климатических особенностей территории и других факторов [8], данных многолетних наблюдений и возникавших ранее негативных последствий наводнений для населения и отраслей экономики [2]. Иными словами, при назначении отметок ОГЯ и НГЯ определяющие факторы – не только высота подъема уровня воды, но и расположение вблизи гидрологического поста населенных пунктов и объектов экономики.

Цель работы – анализ и оценка ОГЯ и НГЯ, произошедших на реках бассейна Урала, по данным многолетних наблюдений за уровнем режимом на гидрологических постах с установленными критериями ОГЯ и НГЯ, а также выявление гидрологических постов с наибольшей повторяемостью и опасностью наводнений.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Река Урал протекает по территории России и Казахстана. Сток реки – на склонах хребта Уралтау, впадает река в Каспийское море. Территория бассейна р. Урал в границах Российской Федерации имеет площадь 121,9 тыс. км², что составляет 52,8% территории всего бассейна [11].

Основной тип питания большинства рек района – снеговой, вследствие этого естественный режим стока большинства рек бассейна характеризуется высоким весенним половодьем и низкой летней меженью с редкими дождевыми паводками, повышенной водностью в осенний период и резким снижением стока в зимний период. Весеннее половодье в бассейне обычно начинается в конце марта – начале апреля и длится от 30 до 90 дней в зависимости от водности рек и дружности весны. Доля весеннего стока в годовом на разных реках территории колеблется в пределах 55–100%. Наибольшая доля (95–98%) в юго-западной части, наименьшая – в бассейнах верхнего течения Урала и Сакмары (55–75%) [9].

Бассейн р. Урал на территориях как Российской Федерации, так и Республики Казахстан

характеризуется довольно высокой степенью зарегулированности стока. На территории Российской Федерации в бассейне расположено 141 водохранилище объемом >1 млн м³ с суммарным полным объемом 4676 млн м³, а также 674 пруда с общим объемом 116 млн м³ [6].

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований использованы материалы многолетних наблюдений за водным режимом на 15 гидрологических постах Росгидромета, расположенных на реках бассейна Урала, с установленными критериями ОГЯ и (или) НГЯ (рис. 1). Из 15 постов для 13 определены отметки, соответствующие как ОГЯ, так и НГЯ. Для оставшихся двух постов отметки ОГЯ и НГЯ совпадают, что можно трактовать как отсутствие установленной отметки НГЯ.

Критические отметки установлены Уральским УГМС и Приволжским УГМС. Для постов, принадлежащих Башкирскому УГМС, не назначены критические отметки по рекам в пределах бассейна Урала. Можно считать, что вблизи постов, где не установлена критическая отметка, ущербы не отмечены. В табл. 1 представлены критические отметки для высших уровней воды

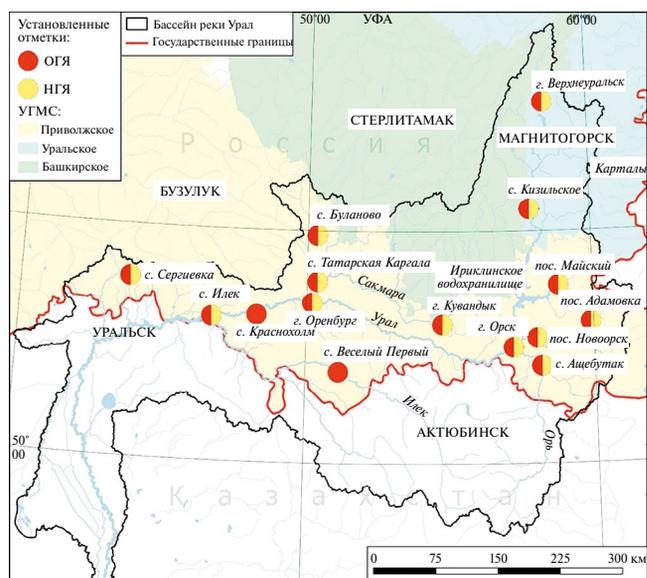


Рис. 1. Расположение гидрологических постов с установленными отметками ОГЯ и НГЯ на территории бассейна р. Урал в границах Российской Федерации.

Таблица 1. Установленные критические отметки для высших уровней воды по состоянию на 2022 г. и низших уровней воды по состоянию на 2021 г. на реках бассейна Урала, площадь (F) и средняя высота водосбора (H_{cp}), отметка нуля поста (H_0) и периоды наблюдений

Код поста	Река – пост	F , км ²	H_{cp} , м [14]	H_0 , м БС	Высшие уровни, см		Низшие уровни, см		Период наблюдений
					ОГЯ	НГЯ	ОГЯ	НГЯ	
19039	р. Урал – г. Верхнеуральск	2650	599	397.33	310	270		-5	1931–2020
19049	р. Урал – с. Кизильское	17200	469	289.21	600	520			1927–2020
19054	р. Урал – г. Орск	46100	372	186.11	700	360			1967–2020
19063	р. Урал – г. Оренбург	82300	347	81.6	930	760	145 61*		1967–2020
19070	р. Урал – с. Илек	119000	334	50.45	890	850			1958–2020
19118	р. Суундук – пос. Майский	4020	344	248.63	900	880			1970–2020
19127	р. Большой Кумак – пос. Новоорск	7250	323	203.1	690	390			1967–2020
19128	р. Жарлы – пос. Адамовка	2490	347	264.42	700	560			1948–2020
19136	р. Орь – с. Ашебутак	16700	322	201.71	850	620			1981–2012
19156	р. Сакмара – г. Кувандык	7610	523	198.25	550	350			1931–2020
19159	р. Сакмара – с. Татарская Каргала	29600	343	86.97	870	860			1965–2020
19185	р. Салмыш – с. Буланово	2580	230	122.23	580	500			1943–2020
19190	р. Чёрная – с. Краснохолм	943	164	71.9	480				1949–2020
19197	р. Илек – с. Весёлый Первый	17200	297	123.9	400				1988–2020
19235	р. Чаган – с. Сергиевка	545	147	64.87	900	870			1969–2020

