

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ В УСТЬЯХ РЕК: ТЕРМИНОЛОГИЯ, ТИПИЗАЦИЯ, ГЕОГРАФИЯ

© 2025 г. Д. В. Магрицкий^{a, b, *}, М. В. Михайлова^{b, **}

^aМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, 119991 Россия

^bИнститут водных проблем РАН, Москва, 119333 Россия

*e-mail: magdima@yandex.ru

**e-mail: mv.mikhailova@gmail.com

Поступила в редакцию 23.05.2024 г.

После доработки 05.07.2024 г.

Принята к публикации 11.07.2024 г.

Статья имеет методический и теоретический характер, содержит результаты разработок терминологии и типизации опасных гидрологических процессов и событий в устьевых областях рек. Приведена комплексная классификация опасных гидрологических процессов и событий, учитывающая их вид, происхождение и характер воздействия на природный и социально-экономический комплекс устьев рек; рассмотрены и другие подходы в разделении и группировке таких процессов с уточнениями и новыми формулировками имеющих к ним отношение понятий. Перечень рассмотренных процессов включает наводнения и опасные обмеления различного генезиса, опасные ледовые события и морфодинамические процессы, негативные изменения режима увлажнения, гидрохимического режима и качества воды, опасные гидродинамические события морского происхождения. Проанализированы основные факторы, механизмы развития и характер негативных последствий этих процессов. Теоретические положения подкрепляются обширным фактическим материалом по конкретным устьям рек или итогами региональных обобщений. Полученные результаты могут быть использованы в работах по изучению, мониторингу, идентификации, количественной оценке и ранжированию опасных гидрологических процессов, районированию подверженных их воздействию территорий и акваторий.

Ключевые слова: река, море, устьевая область, опасные процессы и события, терминология, классификация.

DOI: 10.31857/S0321059625010012 **EDN:** UZWWCZ

В последние десятилетия много внимания уделяется проблемам, связанным с усилением негативного воздействия процессов в атмосфере и гидросфере на жизнь людей и экономику. Прежде всего, они связаны с масштабным изменением климата Земли, особенно начиная с конца 1970-х гг. Как показано в докладах МГЭИК и Росгидромета [39, 50], потепление климата — доказанный факт. В результате него усилилось таяние ледников и разрушение многолетнемерзлых пород, ускорилось повышение уровня Мирового океана и связанных с ним морей, активизировалась циклоническая деятельность, более частыми и масштабными стали наводнения (а где-то, наоборот, выросла продолжительность засушливых периодов и нехватка пресноводных ресурсов), стал неустойчивым ледовый

режим рек и водоемов. Возрос ущерб, наносимый водой природной среде и социально-экономическому комплексу [54]. В числе наиболее уязвимых географических объектов оказались устьевые области рек (УОР). Этому способствовали особенности их местоположения, а также и строения, и гидрологического режима: низменные берега и нестабильность грунтов, густая и быстро меняющаяся гидрографическая сеть, подверженность одновременному речному и морскому воздействию. Дополнительными факторами служат высокая плотность населения на территориях устьев рек и их хозяйственное освоение, уязвимость ценных биоценозов. Поэтому нередко в УОР перечень опасных гидрологических процессов, их повторяемость и интенсивность больше, чем в бассейнах рек и на обычных участках морского побережья.

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания ИВП РАН (тема FMWZ-2022-0001). Теоретический раздел по наводнениям выполнен при финансовой поддержке РНФ (проект № 24-17-00084).

Опасные процессы в устьях рек изучены недостаточно: во-первых, мало первичных сведе-

ний о них (наблюдений на постах, экспедиционных материалов, документальных свидетельств и т. п.), крупных работ по их систематизации, серьезного анализа и обобщений; во-вторых, слабо разработаны понятийный аппарат и классификация этих процессов. К числу немногих опубликованных работ, специально и комплексно рассматривающих опасные устьевые гидрологические процессы, можно отнести [9, 22, 40]. Основная же часть исследований этих процессов в устьях рек, проводившихся разными специалистами, как правило, посвящена наводнениям, морским штормам и нагонам, негативным изменениям гидрохимических условий.

Авторами статьи предложены новые подходы к типизации и понятийному определению опасных гидрологических процессов в УОР, а также приведены представленные в научной литературе и нормативных документах теоретические разработки других специалистов. Они не только перечисляются, но и подкрепляются данными по фактическим событиям в конкретных устьях. Авторы статьи много лет занимаются изучением этого вопроса на примере устьев рек России и мира, создали уникальный массив предметных данных. Настоящая статья может служить приглашением специалистов к дискуссии и дальнейшей разработке типизации и определений опасных гидрологических процессов в устьях рек.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

В настоящем исследовании использован следующий главный подход: собранные авторами многочисленные гидрологические данные, главным образом по опасным гидрологическим явлениям в устьях рек мира, а также теоретические разработки по гидрологическим опасностям из научных работ сторонних специалистов и нормативных документов использованы для обоснования первой полной классификации опасных гидрологических процессов и событий в УОР и на морских побережьях, критического анализа и унификации терминологии по таким процессам. Эти и другие данные также послужили информационной основой для сделанных в работе выводов о факторах, пространственном распространении и временной (сезонной, многолетней)

повторяемости того или иного типа гидрологических опасностей в конкретных районах и УОР (в целом), о связанных с ними ущербах и др.

Опасными природными процессами и явлениями признаются те из них, которые по интенсивности, масштабу распространения и продолжительности могут оказать негативное воздействие на население, хозяйственные объекты и природную среду и нанести материальный, социальный и экологический ущерб [44]. Поскольку в число природных процессов и явлений входят также гидрологические, то и к ним можно отнести приведенное выше определение. В итоге авторы статьи предлагают опасными гидрологическими процессами и явлениями считать те из них, которые “оказывают или могут оказать негативное воздействие на население, населенные пункты, социальные и промышленные объекты, сельскохозяйственные угодья и фермы, инфраструктуру и другие хозяйственные объекты, а также на окружающую природную среду, памятники природы, приводят или могут привести к социальному, материальному и экологическому ущербу”. В основе этого определения – не только взгляд авторов, но и теоретические разработки из [2, 5, 11, 12, 33, 43–45] и др. Необходимо обратить внимание на сходство выше приведенного определения и понятия “негативное воздействие вод” (“затопление, подтопление, разрушение берегов водных объектов, заболачивание и другое негативное воздействие на определенные территории и объекты”), данного в Водном кодексе РФ в редакции от 3 июня 2006 г. [56].

Неблагоприятные гидрологические процессы генерируют менее масштабные и разрушительные последствия, чем опасные процессы. Они затрудняют деятельность отдельных субъектов экономики, создают дискомфорт для населения и биоценозов и по своим параметрам не соответствуют критериям опасного процесса. При более общем подходе неблагоприятные процессы можно считать одним из подвидов опасных процессов с наименее тяжелыми последствиями.

Разъяснения требуют термины “опасный гидрологический процесс” и “опасное гидрологическое явление”. Согласно понятийному аппарату

философии, процесс (лат. *processus* – “течение”, “ход”, “продвижение”) рассматривается как “последовательная смена явлений, состояний в развитии чего-либо” [41]; т. е. в процессе, во-первых, присутствует временной фактор, во-вторых, его слагают сменяющие друг друга некоторые характерные состояния объекта (системы, среды) или стадии развития; в-третьих, “явление” – лишь внешняя форма (внешнее проявление) существования (протекания) отдельных сторон (фаз, этапов, стадий, фрагментов) одного или нескольких процессов [41, 43]. Эти же подходы применяются при дефиниции “гидрологических процесса и явления”. Но если первый четко определен в [11, 27, 43, 44], то для второго требуется пояснение. Гидрологическое явление, по сути, это внешняя форма одной из стадий гидрологического процесса, кратковременная часть (элемент) гидрологического режима. Когда явление реализовалось, визуально и инструментально зафиксировано, оно становится “гидрологическим событием”. Если с ним связан какой-то ущерб, то его называют опасным гидрологическим событием. Использование понятия “гидрологический процесс” приемлемо в тех случаях, когда известны причины изменений и факторы, их определившие, если гидрологические изменения прослежены от их начала до завершения, когда вскрыты физические закономерности гидрологических изменений и подтверждены надежными данными наблюдений и измерений.

Синонимами опасных событий могут служить термины “бедствие”, “стихийное бедствие”, “катастрофа” (природная, техногенная), “чрезвычайная гидрологическая ситуация” и др. Их объединяет факт наступления события, а различают характер и величина ущерба. Согласно международной практике [55], бедствие – это событие, которое серьезно нарушает жизнь большого числа людей, может приводить к жертвам среди населения, вызывает обширный экономический и экологический ущерб, и в целом воздействие, которое превосходит способность местного сообщества справиться с ним собственными силами, требует оказания внешней помощи. В случае особенно крупных потерь, разрушений, человеческих жертв, большой площади поражения и продолжительности стихийные бедствия могут классифицироваться как катастрофы.

Нельзя также ставить знак равенства между опасными и стихийными явлениями. Последние могут как быть опасными (например, цунами), так и не быть ими (свечение моря). Вообще понятие “стихия” может толковаться по-разному: либо как один из основных элементов природы, либо как явление природы, отличающееся могущественной, трудно преодолимой и часто разрушительной силой, а также сфера (среда) его проявления. Наоборот, катастрофическими однозначно воспринимают те изменения гидрологического режима (гидрологические процессы, явления и события), что сопровождаются масштабными и разрушительными последствиями, человеческими жертвами.