* В течение ≥ 10 сут.

по состоянию на 2022 г. и для низших уровней воды по состоянию на 2021 г.

Помимо приведенных в табл. 1, имелись отметки ОГЯ и НГЯ для высших уровней воды за период 2019–2022 гг. За этот период изменились лишь отметки НГЯ в 2020 г. для постов р. Урал – г. Верхнеуральск (с 230 см до 270 см) и р. Урал – с. Кизильское (450 см до 520 см).

Критерий ОГЯ для низких уровней установлен для поста р. Урал – г. Оренбург; причем приведены две отметки ОГЯ, при которых нарушается обеспечение населения водой вследствие оголения водозаборов: для летне-сезонных труб насосной станции (145 см) и для всасывающих труб насосной станции первого подъема (61 см). Вторая отметка будет считаться опасной, если уровни воды ниже отметки будут держаться ≥ 10 дней.

Критерий НГЯ для низких уровней (–5 см) установлен для поста р. Урал – г. Верхнеуральск. Падение уровня воды ниже этой критической отметки приводит к нарушению обеспечения на-

селения водой вследствие оголения водозаборов. По информации, полученной от Челябинского ЦГМС, при данной отметке не происходит полного прекращения подачи воды, однако возникают затруднения в ее подаче.

Для анализа и научного обобщения данных гидрологического мониторинга рек рассматриваемого бассейна в рамках НИР “Анализ современного состояния системы государственного мониторинга водных объектов в бассейне р. Урал, разработка базы гидрологических данных, расчет основных гидрологических характеристик водных объектов бассейна р. Урал по материалам наблюдений государственной наблюдательной сети Росгидромета и разработка рекомендаций по проведению мониторинга водных объектов для бассейна р. Урал” была подготовлена база данных многолетних гидрологических характеристик, содержащая сведения об уровнях воды и датах их установления за периоды наблюдения, приведенные в табл. 1: высшие срочные уровни воды в году и даты их наступления, ежедневные уровни воды за период наводнения, низшие срочные уровни воды для

зимнего периода и периода открытого русла и даты их наступления, ежедневные уровни воды за период маловодья.

Из дальнейшего анализа исключались отметки уровня воды за период до строительства крупных водохранилищ, плотин и прудов при обнаружении существенных отличий в водном режиме в сравнении с нынешними условиями.

Наводнения

Для анализа частоты возникновения ОГЯ и НГЯ проводилась оценка их повторяемости как частного от деления количества ОГЯ или НГЯ на количество лет наблюдений, умноженное на 100%.

Оценка опасности наводнений проводилась по методике, разработанной Государственным гидрологическим институтом (ГГИ) и описанной в [2].

Согласно методике исследования опасности наводнения, в первую очередь определяется его причина. Наводнения подразделялись по генезису: обусловленные таянием снежного покрова, выпадением дождевых осадков либо образованием заторов или зажоров льда.

Оценка категории опасности наводнения проводилась в соответствии с принятыми показателями (табл. 2) [2].

Для расчета обеспеченности высшего уровня воды в период затопления предварительно выполнялся статистический анализ многолетних рядов высших уровней и анализ факторов хозяйственной деятельности с целью выявления возможного нарушения однородности и стационарности исходной уровенной информации. Устанавливался генезис формирования наводнений (половодье, паводок, затор или зазор). Уровень воды был классифицирован как заторный/зазорный при наличии отметки ледового явления для высшего уровня “затор/зазор ниже поста”.

Проверка однородности рядов данных проводилась на основе применения критериев Стьюдента (однородность по среднему) и Фишера (однородность по дисперсии). Также проводи-

лась проверка стационарности ряда по десяти критериям Диксона и двум критериям Смирнова–Граббса, учитывающим асимметрию и внутрирядную связанность (автокорреляцию) гидрологических рядов. Для однородных рядов высших уровней воды при определении их обеспеченности за период наводнения использовались аналитические функции распределения вероятности. При неоднородности рядов использовались составные кривые распределения.

Превышение высшего уровня воды над отметкой ОГЯ вычислялось по разнице высшего (срочного) уровня воды и критической отметки уровня.

Продолжительность затопления и максимальная скорость повышения уровня в период затопления определялись на основе анализа хода среднесуточных уровней воды.

В гидрологической практике принято оценивать показатели опасных наводнений (обеспеченность, превышение высшего уровня и пр.) по наибольшему в году паводку. В данной работе дополнительно оценено количество случаев, когда уровень воды превысил критическую отметку ОГЯ или НГЯ.

На основе вышеописанных категорий опасности по разным показателям выявлены гидрологические посты с наибольшей опасностью наводнений в нижеприведенной последовательности.

1. Для каждого наводнения на посту определялись показатели опасности наводнений (обеспеченность и превышение уровня воды, продолжительность и максимальная скорость повышения уровня воды).

2. Для каждого поста по всем наблюдаемым на нем наводнениям рассчитывались усредненные значения показателей опасности наводнений.

3. Для каждого усредненного показателя определялась категория опасности по табл. 2.

4. Каждой категории опасности присваивалось значение (табл. 2) в диапазоне от 0 до 4, где 0 — явления без категории опасности, 4 — чрез-

Таблица 2. Категории опасности наводнений и их показатели

Показатель опасных наводнений	Категории опасности (цифровое значение)			
	чрезвычайно опасные (4)	весьма опасные (3)	опасные (2)	умеренно опасные (1)
Обеспеченность высшего уровня воды в период затопления (P , %)	$P \leq 1$	$1 < P \leq 2$	$2 < P \leq 5$	$5 < P \leq 10$
Превышение высшего уровня воды над отметкой ОГЯ (H , м)	$H \geq 2$	$1 \leq H < 2$	$0.5 \leq H < 1$	$H < 0.5$
Продолжительность затопления (T , сут)	$T \geq 20$	$15 \leq T < 20$	$5 \leq T < 15$	$1 \leq T < 5$
Максимальная скорость повышения уровня в период затопления (V , м/сут)	$V \geq 2.5$	$1.5 \leq V < 2.5$	$1.0 \leq V < 1.5$	$V < 1.0$

Таблица 3. Категории опасности маловодий и их показатели

Показатель	Категории опасности			
	чрезвычайно опасные	весьма опасные	опасные	умеренно опасные
Обеспеченность низшего уровня воды в период маловодья (P , %)	$P \geq 99$	$98 \leq P < 99$	$95 \leq P < 98$	$90 \leq P < 95$
Продолжительность нахождения уровня ниже критической отметки (T , сут)		$T \geq 30$	$10 \leq T < 30$	$1 \leq T < 10$

вычайно опасные наводнения. Поскольку те или иные показатели опасности наводнения могут быть более или менее значимы с точки зрения вреда населению и объектам экономики, а с учетом особенностей водных объектов и прохождения самого ОГЯ степень этой значимости может варьировать, было принято решение присвоить одинаковые веса каждому из показателей опасности. С точки зрения авторов статьи, назначение весов для показателей опасности требует специальных исследований.

5. Рассчитывался обобщенный критерий опасности наводнений путем суммирования значений категорий опасности по каждому показателю. Значения обобщенного критерия опасности наводнений могут варьировать в диапазоне от 2 (умеренно опасное по показателю превышения уровня воды и максимальной скорости, не имеет категории опасности по остальным показателям) до 16 (чрезвычайно опасное по всем показателям).

Таким образом, получены обобщенные критерии опасности для гидрологических постов и для конкретных ОГЯ, наблюдавшихся на них.

Маловодья

Последовательность расчетов аналогична описанной ранее для высших уровней воды.

В результате выделяются годы с уровнем воды ниже критического. Для этих лет определяется обеспеченность низших наблюдаемых уровней и продолжительность нахождения уровня ниже критической отметки. Категория опасности ранее наблюдавшихся опасных маловодий определяется в зависимости от обеспеченности низшего уровня, а также от продолжительности нахождения уровня ниже критической отметки (табл. 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка однородности рядов высших и низших уровней воды

Большинство рядов высших уровней воды оказались однородными по всем критериям. Исключение – пост р. Жарлы – пос. Адамовка, для которого отмечены нарушения однородности по критерию Стьюдента и общий тренд на увеличение высшего уровня воды. Для постов р. Илек – с. Веселый Первый и р. Черная – с. Краснохолм, напротив, тренд отрицательный и также отмечается неоднородность по критерию Стьюдента. Помимо этого, ряд для поста р. Черная – с. Краснохолм имеет неоднородность по критериям Диксона и Граббса. Ряд высших уровней воды для поста р. Сакмара – г. Кувандык имеет неоднородность по критерию Диксона. Ника-

ких заметных переломов в ходе высших уровней воды не было отмечено.

Ряды низших уровней воды по постам р. Урал – г. Верхнеуральск и р. Урал – г. Оренбург неоднородны по критериям Стьюдента и Фишера. Для поста в г. Верхнеуральске перелом в ходе низших уровней воды отмечен в 1975 г., для г. Оренбурга – в 1995 г., когда низшие уровни заметно уменьшились по сравнению с предыдущим периодом. Ряд низших уровней воды для поста в г. Оренбурге также имеет неоднородность по критерию Диксона.

Наводнения

За период с 1930 по 2020 г. на реках бассейна Урала зафиксировано 71 и 208 наводнений с превышением отметки ОГЯ и НГЯ соответственно (рис. 2). Абсолютное большинство (96%) всех наводнений приходится на половодье, остальные на дождевые паводки (1%) и заторные явления (3%).