К экстремальным гидрологическим событиям и их характеристикам (например, экстремальным расходам или уровням воды) относят те из них, которые оказываются наибольшими или наименьшими либо за весь период наблюдений (исторические максимумы или исторические минимумы), либо за некоторый репрезентативный многолетний период [29, 45]. Они могут обладать чертами гидрологических опасностей или, наоборот, не быть опасными, как в случае с низким половодьем или высокой меженью. Для описания характеристик гидрологического режима, не являющихся экстремальными, но сильно отличающихся от среднеарифметических или медианных величин, авторы предлагают понятие “аномальные” характеристики или величины. Для определения степени аномальности гидрологических величин можно, например, применить подход, иногда используемый при расчете гарантированных навигационных уровней воды на реках в период открытого русла или очень больших / очень малых расходов воды повторяемостью <5 или <10%. Возможен и другой подход через определение границ между обычными и аномальными величинами по перегибу кривых обеспеченности.

Несколько слов об объекте исследования. Определение УОР как объекта исследований, ее типизация, районирование приведены в [29]. Важно указать, что УОР различаются по морфологическому строению и гидрологическому режиму, а также экологическим условиям, перечню и характеру проявления в них опасных процессов. Наибольшее число гидрологических

опасностей и самый большой ущерб от них происходят на устьевом участке реки и в дельте.

В рамках многолетних исследований авторам удалось собрать обширные сведения об опасных гидрологических процессах и событиях (ОГПиС) в немного более чем 100 устьях рек мира: 30 в России (5 устьев средних по размеру рек, 20 – больших, 5 – крупнейших), 72 за рубежом (соответственно 12, 44 и 16), из которых 35 устьев расположены в зарубежной Европе, 34 – в зарубежной Азии, 10 – в Африке, 8 – в Южной Америке, 14 – в Северной Америке, 1 – в Австралии (рис. 1). К дельтовому типу относятся 66 УОР; они наиболее уязвимы, поскольку дельтовая часть обычно более плотно заселена и хозяйственно освоена и одновременно подвержена частым затоплениям, обширным подтоплениям или, наоборот, гидрологическим засухам в засушливых районах Земли.

Главным информационным источником по опасным гидрологическим процессам в устьях рек Европейской части России стала электронная база соответствующих данных с регистрационным № 2015620918 (автор Д.В. Магрицкий).

ТИПИЗАЦИЯ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СОБЫТИЙ В УСТЬЯХ РЕК

До недавнего времени отсутствовала детальная классификация опасных гидрологических процессов и событий в устьях рек. Основные

причины: во-первых, трудность адаптации применявшихся в обычной гидрологической практике подходов к группировке опасных процессов к таким сложным (по своему местоположению, строению, гидрологическому режиму, действующим природным и антропогенным факторам) объектам, как УОР; во-вторых, отсутствие полноценных данных по многим гидрологическим опасностям в конкретных устьях. Впервые комплексная классификация опасных гидрологических процессов в речных устьях была представлена в 2013 г. [40]. В [26, 29] опубликованы ее новые версии, распространившие ее на морские побережья и местные водосборы морей, объединяющие бассейны малых и небольших средних рек (пример – Краснодарское Причерноморье). В настоящей статье приведен последний вариант “классификации опасных гидрологических процессов и событий в устьевых областях рек” (табл. 1). В качестве ее основного принципа принято подразделение ОГПиС, учитывающее характер их воздействия на природный и социально-экономический комплекс устьев рек. Все опасные процессы и события подразделены на семь типов: наводнения, опасные обмеления, опасные ледовые, опасные морфодинамические, негативные изменения режима увлажнения (на устьевом участке и в дельте), опасные гидродинамические события морского происхождения (на устьевом взморье) и в дельтовых водоемах, негативные изменения гидрохимического режима и качества вод. В пределах каждого типа выделен ряд подтипов

Таблица 1. Типы и подтипы опасных гидрологических процессов и событий в устьевых областях рек (УОР)

Индекс типа и подтипа	Название типа и подтипа процесса или события	Основные определяющие гидрологические факторы	Часть УОР
I. Затопления, наводнения			
Ia	Стоковые наводнения	Большой сток воды, превышающий пропускную способность русел	Пойма устьевом участка реки, дельта
Iб	Подпорные – заторные, зазорные и “заломные” наводнения	Заторы льда, зазоры, заломы древесины и мусора в русле реки/рукава	То же
Iв	Стоково-заторные и стоково-засорные наводнения	Большой сток воды, заторы льда, зазоры	<<
Iг	Морфодинамические наводнения	Размыв и прорыв берегов, дамб обвалования	<<
Id	Стоково-морфодинамические и стоково-заторно-морфодинамические наводнения	Большой сток воды, заторы льда, интенсивный ледоход, размыв и прорыв берегов и дамб обвалования	<<

Таблица 1. Продолжение

Ие	Нагонные наводнения	Штормовые нагоны, длинные положительные волны анемобарического происхождения (при глубоких циклонах)	Пойма устьевое участка реки, низменные участки дельты вдоль рукавов и вблизи моря (озера)
Иж	Стоково-нагонные наводнения	Большой сток воды, штормовые нагоны, длинные положительные волны анемобарического происхождения	То же
Из	Наводнения в результате цунами	Волны цунами в океане или море	Пойма устьевое участка, низменные участки и водоемы дельты
Ии	Трансгрессивные затопления	Эвстатическое повышение уровня океана, моря, озера, опускание суши	Вся УОР
Ик	Дождевые наводнения	Локальные ливневые или обильные обложные осадки, сопутствующее им повышение уровня грунтовых вод, малые уклоны поверхности суши и ее обвалование	Пойма устьевое участка реки, дельта
Ил	Наводнения при интенсивном снеготаянии	Локальное интенсивное снеготаяние в условиях промерзания почвы или на фоне высокого уровня грунтовых вод, малые уклоны поверхности суши и ее обвалование	То же
Им	Стоково-дождевые наводнения	Большой сток воды, локальные ливневые или обильные обложные осадки и др.	<<
II. Опасные обмеления			
IIа	Стоковые (маловодья, пересыхание водотоков)	Малый сток воды, жаркая и сухая погода, перестройка русловой сети дельты	Устьевой участок реки, водотоки (и связанные с ними водоемы) дельты
IIб	Заторные и зажорные	Мощные, находящиеся выше по течению заторы льда или зажоры	Устьевой участок реки, водотоки дельты
IIв	Морфодинамические	Повышение отметок дна водных объектов суши в результате их занесения, заиления и отмирания	Устьевой участок реки, водотоки и водоемы дельты
IIг	Сгонные	Штормовые ветровые сгоны, длинные отрицательные волны	Устьевой участок, рукава и морская (озерная) береговая зона дельты
IIд	Стоково-сгонные	Малый сток воды и ветровые сгоны	То же
IIе	Регрессивные	Эвстатическое понижение уровня океана, моря, озера	Устьевое взморье
IIж	Прочие смешанные	Комплекс разных факторов	Вся УОР
III. Опасные ледовые			
IIIа	Заторы и навалы льда	Интенсивный ледоход, гидрологические, морфологические и техногенные ограничения ледоходу	Устьевой участок, рукава дельты и их берега
IIIб	Зажоры	Интенсивное шугообразование, гидрологические, морфологические и техногенные ограничения шугоходу	Устьевой участок, рукава дельты
IIIв	Аномальное по срокам замерзание и вскрытие	Аномальные метеорологические и гидрологические условия	Устьевой участок, рукава и водоемы дельты, взморье
IIIг	Промерзание водотоков и водоемов	Суровые метеорологические и гидрологические условия, вечная мерзлота	Устьевой участок, рукава и водоемы дельты
IIIд	Наледи	Промерзание водотоков и верхней толщи почвогрунтов, выход речных или подземных вод на поверхность	Устьевой участок и берега реки, рукава и поверхность дельты
IIIе	Интенсивный дрейф морских льдов	Нарушение целостности ледяного покрова на взморье и в море, ветер, волнение, течения	Устьевое взморье

Таблица 1. Окончание

IIIж	Сильное сжатие льдами судов и морских сооружений	То же	То же
IIIз	Торосы и навалы льда	Дрейф льдов, ветер, волнение	Устьевое взморье и их берега
IV. Опасные морфодинамические			
IVа	Размыв дна и берегов водотоков	Большие расходы воды и скорости течения, ледоход, дефицит наносов в потоке, термоэрозия, повышенная размываемость и незащищенность грунтов дна и берегов	Русло и берега реки и водотоков дельты
IVб	Занесение, заиление и отмирание водотоков	Большое гидравлическое сопротивление русел и уменьшение стока, смыв наносов с берегов и их отложение, блокировка истоков и устьев водотоков, зарастание русел	Река и водотоки дельты
IVв	Заиление и занесение водоемов	Уменьшение поступления речных и морских вод, отложение наносов, зарастание	Водоемы в пределах УОР
IVг	Абразия, размыв морских, озерных берегов	Дефицит речных и морских наносов, штормовое волнение и течения, тепловое воздействие морских вод, повышенная размываемость и незащищенность грунтов, крутизна берегов и склоновые процессы	Берега водоемов, морской (озерный) край дельты
IVд	Интенсивное выдвигание морского (озерного) края дельты	Положительный баланс речных, морских, минеральных и органических наносов, отмелое устьевое взморье, слабое воздействие морских факторов, понижение уровня моря, защищенность берегов растительностью и гидротехническими сооружениями	То же
V. Негативные изменения режима увлажнения			
Vа	Подтопление и заболачивание	Обильные осадки, повышение уровня грунтовых вод, затрудненный отток поверхностных и подземных вод	Пойма устьевых участков реки, дельта
Vб	Остепнение и опустынивание	Маловодье, уменьшение обводнения дельты, понижение уровня грунтовых вод, малые осадки и высокие температуры воздуха	То же
VI. Опасные гидродинамические события морского происхождения			
VIа	Штормовое волнение	Штормовый ветер, открытость акватории	Устьевое взморье, водоемы дельты
VIб	Разрывные течения	Ветер, волнение, нагоны	Устьевое взморье
VIв	Большие приливы, бор, сильные приливные и отливные течения	Приливы в океане, концентрация приливной энергии на мелководьях устьевых взморья и в узостях эстуариев и водотоков дельты, отсутствие ледяного покрова	Водотоки в пределах УОР, устьевое взморье
VIг	Апвеллинг (прибрежный)	Сильный сгонный ветер, расходящиеся течения и др.	Устьевое взморье
VIд	Сильный тягун	Ветер, волнение	Морские порты в пределах УОР
VIе	Прочие, в том числе рассмотренные в I и II	Комплекс разных факторов	Устьевое взморье, водоемы дельты
VII. Негативные изменения гидрохимического режима и качества воды			
VIIа	Загрязнение вод	Сброс неочищенных вод в водные объекты УОР и в бассейн реки, в море, техногенные аварии, поверхностный смыв, разрушение хранилищ токсичных веществ	Вся УОР
VIIб	Сильное проникновение морских осолоненных вод	Малый сток воды, приливы, нагоны, большие глубины русел и устьевых баров	Устьевой участок, рукава и подземные воды дельты, эстуарий

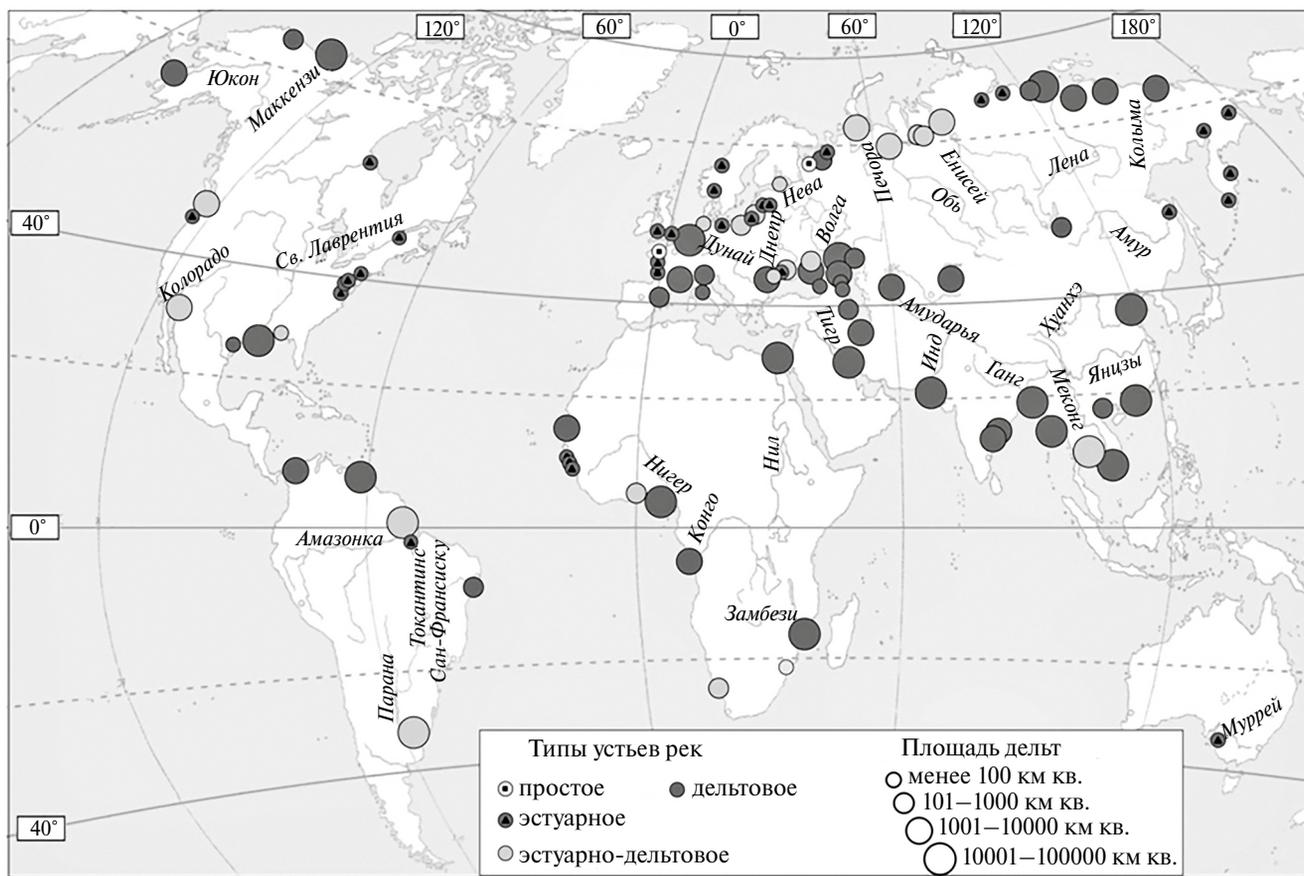


Рис. 1. Местоположение и морфологический тип устьевых областей рек, сведения по которым использованы в настоящем исследовании.

процессов и событий, различающихся по происхождению и определяющим факторам. В зависимости от степени участия морских, речных и местных (физико-географических) факторов ОГПиС в УОР могут быть речного, морского, местного и смешанного (суммарного) типа. Это первый и главный подход при типизации ОГПиС, но есть и другие.

ОГПиС можно подразделять с учетом временного аспекта: они бывают почти мгновенные (секунды, минуты), кратковременные (от нескольких часов до нескольких суток), сезонные, многолетние (до нескольких лет), внутри-вековые и вековые. Принимается во внимание также случайность, периодичность (или систематичность) их возникновения, фактор внезапности и др. ОГПиС можно также делить по происхождению на исключительно природного, антропогенного либо природно-антропогенного происхождения; по размерам подвергшейся воз-

действию территории или акватории, выделяя события локальные, районного и даже регионального масштаба, а также трансграничные; по характеру пространственного охвата и векторам измерения они могут быть точечными, линейными, площадными и объемными.

По характеру и “тяжести” воздействия ОГПиС ранжируют от малоопасных (небольших, неблагоприятных, легчайших и т. п.) до катастрофических (выдающихся, разрушительных и т. п.). По этому вопросу есть много подходов и градаций. Принимаются во внимание прежде всего энергетические характеристики события (пространственный масштаб, скорость изменения гидрологических характеристик, продолжительность и т. п.); число эвакуированных, пострадавших и погибших; масштабы повреждений и разрушений; степень необратимости нарушения привычного уклада жизни людей и нормальной хозяйственной деятельности; размер

материального и нематериального ущерба и др. Особенно опасными гидрологическими событиями, приводящими к максимальному экономическому ущербу, человеческим жертвам, считаются речные наводнения, штормовые нагоны и волны цунами. В числе малоопасных ОГПиС — проникновение морских вод на устьевой участок реки и апвеллинг.

Похожие и важные дополнительные предложения по классификации экстремальных гидрологических ситуаций изложены в [45].

Наводнения

Наводнения сопровождают человеческое общество с древнейших времен и по своей частоте, масштабам и разрушительным последствиям возглавляют список опасных природных процессов [13, 45, 55]. Кроме того, наводнения и вызывающие их гидрометеорологические факторы могут инициировать другие опасные процессы, такие как переформирование речных русел, ослабление грунтов и оползни, подтопление, ухудшение качества вод. Первое известное человечеству масштабное наводнение — библейский “Всемирный потоп”.

Термин “наводнение” — один из немногих, которые, во-первых, формулируются именно с позиции конфликта человека и природы, где человек и результаты его деятельности рассматриваются как потерпевшая сторона; во-вторых, истолкованы в разных источниках, включая зарубежные, очень похоже. В целом, под наводнением понимается “временное затопление освоенной человеком территории, вызывающее отрицательные последствия социально-экономического и экологического характера, выражающиеся в материальном и нематериальном ущербе” [13, 32, 43]. В то же время в нормативах Росгидромета [33] понятия “наводнение” нет, а есть “очень большие расходы воды обеспеченностью < 10%” и “высокий уровень”. Причем в следующей редакции нормативного документа [34] “высокий уровень” заменен терминами “половодье” и “паводки”, также привязанными к неким критическим уровням на постах.

Затопление водой земель, не сопровождающееся ущербом, следует считать заливанием

или разливами рек и озер. Это более или менее регулярное гидрологическое событие, в естественных условиях и на неосвоенных территориях сопровождающее половодье и паводки. Оно, наоборот, способно создавать положительный эффект, обводняя пойменные нерестилища, увлажняя и удобряя почву. Собственно затоплением называют “образование свободной поверхности воды, или покрытие местности слоем воды той или иной высоты, в результате повышения уровня водотока, водоема или подземных вод, сильных дождевых осадков, а также при поливе сельскохозяйственных угодий, лиманного орошения” [11, 36, 43, 44].

Наводнения в устьях рек могут иметь или исключительно природное, или антропогенное, или смешанное происхождение. По продолжительности их можно разделить на очень длительные (сотни и тысячи лет), длительные (годы и десятилетия), которые связаны с трансгрессией приемных водоемов, циклами развития дельт рек с очень большим стоком наносов; а также — на сезонные, сопровождающие, например, половодья, и кратковременные во время заторов льда, отдельных паводков, штормовых нагонов, метеорологических приливов, волн цунами и др. Еще больше подходов к ранжированию наводнений по интенсивности, пространственному охвату, структуре, размерам ущерба и другим факторам содержат работы [2, 10, 13, 14, 32, 45], и даже их краткое описание — предмет отдельной статьи. Рассмотрим лишь типы наводнений по определяющим факторам достижения в УОР критической отметки уровня, выше которой возникает социальный, экономический и экологический ущерб (табл. 1). Причем предлагаемую классификацию можно детализировать, в частности, указав фазу водного режима, генезис или гидрологическую структуру речных вод, время года и другое, как в [14].