При рассмотрении динамики многолетних изменений ОГЯ и НГЯ необходимо учитывать степень развития гидрологической сети, которая на рис. 2б представлена как “освещенность наблюдениями”. Здесь под освещенностью наблюдениями понимается суммарное количество случаев высших уровней воды, наблюдаемых на рассматриваемых постах, выраженное в процентах от максимальной освещенности наблюдениями за десятилетие, когда за каждый год для каждого рассматриваемого поста имеется отметка высшего уровня воды. Как следует из рис. 2, увеличение количества наводнений с превышением отметок ОГЯ и НГЯ произошло одновременно с открытием новых постов и налаживанием регулярных наблюдений на действующих постах.

Точно говорить об отсутствии или наличии в многолетней динамике количества ОГЯ и НГЯ значимых тенденций не представляется возможным, поскольку это зависит от освещенности наблюдениями в те или иные десятилетия. Вместе с тем установлено, что наибольшее количество ОГЯ в рассматриваемом регионе произошло в период 1990–1999 гг., НГЯ – 1980–1989 гг.

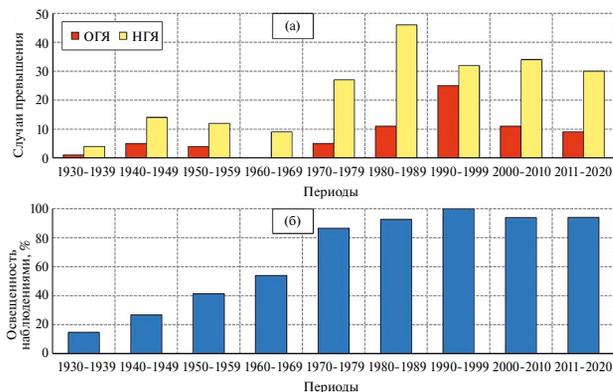


Рис. 2. Количество случаев превышения отметок ОГЯ и НГЯ на реках бассейна Урала (а); освещенность наблюдениями за высшими уровнями воды (б).

Большинство ОГЯ и НГЯ за рассматриваемый период зафиксировано в апреле – 66 ОГЯ и 181 НГЯ. В марте наблюдалось 1 ОГЯ и 11 НГЯ, в мае – 2 ОГЯ и 14 НГЯ. По одному ОГЯ и НГЯ отмечено в июне и августе.

Выполненные исследования позволили выделить гидрологические посты с наиболее высокой повторяемостью превышения отметок ОГЯ и НГЯ. Так, для постов р. Жарлы – пос. Адамовка, р. Суундук – пос. Майский, р. Чаган – с. Сергиевка и р. Орь – с. Ащебутак повторяемость лет с превышением отметки ОГЯ составляет от 11 до 25% (рис. 3а). Для более половины (7 из 15) постов повторяемость НГЯ > 20%. Обращает на себя внимание практически ежегодное превышение отметок НГЯ (рис. 3б) на постах р. Большой Кумак – пос. Новоорск, р. Сакмара – г. Кувандык и р. Урал – г. Орск.

По результатам анализа категорий опасности наводнений рассчитан обобщенный критерий опасности для разных постов (рис. 4), значения которого для российской части бассейна р. Урал варьируют от 3 до 8. По зафиксированным ОГЯ диапазон значений обобщенного критерия – от 2 до 11.

Наиболее опасные наводнения с обобщенным критерием 8 отмечались на посту р. Урал – с. Кизильское при повторяемости ОГЯ 5.7% (5 наводнений за 88 лет), причем самые опасные наводнения выявлены по максимальной скорости повышения уровня воды в период затопления.

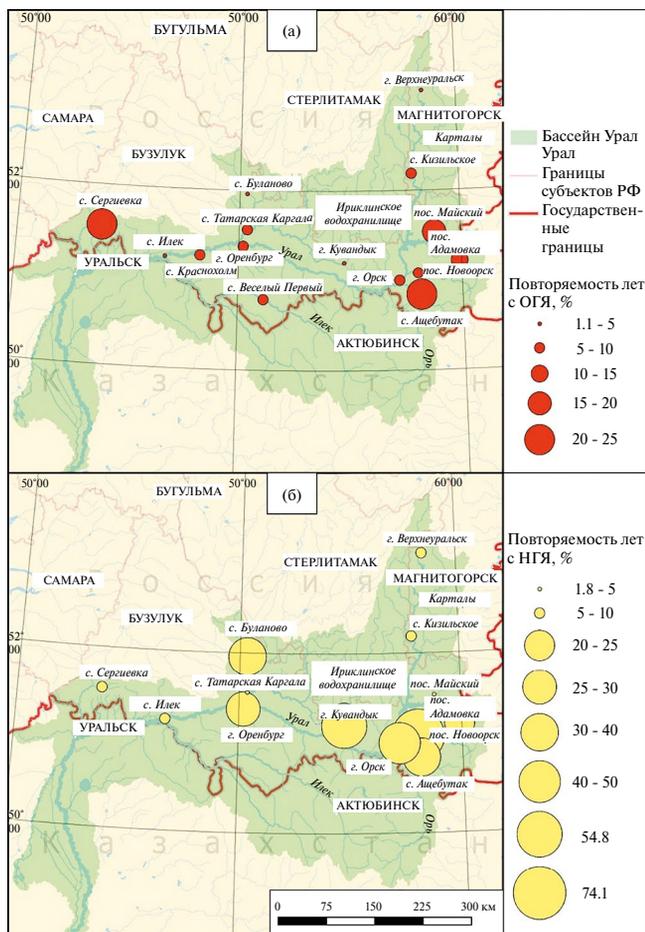


Рис. 3. Повторяемость лет (%), при которой был превышен критический уровень ОГЯ (а) и НГЯ (б) для гидрологических постов, расположенных на территории бассейна р. Урал в границах Российской Федерации.

Обобщенный критерий опасности наводнений на посту варьирует от 7 до 9. Самое опасное наводнение с показателем 9 наблюдалось в 1946 г., по показателю максимальной скорости повышения уровня воды (2.65 м/сут) оно было отнесено к чрезвычайно опасным. На данном посту фиксируется наибольшая продолжительность стояния уровня воды выше отметки ОГЯ – до 9 сут в 1947 г. Повышение уровня воды в период паводка послужило причиной наводнения на посту в 2013 г. Тогда уровень воды держался ≤ 2 сут. Причиной остальных наводнений было повышение уровня воды в весенний период.

Для постов р. Ор – с. Ащевутак и р. Жарлы – пос. Адамовка с повторяемостью ОГЯ 25% и 11%

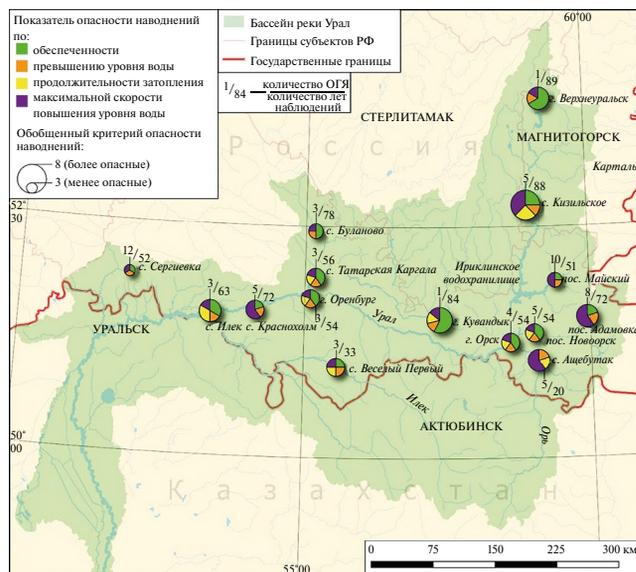


Рис. 4. Обобщенный критерий опасности наводнений и вклад в него разных показателей опасности наводнений для гидрологических постов, расположенных на территории бассейна р. Урал в границах Российской Федерации.

соответственно обобщенный критерий опасности равен 6. В 1998 г. на посту р. Ор – с. Ащевутак наблюдалось самое опасное наводнение в бассейне р. Урал с обобщенным критерием, равным 11, – чрезвычайно опасное по скорости повышения уровня воды (до 2.96 м/сут). 17.04.1998 в результате подъема уровня воды на реках Ори, Кудык, Сухая Губерля, Жари было затоплено 1100 жилых домов в 35 населенных пунктах, затоплено более 4530 га сельхозугодий, повреждено 2 плотины, 216 домов, 3 опоры ЛЭП, 53 км дорог [7]. Все наводнения на посту происходили за счет таяния снега весной.

На посту р. Жарлы – пос. Адамовка произошло 2 выдающихся по своим показателям наводнения. В 2002 г. наблюдалось наводнение с обобщенным критерием, равным 10, с наибольшей зафиксированной скоростью подъема уровня воды – до 3.67 м/сут. Наводнение 2005 г. с обобщенным показателем 8 стало наиболее значительным по превышению уровня воды над отметкой ОГЯ (до 1.5 м). В Адамовском районе было затоплено 300 жилых домов [11]. В 1985 г. на посту произошло наводнение, вызванное затормозившимся, который наблюдался в течение 4 дней до его устранения техническими средствами. Для

остальных ОГЯ главная причина – таяние снега весной.

Повторяемость ОГЯ на посту р. Суундук – пос. Майский составляет 20% (10 наводнений за 51 год) при обобщенном критерии опасности наводнений, равном 4. На посту за период наблюдений фиксировались ОГЯ с обобщенным критерием от 2 до 8. В 1994 и 2000 гг. наблюдались весьма опасные наводнения по максимальной скорости повышения уровня воды за период затопления. Причина всех наводнений – таяние снега в весенний период.

Повторяемость ОГЯ в г. Орске составляет 7%, а обобщенный критерий опасности равен 5. Однако в связи с высокой плотностью населения и особенностями размещения населенных пунктов в пределах затопляемых участков, здесь регулярно фиксируются наиболее значительные последствия наводнений [10]. По данным [7], в период 1990–2015 гг. в г. Орске зафиксировано 6 чрезвычайных ситуаций, обусловленных наводнениями, причем наиболее значительное ОГЯ произошло в 2000 г. в связи с высоким половодьем и повышенным сбросом воды из Ириклинского водохранилища. В результате в г. Орске было затоплено 2444 жилых дома (7640 жителей), отселалось 1657 человек. Зафиксированное наводнение имело категорию “опасное” по обеспеченности наивысшего уровня воды и продолжительности затопления и “умеренно опасное” по превышению над критической отметкой и максимальной скорости повышения уровня воды.