Первая большая группа наводнений в устьях рек, согласно предлагаемой классификации, — речные наводнения (табл. 1). К ним относят стоковые (Ia — связаны с прохождением в реке и дельтовых рукавах критически больших расходов воды при отсутствии значительных подпорных эффектов), подпорные (Iб — заторные и зазорные — по причине большого сопротивления

беспрепятственному движению речных вод со стороны ледяных заторов, зажоров и из-за заломов в русле древесины и мусора), морфодинамические или прорывного типа (Iг — из-за прорыва шеек излучин, размыва берегов, прирусловых валов и защитных дамб, при обязательном достижении уровнем в реке/рукаве критической высотной отметки), смешанные (Iв, Iд). Последних большинство, причем стоковый фактор в них обычно основной, поэтому, как правило, они приурочены к многоводной фазе водного режима реки. Продолжительность активной фазы наводнения, когда максимальные уровни и расходы воды превышают критические величины, меняется от нескольких суток до нескольких недель. Остаточные затопления речными водами могут сохраняться более длительное время. В устьях небольших горных и полугорных рек во время ливневых осадков паводки могут трансформироваться во внезапные и очень опасные наводнения, именуемые за рубежом “flash flood”. Они периодически случаются на реках Краснодарского Причерноморья, горного Дагестана, и с ними связан огромный ущерб [40, 46]. Иногда причиной резкого и катастрофического увеличения расходов воды в реке и ее устье становится прорыв завальных и ледниковых озер, аварийные сбросы из водохранилищ или прорыв гидротехнических сооружений напорного фронта.

Речные наводнения периодически возникают во всех устьях рек. Среди них преобладает стоковый тип, прежде всего в регионах с незамерзающими реками, муссонными осадками и т. п. В России и странах бывшего СССР стоковые наводнения — доминирующие в устьях Дона (68 случаев с 1900 г.), Волги (63), Урала, Амура и других рек, заливавшихся во время высокого весеннего или летнего половодья, особенно сильно до зарегулирования максимального стока этих рек. В низовье и устье Дона катастрофическим наводнениям даже присваивались собственные названия, например “Таракановская”, “Краснощековская”, “Чернышевская”, “Хомутовская” и “Сунженская большая вода”, “Страшный разлив” и др. [17].

Заторный и стоково-заторный тип наводнений преобладает главным образом в устьях арктических рек России, Канады и США, за-

зорные — в устьях Невы (37 случаев), Нарвы и Нижнего Выга. Наиболее известно своими заторными наводнениями устье Северной Двины и г. Архангельск: с 1900 по 2015 г. их здесь было 71, из которых особо опасные и катастрофические наводнения составили 14% [26]. В то же время стоково-заторные наводнения случались и в более южных устьях, например, Преголи (9 случаев с 1900 г.), Немана, Кубани (27) и Терека (3) [9, 23, 40].

Морфодинамические и стоково-морфодинамические наводнения обычно бывают в устьях рек, переносящих огромное количество наносов, с легкоразмываемыми дельтовыми отложениями и интенсивными русловыми переформированиями, быстрыми и значительными изменениями уровня приемного водоема (обычно бессточного типа). Это прежде всего устья рек, впадающих в Каспийское море: Терека, Куры и Сефидруда [40], а также устья Или, Амударьи (в прошлом), Хуанхэ и др. Одно из последствий прорывных наводнений — необратимая перестройка гидрографической сети. В дельте Терека это имело (до середины XX в.) циклический характер, и в среднем через 50–70 лет возникало новое основное направление для стока терских вод в Каспий [18]. Последний раз это случилось в 1914 г. и привело к образованию рук. Каргалинский Прорыв. Один из зарубежных примеров — стоково-заторно-морфодинамическое наводнение в дельте Вислы у дер. Гурки-Всходне в январе 1840 г., которое дало начало новому дельтовому рукаву — Смелой Висле [30].

Широкому распространению речных наводнений способствуют большой подъем уровня воды в низовьях и устьях рек во время половодья, паводков и аварийных сбросов из водохранилищ; преобладание на устьевом участке и в дельтах низменных аккумулятивных форм рельефа, подпорные эффекты со стороны моря, многочисленные отмели (в русле и на выходе в море) и заторы льда, активные русловые деформации и др. Превышение дельтовой поймы над средним уровнем моря обычно не выходит за пределы диапазона от 0,5 м до 4–8 м, тогда как максимальный размах колебаний уровня в устьях в течение года у 58% рассмотренных рек варьирует от 5 до 10 м, у 30% — от

10 до 20 м. В среднем максимальная часть дельтовой равнины, подверженная затоплению речными водами, > 25%. Глубины затопления – 2–4 м и больше. Катастрофические затопления случаются обычно не так часто – 1–2 раза в 50–100 лет, хотя во влажных субтропиках и тропических широтах, субэкваториальном климате очень сильные наводнения бывают чаще. Например, в дельте Ганга и Брахмапутры каждый год речными водами затопляется до 20% ее поверхности, > 40% – 1 раз в 10 лет. Дельта Чаупхрая ежегодно затопляется наполовину.

Вследствие искусственного регулирования максимального стока рек водохранилищами, активного забора речной воды на коммунальные и производственные нужды, обвалования, углубления и расчистки речных русел, борьбы с заторами льда и других мероприятий опасность речных наводнений в устьях многих рек снизилась. Например, если с 1900 по 1951 г. в устье Дона было 45 случаев стоковых наводнений, из которых два катастрофических – в 1917 и 1942 гг., то в 1952–2021 гг. после ввода в строй Цимлянского водохранилища речных наводнений было всего 23, причем ни одного особо опасного и катастрофического [24]. Похожая ситуация сложилась в устьях Урала, Волги, Кубани, Куры, Днепра [9, 40, 45] и других зарегулированных рек. Есть примеры эффективной борьбы с заторами льда и заторными наводнениями. Так, механическое воздействие на ледяной покров в устье Северной Двины, “обогрев” реки теплыми сточными водами, общее климатическое потепление в регионе привели к тому, что повторяемость заторов в Холмогорском разветвлении уменьшилась с 87 (1939–1961) до 59% (1962–2004), а на участке главного судового хода в дельте – с 30 до 1% [6]; после 1966 г. повторяемость наводнений уменьшилась на 25%, а в дельте особо опасных и катастрофических наводнений, как и человеческих жертв, не было вовсе [26].

Вторая большая группа наводнений в устьях рек – морские; в зарубежной литературе – “прибрежные наводнения” (“coastal flooding”). К нагонным наводнениям (Ie) приводят не только штормовые (ветровые) нагоны воды со стороны моря, но и длинные волны, приходящие из удаленных частей моря [10]. Образование та-

ких волн (их еще называют метеорологическими приливами, метеорологическими цунами) связано с быстрым перемещением над морем глубокого циклона. Двигаясь в сторону суши и деформируясь на мелководье, при сокращении площади поперечного сечения залива эта волна вызывает интенсивное повышение уровня воды даже при отсутствии сильного ветра. Иногда приливная, ветровая, длинноволновая и сейшевая составляющие складываются, генерируя наиболее опасные нагонные наводнения. Ущерб от нагонного затопления дополняется ущербом от ветрового воздействия и штормового волнения. Важно указать, что во время интенсивного подъема уровня на устьевом взморье низкие участки суши вдоль рукавов и реки затопляют не столько морские, сколько подпертые речные воды. В случае приглубых взморьев и при больших уклонах берегов речь идет не о нагонах, а о штормовых нагонных накатах [46]. В устьях рек Европейской части России штормовые нагоны и нагонные наводнения чаще всего бывают поздней осенью, в период усиления циклонической активности. В случае совпадения (во времени) штормового нагона и паводка на реке образуются стоково-нагонные наводнения (Iж). Это происходит также и по той причине, что сильные ветры и осадки порой вызываются одними и теми же синоптическими объектами.

Цунами-наводнения (Iз) вызываются волнами цунами, а также “волнами вытеснения” в озерах, водохранилищах, морских заливах при внезапном обрушении в них большого объема горных пород или ледниковых масс. Мощные цунами характеризуются быстрым и кратковременным подъемом уровня воды на взморье, быстрым перемещением по суше и даже водным объектам огромных водных масс, а также захваченных потоком наносов и различного “мусора”. Длится цунами-наводнение относительно недолго – от нескольких десятков минут до часа и более.

Трансгрессивные наводнения (Iи) возникают главным образом в результате эвстатического повышения уровня Мирового океана и связанных с ним морей. Немаловажным фактором в этом процессе служат тектоническое опускание, просадка или уплотнение грунта, которые сильно

ускоряют затопление и подтопление приморской суши. Причем просадка грунта в дельтах рек — не только естественный процесс, обусловленный уплотнением и обезвоживанием молодых и рыхлых дельтовых отложений, но и результат воздействия антропогенных факторов — откачки из дельтовых отложений нефти, газа, пресных подземных вод. В [28, 53] приведены сведения о просадке грунта в речных дельтах со второй половины XX в. Наибольшие величины просадки грунта (> 5 мм/год) отмечены в следующих дельтах (мм/год): По (7), Миссисипи (25), Хуанхэ (8), Янцзы (10), Чжуцзян (7.5), Меконг (5), Чаупхрая (18–30), Иравади (6), Ганга и Брахмапутры (18), Нила (5), Нигера (23), Нила (5), Сан-Франциску (10), Магдалены (6.6). Это одна из причин начавшегося (с 2022 г.) переноса столицы Индонезии из Джакарты (о. Ява) в Нусантуру (о. Калимантан). Трансгрессивные наводнения не могут считаться обычными наводнениями, поскольку этот процесс имеет другой временной интервал (исторический, геологический), и социально-хозяйственный комплекс успевает адаптироваться к этому затоплению.

Нагонные наводнения в устьях рек бывают реже, чем речные, но ущерб от них не меньше. Это следующие УОР: 1) с отмельным устьевым взморьем, открытого или раструбного типа, где нагонная волна, трансформируясь, значительно наращивает свою высоту; 2) с низкими и слабо наклоненными берегами; 3) в регионах с сильными ветрами и штормами. Важны также ориентация устья по отношению к эффективным ветрам, характер и величина морских приливов. На побережьях неприливных морей (с величиной сизигийного прилива < 0.3 м) нагонные наводнения генерируются только синоптическими причинами (сильным ветром и “метеорологическими приливами”). Их доля в перечне рассматриваемых УОР 32%. К микроприливному типу относятся 29% УОР (0.3–2.0 м), к мезоприливному — 16% (2–4 м), к макро- и гиперприливному — 23% (> 4 м). Для таких УОР в большинстве источников величина нагона указана вместе с приливной компонентой. Оказалось, что число УОР с максимальным нагоном повышением уровня на устьевом взморье < 0.5 м, 0.5–1.5, 1.5–3 и 3–4.5 м (и выше) равно соответственно 6, 28, 40 и 20%. Мало УОР

с очень большими нагонами (> 4.5 м) — всего 6%. Один из рекорсменов — объединенная дельта Ганга и Брахмапутры в Бенгальском заливе, где нагонные повышения уровня при прохождении тайфунов и ураганов могут достигать 10–12 м [44]. Ширина приморской зоны нагонного затопления в подавляющем большинстве случаев исчисляется километрами и первыми десятками километров (< 30 –40 км). Но в дельте Иравади она составила 100–130 км. Огромный ущерб штормовые нагоны создают в устьях рек Юго-Восточной Азии, на восточном и южном побережьях Северной Америки.

В устьях основных рек Европейской части России с начала XX в. по 2015 г. произошло ~530 нагонных наводнений. Наиболее известны нагонными наводнениями устье Невы и г. Санкт-Петербург. Здесь в 1900–2015 гг. было нагонных наводнений (с учетом потенциальных после 2011 г.) 121 опасных, 39 особо опасных и одно катастрофическое (23.09.1924) [24]. С момента основания Санкт-Петербурга для устья Невы имеются сведения по более чем 310 штормовым нагонам. С 2011 г. от опасных нагонов город защищает Комплекс защитных сооружений. Подобные гидротехнические сооружения есть в дельте Рейна и Мааса (Проект Дельта), эстуарии Темзы (Барьер Темза), в Венецианской лагуне (MOSE), в дельте Миссисипи. В устье Дона нагонных наводнений разной величины было 111, в устье Преголи — 112. В дельте Кубани они малочисленны, тем не менее возможны катастрофические события ~1 раз в 50 лет. Последнее было в 1969 г. На северо-западном побережье Каспия — от Аграханского п-ова до дельты Волги — повторяемость и интенсивность нагонных наводнений в значительной мере зависит от положения среднего уровня моря и периодов штормовой активности [40]. Поэтому большое число катастрофических нагонных наводнений здесь фиксировалось и в период высокого стояния уровня (в XIX в. и первой трети XX в., в середине и второй половине 1990-х гг.), и в период понижения уровня — до 1977 г. На севере от нагонных наводнений в большей мере страдает устье Северной Двины и г. Архангельск: с 1900 по 2015 г. здесь отмечено ~83 штормовых нагона (80% умеренно опасных), приведших к тем или иным ущербам [26].

Известны > 1000 случаев цунами, из них 100 с катастрофическими последствиями [45]. Цунами достигают значительных величин на побережьях Тихого (включая российские тихоокеанские УОР), реже – Индийского и Атлантического океанов и их окраинных морей. Последние катастрофические цунами были 26 декабря 2004 г. на побережье Индийского океана и 11 марта 2011 г. в Японии. Цунами захватывают огромные по протяженности участки морских побережий со всеми устьями на них. Катастрофическими оказываются 15–20% общего числа цунами [27]. Потенциально цунами опасны (и в прошлом такие события наблюдались) для российских побережий Черного и Каспийского морей.

Третья группа – наводнения, вызванные местными атмосферными осадками (дождевые и при интенсивном снеготаянии). Это наводнения в основном дождевого генезиса (Ik). К ним приводит сочетание выпадающих над освоенными районами интенсивных или продолжительных дождей и “неспособности” территории быстро отвести дождевую воду по причине отсутствия условий для впитывания выпавших осадков (из-за водонасыщения почвогрунтов, наличия водонепроницаемых покрытий и др.), из-за малых уклонов поверхности и препятствий (в виде дамб, валов и дорожных насыпей) для сброса дождевых вод в гидрографическую сеть. Масштаб дождевых наводнений возрастает в городах, в частности из-за плохой работы ливневой канализации. Неслучайно за рубежом их относят к категории “городских наводнений”, “дренажных наводнений”. Они характерны для устьев рек в районах с муссонным климатом, влажных субтропиков и тропиков, субэкваториального и экваториального климатических поясов. В устьях рек России такие наводнения редки, локальны, меньше по интенсивности и продолжительности; случаются в крупных населенных пунктах, например – Краснодарского Причерноморья, в устье Дона (г. Ростов-на-Дону), Волги (г. Астрахань) и Преголи (г. Калининград). Но их повторяемость возрастает по мере урбанизации дельтовых земель и климатических изменений.

Часто дождевые и стоковые наводнения совпадают во времени, особенно в бассейнах и устьях небольших рек, поскольку их генерирует

один и тот же циклон, атмосферный фронт или водяной смерч. В результате затопление происходит как дождевыми, так и речными водами. Разделить их порой невозможно. Это наводнения смешанного типа – стоково-дождевые (Im). Таких наводнений много на побережье Черного (Краснодарский край) и Каспийского (Дагестан, к югу от устья Сулака) морей.

Опасные обмеления

Противоположный наводнениям опасный гидрологический процесс в УОР – это опасное обмеление рек, дельтовых водотоков и водоемов, включая устьевое взморье. Во-первых, оно проявляется критическим понижением уровней воды и уменьшением глубин; во-вторых, как и наводнение, оно рассматривается с позиции негативного воздействия на производство, жизнедеятельность населения и состояние природных экосистем; в-третьих, определяется не только экстремальными отметками уровня и величинами расхода воды, но и потребностями в воде водохозяйственного комплекса, поэтому усиливается по мере роста этих самых потребностей и расширения в УОР социально-хозяйственного комплекса.

Основными причинами опасного обмеления могут быть значительное сокращение расхода воды (стоковый тип IIa), ветровые сгоны (сгонные IIг), мощные и продолжительные зазоры выше по течению (заторные и зазорные IIб), сочетание нескольких процессов (IIд, IIе, прочие смешанные) (табл. 1). Глубины могут уменьшаться также из-за отложения наносов и повышения отметок дна (морфодинамические IIв). Такие ОГПиС оказывают крайне негативное воздействие на водный транспорт и водозабор в устьях рек, на рыбное хозяйство и в целом на состояние водных и околотоводных экосистем, ведут к зарастанию водных объектов, ухудшению качества воды в них. Обычно они не приводят к человеческим жертвам, но ущерб от них может быть очень большим. Так, в 2000–2001 гг. экономические потери от гидрологической засухи в низовье и устье Куры составили ~110 млн долл. США, тогда как от катастрофического наводнения в 2003 г. – 60–65 млн долл. [25]. Причем в XXI в. число гидрологических засух в мире заметно выросло [1]. Экстремально негативная,

опасная форма обмеления – пересыхание реки, дельтового водотока или водоема. Примером антропогенного и катастрофического пересыхания водотоков и водоемов в УОР служит ситуация в устьях Амударьи и Сырдарьи, сток которых перестал достигать Аральского моря уже в 1970–1980-х гг. в связи с его разбором на орошение полей. Ежегодные потери для всего Приаралья оцениваются в 145 млн долл. США [1].

Стоковые обмеления вызываются значительным и продолжительным уменьшением расхода воды в реке и дельтовых рукавах. В результате уровень воды снижается до неблагоприятных и даже опасно низких отметок. Происходит это в меженный сезон в условиях уменьшения или прекращения поступления в речную сеть снеготалых и дождевых вод, истощения русловых запасов воды, перехода реки на питание подземными водами [7]. Но кризисными могут быть и низкие половодья с недостаточными объемами стока и заливанием пойменных лугов и нерестилищ. В дельтах к критическому снижению расхода и уровня воды может приводить перестройка русловой сети и прекращение поступления водного стока в “старые” рукава. Негативные последствия усиливаются в случае серии маловодных лет и при крупном хозяйственном изъятии части водного стока. В какой-то мере синонимом этого понятия могут служить термины “маловодье”, “гидрологическая засуха” [2, 45, 47]. В Росгидромете оперируют понятиями “низкая межень”, “низкий уровень воды” продолжительностью ≥ 10 сут, а также “очень малые расходы воды” обеспеченностью $\geq 90\%$ [34]. Понятие “низкий уровень” дополняется назначенными (на некоторых гидрологических постах) критическими отметками, при снижении уровня воды ниже них событие квалифицируется как неблагоприятное или даже опасное. Причем понятия “низкий уровень”, “неблагоприятная/опасная отметка” распространяется на все случаи критического падения уровня воды вне зависимости от его факторов. Поэтому в эту категорию попадают и ветровые сгоны. В гидроэкологии и рыбохозяйственной отрасли научно обоснована и введена в употребление своя система понятий [16], которые обозначают некое обязательное количество воды в реке, необходимое для обеспечения экологического благополучия водного

объекта, его обитателей, сохранения восстановительного потенциала экосистемы, поддержания необходимых условий водопользования. В [7, 45] предложен еще ряд подходов по ранжированию маловодий.