Наиболее низкое значение обобщенного критерия опасности наводнений (3) отмечается для поста р. Чаган – с. Сергиевка с повторяемостью наводнений 23% (12 наводнений за 52 года). Только одно весьма опасное наводнение по обеспеченности в 2011 г. имеет обобщенный критерий, равный 8. Остальные варьируют от 2 до 5. Подавляющее большинство наводнений на посту не имеет категории опасности по продолжительности затопления, по остальным показателям это чаще всего умеренно опасные наводнения. Все наводнения на посту происходили по причине повышения уровня воды в период весеннего половодья.

Среднесуточные уровни воды лишь однажды превысили отметку ОГЯ два раза за год на посту р. Суундук – пос. Майский в 1994 г. Продолжительность второго подъема составила ≤ 1 сут и зафиксирована сразу после первого подъема в период весеннего половодья. Для остальных 70 ОГЯ, зафиксированных в бассейне р. Урал, превышение критической отметки происходило один раз за соответствующий год.

Среднесуточные уровни воды превышали критическую отметку НГЯ несколько (2–4) раз за год в 27 из 208 случаев неблагоприятных явлений; причем чаще всего это наблюдалось на гидрологических постах (пос. Новоорск, г. Кувандык, г. Орск), где обнаружена наибольшая повторяемость НГЯ. Наибольшее количество таких случаев (12 из 27 НГЯ) отмечается для поста р. Урал – г. Орск, где среднесуточные уровни воды могли превышать критическую отметку от 2 до 4 раз за год. Также на данном посту отмечается наибольшая продолжительность стояния уровня воды выше отметки НГЯ. Если средняя продолжительность стояния уровня воды выше отметки НГЯ для наибольшего в году паводка составляет 23 дня, то при расчете общей продолжительности затопления за год она увеличивается до 36 дней.

Маловодья

Для поста р. Урал – г. Верхнеуральск за весь рассматриваемый многолетний период уровни ниже отметки НГЯ были зафиксированы 4 раза (рис. 5). Обеспеченность уровня НГЯ составила 94.3%.

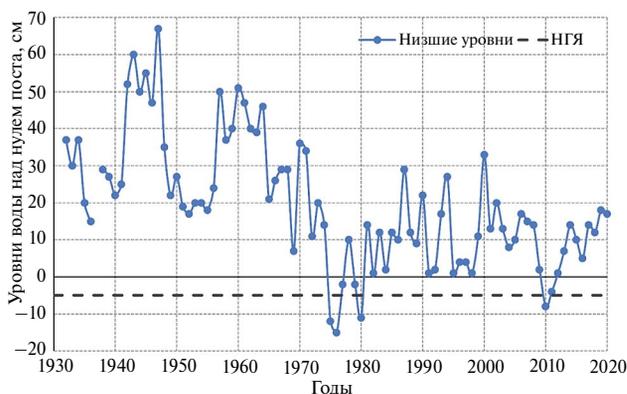


Рис. 5. Низшие уровни воды на гидрологическом посту р. Урал – г. Верхнеуральск.

По показателю обеспеченности отмечались чрезвычайно опасное, весьма опасное и два опасных маловодья в 1976, 1975, 1980 и 2010 гг. соответственно.

Уровень воды ниже критической отметки держался 75 сут в период зимней межени 1976 г. За период открытого русла 1975 г. уровень воды опускался ниже отметки НГЯ 2 раза: на 53 сут, когда наблюдался низший уровень воды за год, затем еще на 7 сут. Зимой 1980 г. уровень воды был ниже отметки 32 сут. Маловодья за эти 3 года можно отнести к весьма опасным по продолжительности нахождения уровня воды ниже критической отметки. В 2010 г. наименьший уровень воды зафиксирован в период открытого русла. Среднесуточные уровни воды не падали ниже критической отметки; следовательно, низший уровень держался <1 сут. Таким образом, в 2010 г. наблюдалось маловодье без категории опасности по продолжительности.

За период после начала нормальной эксплуатации Ириклинского водохранилища на р. Урал – г. Оренбург уровни воды ниже отметок ОГЯ не наблюдались. Обеспеченность уровней ОГЯ (145 см и 61 см) составила >99%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ показал, что как минимум для четырех постов (р. Орь – с. Ашебутак, р. Чаган – с. Сергиевка, р. Суундук – пос. Майский, р. Жарлы – пос. Адамовка) повторяемость ОГЯ > 10%, тогда как в соответствии с действующими правилами, регулирующими в том числе требования по установлению критерия опасного явления, повторяемость ОГЯ не должна быть > 10% (1 раз в 10 лет) [8]. Это указывает на расположение хозяйственных объектов на систематически затапливаемых участках пойм рек. В подавляющем большинстве случаев на данных постах превышение отметки ОГЯ происходило один раз за конкретный год в период весеннего половодья.

Следует отметить высокую повторяемость НГЯ в результате повышения уровня воды на некоторых гидрологических постах. Так, для постов р. Урал – г. Орск (54 года наблюдений)

и р. Сакмара – г. Кувандык (84 года наблюдений) в 50 и 55% общего числа лет наблюдений отмечается превышение отметок НГЯ. А для поста р. Большой Кумак – пос. Новоорск (54 года наблюдений) превышение отметок НГЯ происходит в 74% от общего числа лет. Для этих постов может наблюдаться многократное (до четырех раз за год) превышение отметки НГЯ в разные фазы водного режима (половодье и паводки). Такая ситуация говорит о продолжающемся освоении и застройке пойм, что при высоких весенних половодьях и дождевых паводках создает дополнительные риски экономического ущерба и, кроме того, может ограничивать возможности регулирования попусков воды из водохранилищ в нижние бьефы гидрозловов.