Из более чем 100 рассмотренных УОР 36% расположено в аридных и полумаридных районах земного шара (с коэффициентом сухости < 1), а в остальных 64% дефицит речных вод возникает в меженные сезоны года, а также в связи с избыточным водопотреблением или необоснованным регулированием стока, отмиранием в дельтах отдельных русловых систем и по другим причинам. В России наиболее подвержены неблагоприятным и даже опасным стоковым обмелениям устья южных рек – Дона, Кубани, Терека, Волги, небольших рек побережий Азовского, Каспийского и Черного морей. В устьевых областях северных рек оно лимитирует в основном летне-осеннюю навигацию: в устье Северной Двины обмеление бывает с июля до появления первого льда (единым периодом или с разбиением на несколько); с 1916 г. средняя продолжительность такого периода здесь составила 34 сут, а максимальная – 132 сут [26]. В устьях крупных транзитных рек, в сравнении с малыми, опасные обмеления случаются реже, и они не такие глубокие. Это же характерно для устьев зарегулированных рек. Например, после сооружения в 1973 г. Краснодарского водохранилища на Кубани маловодья в ее низовье и дельте перестали быть катастрофическими [9]. Также улучшает ситуацию с обводнением разных частей и русловых систем дельт сооружение разветвленных систем оросительных и обводнительных каналов, вододелителей. Примером могут служить дельты Волги, Кубани и Терека.

К штормовым сгонам относят значительные снижения уровня воды в реке, дельтовых рукавах и на устьевом взморье (порой до их частичного и временного осушения), вызванные либо непосредственным воздействием сильных ветров сгонного направления на водную поверхность, либо сейшевыми колебаниями уровня поверхности моря [2, 33, 34]. Они продолжительнее в 1.5–2 раза, чем нагоны; развиваются не так стремительно; величина сгонного понижения уровня обычно значитель-

но меньше величины нагона. Максимальная ширина осушки на устьевом взморье во время сгонов ≤ 5 км. Препятствием для развития сгонов служат устьевые отмели и бары, ледостав, сильная изолированность (от приемного водоема) устьевого взморья. В 64% УОР сгонное падение уровня составляет от 0.5 до 1.5 м, лишь у 11% оно > 1.5 м. Наибольшее сгонное понижение уровня в устье Невы составило 1.2–1.4 м, в устье Кубани – 1.6 м, на устьевом взморье Дона (в Таганрогском заливе) – 3 м, в устье Северной Двины – 0.9 м. В устьях основных рек Европейской части России с 1900 по 2015 г. выявлено 862 случая опасных сгонов: 795 – в УОР Дона (умеренно-опасные здесь были в среднем 4–5 раз в году, большие – 3 раза, особо опасные – 0.054 раз [24]), на его взморье случалось даже опрокидывание на бок судов (1958, 1960 и 1987 гг.). На побережье Каспийского моря ситуация со сгонами связана с отметками морского уровня: значительные сгоны здесь наблюдались в 1950–1970-х гг. Число сгонов в устьях рек Европейской части России уменьшается (тренд убывающий, но статистически незначимый), особенно с конца 1970-х гг.; циклы более длительные (до 20 лет), чем у опасных нагонов.

Обмеления и какие-либо ущербы из-за образования на выше расположенных участках реки зажоров или заторов льда – редкие события в устьях рек, не очень продолжительные и незначительные по величине. Есть лишь несколько упоминаний о крупных обмелениях такого типа в прошлом в устье Невы: с 1900 г. обнаружено 11 лет с уровнями в реке ниже опасной отметки.

Опасные ледовые процессы и объекты

Гидрологические процессы этого типа могут затруднять судоходство, приводить к повреждению или даже разрушению сооружений в русле, на взморье и на берегах, к эрозии берегов. Они способны вызывать другие опасные гидрологические события, такие как заторные и зажорные наводнения, опасные обмеления и даже прекращение стока (в случае промерзания водотока). Поэтому нередко их сложно рассматривать по отдельности; мало того, одно ледовое явление может переходить в другое в пределах одной фазы.

Опасные ледовые процессы и события можно подразделить на несколько подтипов [5, 29, 33, 34], в том числе по месту их проявления в пределах УОР, в зависимости от объектов негативного воздействия льдов. К опасным ледовым процессам и объектам на устьевом участке реки и в дельте относят заторы льда (IIIa) и зажоры (IIIб), аномальное по срокам ледообразование и вскрытие (IIIв), особые события и объекты повторяемостью не чаще одного раза в 10 лет, включая навалы льда на берегах вблизи населенных пунктов и хозяйственных объектов (IIIa), промерзание до дна водотоков и водоемов (IIIг), наледи (IIIд) (табл. 1). Наиболее опасными считаются ледяные заторы и зажоры. Во время этих явлений опасен не только подъем уровня воды и заторное/зajorное наводнение, но и давление ледяных масс на берега и сооружения, резкий прорыв мощного затора с формированием волны прорыва. Зажоры, кроме того, нарушают работу водозаборных станций, забивая водопропускные отверстия.

Опасные ледовые процессы и события обнаружены в устьях практически всех основных рек России, в том числе южных, за исключением устьев рек Черноморского и Дагестанского побережий, а также в устьях рек на севере зарубежной Европы, в Канаде и северных штатах США, поскольку именно в устьях рек много гидрологических и морфологических факторов, способствующих заторообразованию [9, 20]. Интересно, что в некоторых отечественных классификациях заторов льда отдельно выделяют устьевой тип.

Если рассматривать конкретные устья рек в России, то можно отметить следующее. Ледовая опасность в дельте Дона мала, но в береговой зоне во время зимних штормовых нагонов она существенно выше. Повторяемость заторов в низовьях Северной Двины и Печоры – 60–85 и 25–55% соответственно; максимальные заторные подъемы уровня – 3.5–5.5 м. Опасные заторы образуются в устьях рек Кольского п-ова (и на всем их протяжении [5]), а также в устьях Преголи, Немана, Кубани и реке Терека. Максимальная длина затора льда может достигать нескольких десятков километров, продолжительность – от 0.5 до нескольких суток [32]. Повышенной зажорностью отличаются устьевые

участки и дельты больших северных рек, “озерных” рек Карелии и Кольского п-ова, низовье и дельта Волги; опасной – устья Невы (повторяемость зажоров 100% [5]), Нарвы и Кубани. Например, в устье Невы в 1900–2013 гг. было выявлено одно катастрофическое, 11 больших и 25 умеренно опасных зажорных наводнений; площадь затоплений была небольшой (2.5–3 км²) [23].

Аномальные сроки ледообразования и вскрытия реки, дельтовых рукавов и устьевого взморья включают в себя следующее: 1) экстремально раннее появление льда, образование ледостава на судоходных реках, озерах и взморье и преждевременное прекращение речной/морской навигации осенью, а также экстремально позднее освобождение ото льда и начало навигации; 2) позднее установление устойчивого ледостава и открытие ледовой переправы. Дата раннего ледообразования для конкретного пункта назначается исходя из повторяемости этого события не чаще одного раза в 10 лет. Например, для устья Невы эти даты – раньше 1 ноября; в устье Дона появление льда – раньше 19–23 ноября, а установление ледостава – раньше 25 ноября. В последнее время из-за потепления климата и “смягчения” зим неблагоприятным процессом становится, наоборот, позднее ледообразование, мешающее (вместе с недостаточными толщиной и прочностью ледяного покрова) налаживанию ледовых переправ (особенно это чувствительно для устьев Северной Двины, Печоры, Оби, Анадыря), усиливающее осеннее зажорообразование и увеличивающее вероятность образования заторов льда на этом участке весной.

На устьевом взморье перечень опасных ледовых процессов и объектов включает в себя следующее [33, 34]: интенсивный дрейф морских больших ледяных полей (≥ 500 м в поперечнике) со скоростью ≥ 1 км/ч (Ше), сильное сжатие льдами судов и морских сооружений (Шж), торосы и навалы льда на морских берегах (Шз) и прочее (отрыв прибрежных льдин в местах выхода на них людей и вынос их в море, непроходимые на судовых трассах и в районах промысла льды, обледенение морских судов и платформ – при скорости нарастания корки плотного льда на конструкциях судна ≥ 2 см/ч).

Опасные морфодинамические процессы и события

Основные негативные морфологические процессы в устьях рек – размыв берегов водотоков (IVa) и водоемов (IVг), занесение и заиливание водных объектов (IVб, IVв), интенсивное выдвигание морского (озерного) края дельты (IVд) (табл. 1). Поэтому они тесно связаны с некоторыми опасными событиями, входящими в группы наводнений и опасных обмелений. В результате повреждаются береговые сооружения, мосты и трубопроводы, ухудшаются условия судоходства и качество воды, формируются предпосылки для развития морфодинамических наводнений и т. п. Терминология для данной группы процессов хорошо разработана в теории русловых и устьевых процессов, морской геоморфологии [11, 35, 42], опасных природных процессов [2] и др.