Для постов с высокой повторяемостью ОГЯ и НГЯ целесообразно проведение пересмотра установленных в настоящее время критических отметок уровня воды, при достижении которых фиксируется ОГЯ или НГЯ. Результатом должно стать официальное обращение к местным органам государственной власти, физическим и юридическим лицам, в ведении которых находятся прибрежные территории и расположенные на них объекты, наиболее уязвимые к негативным воздействиям вод по повторяемости, продолжительности и глубине затопления в период прохождения половодий и паводков. На основе объективной информации о характеристиках опасных наводнений для конкретных участков водных объектов должны проводиться мероприятия по предотвращению их негативных последствий. К числу таких мероприятий относятся инженерная защита территорий, расчистка и спрямление русел рек, отселение населения из затапливаемых территорий, повышение отметок территорий путем подсыпки [11].

Выбор конкретного подхода к сокращению ущерба, вызванного наводнениями в данном бассейне, должно быть основано исключительно на экономических расчетах. При этом важно учитывать потенциальные социальные и экологические последствия таких решений [11]. Соответственно, после проведения того или иного мероприятия по предотвращению негативного воздействия вод критические отметки уровня воды должны пересматриваться.

Так, с учетом изменения отметок НГЯ за период 2019–2022 гг. можно предположить, что действия по предотвращению негативного воздействия вод предпринимались для территорий вблизи постов на р. Урал у г. Верхнеуральска и с. Кизильского. Для г. Верхнеуральска при критической отметке 230 см в 2019 г. повторяемость НГЯ составляла бы 26%, тогда как при нынешней отметке 270 см она составляет 9%. Для с. Кизильского по отметке 450 см в 2019 г. повторяемость НГЯ была бы равна 15%, при нынешней отметке 520 см – 7%.

Особое внимание следует обратить на гидрологические посты (р. Орь – с. Ащевутак и р. Жарлы – пос. Адамовка) с высокой повторяемостью ОГЯ и наибольшей степенью опасности наводнений по разным показателям. Так, 3 из 5 произошедших за 20 лет наводнений на р. Ори имеют категории чрезвычайно опасные и весьма опасные по максимальной скорости повышения уровня воды за период затопления. На р. Жарлы – пос. Адамовка наблюдалось 2 рекордных наводнения по превышению уровня воды над отметкой ОГЯ и максимальной скорости повышения уровня воды за период затопления.

Таким образом, необходимо предпринять меры для снижения негативных последствий наводнений, в первую очередь для территорий, где зафиксированы наиболее опасные наводнения по совокупности показателей.

Для маловодий характерна иная ситуация. Отметки ОГЯ и НГЯ установлены только для двух постов. На р. Урал у г. Оренбурга низшие уровни воды ни разу не падали ниже отметки ОГЯ за период наблюдений после начала нормальной эксплуатации Ириклинского водохранилища в 1967 г. и не препятствовали работе водозабора.

На р. Урал у г. Верхнеуральска повторяемость НГЯ составила 4.5%. Падение уровня воды ниже отметок НГЯ началось после 1975 г. С этого года наблюдается перелом в ходе низших уровней воды. Так, уровни воды за период 1975–2020 гг. в среднем на 74% ниже, чем за предыдущий период (1932–1974 гг.). В 76% случаев низшие уровни воды на посту отмечены в период открытого русла, причем это соотношение не изменилось

после 1975 г. Причиной перелома в ходе низших уровней воды может быть начавшаяся с 1970-х гг. фаза пониженной водности для стока летне-осенней межени на посту [3]. Согласно [5], в будущем повторяемость маловодных лет может увеличиться, а к середине XXI в. ожидается общее климатически обусловленное сокращение стока рек на 10–20% (на 20–30% при наихудшем сценарии), что может увеличить повторяемость НГЯ и затруднить водоснабжение населения водой.

ВЫВОДЫ

На реках российской части бассейна Урала подавляющее большинство (96%) ОГЯ и НГЯ приходится на наводнения, вызванные таянием снега в период весеннего половодья. За период 1970–2020 гг. однозначного тренда на изменение количества ОГЯ и НГЯ не было установлено.

Выявлены пункты, вблизи которых отмечена высокая повторяемость ОГЯ и НГЯ, а также пункты, на которых наблюдаются наиболее опасные наводнения по совокупности показателей. Так, для четырех гидрологических постов на реках Ори, Суундук, Жарлы и Чаган установлена высокая повторяемость ОГЯ (>10%), что указывает на наличие хозяйственных объектов на систематически затапливаемых участках поймы рек. Из них наиболее опасные наводнения отмечены на реках Ори и Жарлы. Высокая повторяемость НГЯ (>50%) зафиксирована для пунктов пос. Новоорск, г. Орск и г. Кувандыка. Для этих постов также отмечалось многократное превышение отметки НГЯ в разные фазы водного режима (половодье и паводки) в течение года.

Для перечисленных выше постов целесообразны меры по снижению негативного воздействия вод и дальнейший пересмотр критических отметок.

Критические отметки низших уровней воды установлены для двух пунктов на р. Урал – г. Оренбург и г. Верхнеуральск. В г. Оренбурге низший уровень воды ни разу не падал ниже отметки ОГЯ за период наблюдения после начала нормальной эксплуатации Ириклинского водохранилища в 1967 г. В г. Верхнеуральске зафик-

сированы существенные изменения в ходе низших уровней воды после 1975 г. — уровень воды в этот период падал ниже отметки НГЯ 4 раза.

Поскольку бассейн р. Урал — трансграничный, для полноты исследования целесообразно его продолжение в тесном взаимодействии специалистов Российской Федерации и Республики Казахстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Шаймарданов М.З.* Влияние опасных гидрометеорологических явлений на устойчивое развитие экономики России // *Метеорология и гидрология*. 2017. № 7. С. 59–67.
2. *Георгиевский В.Ю., Грек Е.А., Грек Е.Н., Лобанова А.Г., Молчанова Т.Г.* Оценка характеристик наводнений на реках Северо-Западного федерального округа за период 1950—2019 гг. // *Метеорология и гидрология*. 2023. № 3. С. 57–65.
3. *Георгиевский В.Ю., Грек Е.А., Молчанова Т.Г.* Многолетние изменения стока рек бассейна Урала и их причины // *Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана*. Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с международ. участием, Сочи. Новочеркасск: Лик, 2021. С. 87–92.
4. ГОСТ Р 22.0.03-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2023. № 80-ст.
5. *Магрицкий Д.В., Евстигнеев В.М., Юмина Н.М., Торопов П.А., Кенжебаева А.Ж., Ермакова Г.С.* Изменения стока в бассейне р. Урал // *Вест. Московского ун-та. Сер. 5, География*. 2018. № 1. С. 90–101.
6. *Прохорова Н.Б., Косолапов А.Е.* Современный водохозяйственный баланс реки Урал на территории Российской Федерации // *Вод. хоз-во России: проблемы, технологии, управление*. 2011. № 2. С. 4–20.
7. *Разумов В.В., Качанов С.А., Разумова Н.В.* Масштабы и опасность наводнений в регионах России. М.: ВНИИ ГОЧС, 2018. 363 с.
8. РД 52.04.563-2013 Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. СПб.: Типография “Моби Дик”, 2013. 53 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район. Л.: Гидрометеоздат, 1970.
10. *Сивохин Ж.Т., Падалко Ю.А.* Географо-гидрологические факторы опасных гидрологических явлений в бассейне реки Урал // *Изв. РАН. Сер. географическая*. 2015. № 6. С. 53–61.
11. СКИОВО бассейна реки Урал (российская часть). Кн. 3. Целевые показатели. Волгоград: Нижне-Волжское БВУ Федерального агентства водных ресурсов, 2014. № 65. 67 с.
12. *Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С.* Экстремальные гидрологические ситуации. М.: Медиа-ПРЕСС, 2010. 460 с.
13. *Шамин С.И., Санина А.Т.* Основные тенденции изменения частоты появления опасных гидрометеорологических явлений на территории Российской Федерации // *Тр. ВНИИГМИ-МЦД*. 2018. № 183. С. 42–50.
14. Copernicus Global Digital Elevation Model. Distributed by OpenTopography. European Space Agency. Sinergise. 2021. [Электронный ресурс]: <https://doi.org/10.5069/G9028PQV> (дата обращения: 25.03.2024)

HAZARDOUS AND ADVERSE HYDROLOGICAL PHENOMENA FOR THE RUSSIAN PART OF THE URAL RIVER BASIN

L. S. Kurochkina*, E. N. Greka, T. V. Skorospekhova, S. S. Chepikova

*Federal state budgetary institution "State Hydrological Institute", St. Petersburg,
199004 Russian Federation*

**e-mail: kurochkina_liubov@hydrology.ru*

Hazardous and adverse hydrological phenomena in rivers of the Russian part of the Ural River basin have been analyzed and assessed based on data of long-term observations of the level regime at hydrological gages with established critical water levels. A procedure developed in the State Hydrological Institute was used, and a generalized criterion was proposed, which enabled identifying gages with the largest flood hazard. The analysis has shown that the recurrence of hazardous hydrological phenomena at gages located at Ashcherbutak, Sergievka, Maiskii, and Adamovka settlements is >10%, with most hazardous floods observed at the Ashchebutak and Adamovka settlements. The recurrence of unfavorable hydrological phenomena at gages at the towns of Orsk and Kuvandyk and at Novoorsk Settlement is >50%. At the same gages, the mark was exceeded many times (up to four times per year) in different phases of water regime (spring flood and freshets). This indicates the need to take measures to prevent the adverse effect of water in areas subject to a high risk of inundation. Critical marks of low water level were recorded at two sites on the Ural River – the City of Orenburg and the Town of Verkhneuralsk. The lowest water level at Orenburg gage has never dropped below the level of a hazardous hydrological phenomenon. At the gage of Verkhneuralsk Town, against the background of considerable changes in the lowest water levels after 1975, its level dropped 4 times below the mark of unfavorable hydrological phenomenon.

Keywords: critical marks of water level, Ural River basin, recurrence, hazard categories, exceedance, floods, low-water periods.