Наиболее опасными признаются, во-первых, размывы берегов с расположенными на них объектами и сельхозугодьями, способные привести еще и к морфодинамическому наводнению; во-вторых, глубинная эрозия на участках мостовых переходов, линий электропередач и трубопроводов [2, 3]. Такие процессы особенно опасны, если их интенсивность соответствует критическим величинам или превышает их. Критериями здесь служат средняя и максимальная линейные скорости размыва берегов, скорости изменения высотных отметок дна, протяженность фронта размыва, относительная площадь пораженной территории, объем деформируемых грунтов [2, 37]. Интенсивность переформирования высока в устьях рек с большим стоком наносов, сосредоточением основной части годового стока в короткий период, с хорошо размываемыми грунтами, с нарушенным на берегах почвенно-растительным покровом, в условиях быстро меняющегося уровня приемного водоема, с непродолжительным ледоставом или его отсутствием, с интенсивным ледоходом. Это, например, устьевые участки и дельты Кубани, Терека (12–24 м/г од), Амударьи и Куры. Катастрофически высокой скоростью русловых деформаций может быть во время паводков на реках Черноморского побережья – до нескольких десятков метров горизонтальные и нескольких метров (максимальная эрозия – 10–15 м за паводок) вертикальные деформации [46]. В дельте Волги плановые деформации меняются

от 0.5–1.0 до 3–5, Дона – от 1 до 3, Кубани – от 0.2–1.0 до 2 м/год в современных условиях. В зоне распространения многолетней мерзлоты один из главных факторов эрозии – тепловое воздействие вод на берега и дно водного объекта [49].

Прорывы рукавов и перестройка гидрографической сети дельт обычно приводят к крупномасштабному перераспределению стока. В результате такого процесса какие-то дельтовые угодья лишаются поступления речных вод и наносов и начинают деградировать; а на других участках, наоборот, условия обводнения существенно улучшаются и основную угрозу создают уже наводнения. Большая скорость такого перераспределения свойственна дельте Терека, где в естественных условиях она достигала 20–35%/10 лет; периодически скачкообразно менялось направление стока речных вод в море, что вызывало катастрофические наводнения в одной части дельты и аридизацию дельтовых угодий в другой. Максимальные скорости зафиксированы также в устьях Сулака, Сефидруда, Куры, Амударьи, Миссисипи, Колорадо и особенно Хуанхэ (1 раз в 10–20 лет происходил новый прорыв). В дельтах с более спокойным русловым режимом происходят более медленные процессы перераспределения стока по дельтовым водотокам: в дельте Волги – 0.3–1.1%/10 лет, Урала – 1–3, Дона – 1.6, Кубани – 2–7, Немана – 0.1–0.8, Северной Двины – > 1–2%/10 лет), – связанные с морфологическими процессами, меняющими длину и поперечные размеры водотоков: устьевым удлинением, меандрированием водотоков, заилением, размывом.

Негативная динамика морских (озерных) берегов дельты определяется серией факторов: неблагоприятным (либо существенно отрицательным, либо значительно положительным) балансом наносов на устьевом взморье, ветро-волновым воздействием (как правило, разрушительным) на берега, сильными течениями, термоабразионным тепловым воздействием морских вод на мерзлые и льдистые грунты, значительными и быстрыми колебаниями фонового уровня приемного водоема (как правило, бессточного), вертикальными движениями поверхности суши и дна, степенью закрепленности/защищенности берегов растительностью

и др. За рубежом абразию (размыв, разрушение, отступление) берегов относят вместе с морскими наводнениями к наиболее серьезным так называемым “прибрежным опасностям”. Абразия приводит к потере части дельтовой суши, повреждению и даже разрушению береговых сооружений, к необходимости их переноса, а также к усилению проникновения в глубь суши штормовых нагонов и волн цунами, осолоненных морских вод.

Интенсивное выдвигание (намыв) берегов негативно сказывается на деятельности морских портов и водного транспорта, на рекреационной отрасли, заставляет перестраивать выпуски сточных вод, приводит к понижению зеркала грунтовых вод, в засушливых районах – к остепнению и даже опустыниванию приморских ландшафтов.

Максимальные скорости смещения морских берегов наблюдались в устьях Амударьи (2100 м/год) и Хуанхэ (≥ 500 –1000 м/год и выше). Для сравнения, в устье Сулака – 150–300 м, Самура – 50 м, Дона – это 2.5–7 м, Кубани – 40–70 м в естественный период и 2–9 м в настоящее время, в арктических устьях – < 0.5–1 м/год.

Негативные изменения режима увлажнения

К негативным изменениям режима увлажнения относят подтопление и заболачивание земель (Va), а также противоположный процесс – остепнение и опустынивание (Vб) (табл. 1). Эти изменения на устьевом участке и в дельте – следствие изменения климата, стока воды рек и характера разлива речных вод, колебаний уровня приемного водоема и других водоемов в УОР, естественной перестройки гидрографической сети дельт, нарушения гидрогеологического режима подземных вод, а также результат хозяйственной деятельности. Кроме того, эти процессы соответствуют естественным этапам формирования дельт, особенно у тех рек, которые несут много наносов и отлагают их в своих устьях.

Подтопление – это повышение уровня грунтовых вод, нарушающее нормальное использование территории, затрудняющее или препятствующее строительству и эксплуатации расположенных на ней объектов [11, 12, 36, 38]. К подтопленным

относят территории, на которых глубина залегания грунтовых вод меньше допустимой для хозяйственного использования: для лугов – 0.6–0.8 м, пашни – 0.8–1.4 м, садов – 1.2–1.8 м, мелких населенных пунктов – 1.5–2.0 м, городов – 3–4 м. Подтопление может быть локальным или иметь площадной характер. Нередко подтопление – результат непродуманной хозяйственной деятельности, выражающейся в создании водохранилищ, проведении мелиоративных мероприятий и несоблюдении поливных режимов на сельхозугодьях, в строительстве каналов, дорог и дамб, прокладке подземных коммуникаций, аварийном состоянии водопроводно-канализационной сети и т. п. Подтопление может быть кратковременным и довольно продолжительным, может прогрессировать. Для устьевых участков и дельт это нередкий процесс из-за обилия здесь воды и водных объектов, частых разливов речных и морских вод, обширных водоупоров из морских глин, а в дельтах Кубани и Терека – еще и масштабной ирригационной деятельности (строительство каналов разного назначения и орошение полей).

Вероятная конечная стадия подтопления – заболачивание земель – образование болот на переувлажненных участках земной поверхности вследствие затрудненного стока или близкого залегания к поверхности водоносных пород либо водоупорного слоя. Но в дельтах оно часто не ухудшает экологические условия в регионе, а, наоборот, улучшает. Недаром в настоящее время во многих дельтах (Рейна и Мааса, Инда, Дуная, Тигра и Евфрата, Хуанхэ и Волги) проводятся мелиоративные работы по восстановлению водно-болотных угодьев.

Остепнение и опустынивание некоторых участков в ряде дельт мира – следствие естественного или антропогенного сокращения водного стока многих рек либо масштабной перестройки русловой сети дельт. Наиболее печальным примером здесь служит опустынивание дельт Амударьи и Колорадо.

Некоторые опасные гидродинамические события морского происхождения

Перечень опасных гидродинамических событий морского происхождения в устьях рек

дополняют уже рассмотренные выше опасные события морского происхождения (табл. 1). В тип VI включены такие опасные гидрологические события для судоходства, инженерных сооружений, прибрежной инфраструктуры, пребывающих на воде и берегах людей, как штормовое волнение (VIa), разрывные течения (VIб), большие приливы, бор, сильные приливные течения (VIв), апвеллинг (VIг), сильный тягун в портах (VIд) и другие (VIе). Не для всех этих событий разработаны четкие критерии опасности, лишь для штормового волнения (высота волн в прибрежных районах ≥ 4 м, в открытом море ≥ 6 м) и сильного тягуна в морских портах (амплитуда колебаний ≥ 1 м) [33].

Апвеллинг – подъем глубинных холодных вод к поверхности – неблагоприятное гидрологическое событие прежде всего в теплый сезон года для отдыхающих на морских побережьях. При сильном снижении температуры воды могут пострадать и даже погибнуть гидробионты. Апвеллинг ограничен устьями сравнительно теплых широт с приглубым и очень приглубым взморьем, в России это устья рек черноморского побережья Кавказа и Дагестана; часто сопровождается сильными ветровыми сгоны, длится несколько дней.

Сильные приливные и разрывные морские течения опасны в первую очередь для отдыхающих и купающихся. Они могут представлять опасность и для морских судов.

НЕГАТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И КАЧЕСТВА ВОДЫ

В силу своего особенного положения (на замыкающем участке речного водосбора, на побережье морей), отличаясь значительным хозяйственным освоением и заселением, речные устья подвержены, во-первых, сильному антропогенному загрязнению поверхностных и подземных вод (VIIa) [4, 8, 9]; во-вторых, гидрохимическому воздействию со стороны моря (океана), проявляющемуся прежде всего в проникновении солоноватых и соленых вод в дельтовые рукава, реку и горизонты подземных вода (VIIб). Последнее – типично устьевой гидрологический

процесс, который оказывает обычно негативное воздействие на водные экосистемы, нарушает работу водозаборов, способно вызывать засоление почв, формирует агрессивную среду для находящихся в воде металлических конструкций. Клин осолоненных вод в придонном слое в устье реки может стать препятствием для перемещения наносов, что неизбежно приводит к заилению судоходных каналов, портовых бассейнов и доков, к накоплению в донных отложениях загрязняющих веществ. Иногда проникновение морских вод в УОР, наоборот, способствует водообмену, обновлению вод и улучшению условий водных объектов. Интрузии могут быть короткопериодными и долгопериодными (до нескольких месяцев, связаны с сезонными изменениями стока).

Проникновение морских вод наиболее активно в межень и маловодные годы, при приливах и нагонах, больших градиентах плотности вод в устьевой зоне смешения, после углубления устьевых баров для улучшения условий судоходства, на побережьях с интенсивной откачкой подземных вод; наоборот, ослабевает при наличии ледяного покрова, отмелого и полузакрытого устьевого взморья, обширной баровой отмели [21, 29, 52]. Глубокому проникновению способствуют продолжительные сгоны, предшествующие нагонам. Резкое усиление процессов проникновения морских вод отмечено при искусственном углублении устьевых баров для улучшения условий судоходства (устья Оби, Яны, Дуная, Миссисипи и др.). Наибольшая дальность проникновения осолоненных вод характерна для устьев рек, бассейны которых подвержены сильной засухе (Сенегал, Гамбия, Салум, Казаманс), для устьев крупных глубоких рек с малыми уклонами водной поверхности (Миссисипи), для устьев рек, подверженных действию приливов (Ганг и Брахмапутра, Нигер и др.).

В [29, 31] приведена таблица с данными проникновения осолоненных вод в устья рек мира. В отношении устьев рек России известно следующее. Интрузии не характерны для устьев Невы и Волги, чьи обширные и мелководные взморья представляют транзитную зону речных вод. Они мало опасны для дельт Кубани и Терека (максимальная дальность < 5–10 км), чьи рукава блокированы мелководными устьевыми барами [9,

40]. В устьях Печоры, Онеги и Мезени дальность достигает соответственно 5–7, 10 и 33 км, но ущербов они почти не создают. Реальный ущерб проникновение морских вод создает в устьях Северной Двины и Преголи [15, 21, 51]. Максимальная и средняя дальность проникновения морских вод в дельту Северной Двины равны соответственно 43–45 и 10–15 км. Оно способно нарушить водоснабжение и работу двух крупных предприятий и ТЭС г. Архангельска. Сложная ситуация сложилась в устье Дона [19], в устьях степных рек Приазовья.

В литературе отмечены факты усиления проникновения морских вод в устья Инда, Чаупхрая, Меконга, Красной, Годавари, в отмирающие рукава общей дельты Ганга и Брахмапутры и др. Основные причины – усиливающееся маловодье у ряда рек мира, подъем уровня Мирового океана и увеличение воздействия морских факторов, дноуглубление в рукавах и на взморье. Самый яркий недавний пример этого процесса – экстремальная интрузия осолоненных вод в устье р. По во время катастрофической летней межени 2022 г., вызванной долгим периодом без осадков и постепенным уменьшением стока воды реки. В итоге, если предельная дальность проникновения осолоненных вод в 1960-х гг. составляла ~2 км, в 1980-х гг. – 10 км, то в 2022 г. ~40 км [48].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе обширных и достоверных собственных гидрологических данных и исследований, а также широкого обзора российской и зарубежной литературы разработаны терминология и типизация опасных гидрологических процессов и событий в УОР как наиболее уязвимых географических объектов. Перечень опасных гидрологических процессов, их повторяемость и интенсивность больше, чем в бассейнах рек и на не устьевых участках морского побережья.

Новая комплексная классификация опасных гидрологических процессов и событий учитывает их вид, происхождение и характер влияния на природный и социально-экономический комплексы устьев рек. Уточнены или предложены

новые формулировки имеющих к ним отношение понятий.

Опасные гидрологические процессы и события выделены в подтипы и типы, главные из которых следующие: затопления и наводнения различного генезиса; опасные обмеления; опасные ледовые события; опасные морфодинамические процессы; негативные изменения режима увлажнения; опасные гидродинамические события морского происхождения; негативные изменения гидрохимического режима и качества воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аральское море и Приаралье. Ташкент: Vactria press, 2017. 122 с.
2. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. М., 2010. 636 с.
3. Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое русловедение. М.: ГЕОС, 2000. 332 с.
4. Брызгалов В.А., Никаноров А.М., Косменко Л.С., Решетняк О.С. Устьевые экосистемы крупных рек России: антропогенная нагрузка и экологическое состояние. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2015. 164 с.
5. Бузин В.А. Опасные гидрологические явления. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2008. 228 с.
6. Васильев Л.Ю. Весеннее наводнение и противозаторные мероприятия в устьевой области Северной Двины // Наводнения и другие опасные гидрологические явления: оценка, прогноз и смягчение негативных последствий: Докл. VI Всерос. гидрол. съезда. М., 2006. С. 223–229.
7. Владимиров А.М. Сток рек в маловодный период года. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 295 с.
8. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования / Под ред. Н.И. Алексеевского. М.: ГЕОС, 2007. 585 с.
9. Гидрология дельты и устьевого взморья Кубани / Под ред. В.Н. Михайлова, Д.В. Магрицкого, А.А. Иванова. М.: ГЕОС, 2010. 728 с.
10. Гидрометеорологические риски / Под ред. Л.Н. Карлина. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2008. 282 с.
11. ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1988. 34 с.
12. ГОСТ 22.0.03-97 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные и чрезвычайные ситуации. Термины и определения. Минск: Изд-во стандартов, 2000. 12 с.
13. Добровольский С.Г., Истомина М.Н. Наводнения мира. М.: ГЕОС, 2006. 256 с.
14. Доброумов Б.М., Тумановская С.М. Наводнения на реках России: их формирование и районирование // Метеорология и гидрология. 2002. № 12. С. 70–78.
15. Домнин Д.А., Соколов А.Н. Моделирование речного стока с территории водосборного бассейна Вислинского залива и затока солоноватых вод в устье реки Преголи // Изв. КГТУ. 2014. № 35. С. 11–20.
16. Дубинина В.Г., Гаргона Ю.М., Чебанов М.С., Катунин Д.Н., Филь С.А. Методические подходы к экологическому нормированию антропогенного сокращения речного стока // Вод. ресурсы. 1996. № 1. С. 78–85.
17. Зайков Б.Д. Высокие половодья и паводки на реках СССР за историческое время. Л.: Гидрометеиздат, 1954, 135 с.
18. Землянов И.В., Горелиц О.В., Поставик П.В., Павловский А.Е., Сапожникова А.А. Современные тенденции развития дельты Терека // Тр. ГОИНа. 2007. № 210. С. 253–264.
19. Клещев А.В., Московец А.Ю. Интрузии соленых вод в дельту Дона: закономерности развития и последствия // Наука Юга России. 2021. Т. 17. № 3. С. 30–37.
20. Козлов Д.В., Бузин В.А., Фролова Н.Л., Агафонова С.А. и др. Опасные ледовые явления на реках и водохранилищах России. М., 2015. 348 с.
21. Луначев Ю.В., Макарова Т.А. Проникновение морских вод в рукава дельты Северной Двины и его возможные изменения // Тр. ГОИНа. 1984. Вып. 172. С. 117–125.
22. Магрицкий Д.В. Опасные гидрологические явления и процессы в устьях рек: вопросы терминологии и классификации // Наука. Техника. Технология (политехнический вестник). 2016. № 2. С. 35–61.
23. Магрицкий Д.В. Опасные гидрологические явления и процессы в устьях Невы и Преголя // “Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата”. Мат-лы конф. Хабаровск, 2016. С. 61–64.
24. Магрицкий Д.В. Опасные гидрологические процессы в устье Дона и многолетние тенденции в изменении их параметров // Актуальные вопросы гидрологии и геоэкологии. Мат-лы конф. Пермь, 2016. С. 35–41.
25. Магрицкий Д.В. Опасные гидрологические процессы в устьях рек России // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный

- потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития. Мат-лы конф. Ростов-на-Дону, 2018. С. 49–56.
26. Магрицкий Д.В., Скрипник Е.Н. Опасные гидрологические процессы в устье Северной Двины и факторы их многолетней изменчивости // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 2016. № 6. С. 59–70.
 27. Михайлов В.Н., Добролюбов С.А. Гидрология. Учебник для вузов. М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. 752 с.
 28. Михайлов В.Н., Михайлова М.В. Влияние многолетних изменений морских факторов на устья рек // Вод. ресурсы. 2015. Т. 42. № 4. С. 367–379.
 29. Михайлов В.Н., Михайлова М.В., Магрицкий Д.В. Основы гидрологии устьев рек: учебное пособие. М.: Триумф, 2018. 316 с.
 30. Михайлова М.В. Наводнения в устьевой области Вислы и их влияние на изменения гидрографической сети дельты // Вод. ресурсы. 2023. Т. 50. № 6. С. 674–685.
 31. Михайлова М.В. Процессы проникновения морских вод в устья рек // Вод. ресурсы. 2013. Т. 40. № 5. С. 439–455.
 32. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озерах. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 184 с.
 33. РД 52.04.563-2002. Инструкция. Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения. СПб.: Гидрометеоздат, 2003. 31 с.
 34. РД 52.04.563-2013. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. СПб.: Гидрометеоздат, 2013. 52 с.
 35. Рычагов Г.И. Общая геоморфология. М.: Наука, 2006. 415 с.
 36. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. М., 2002. 19 с.
 37. СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. М., 1996. 11 с.
 38. СП 116.13330.2012. Свод Правил. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. М., 2012. 65 с.
 39. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Под ред. В.М. Катцова. СПб.: Научно-технологические технологии, 2022. 676 с.
 40. Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления / Под ред. В.Н. Михайлова. М.: ГЕОС, 2013. 703 с.
 41. Философский энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1983. 840 с.
 42. Чалов Р.С. Руслвые процессы (руслведение). М., 2016. 569 с.
 43. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 308 с.
 44. Экологическая энциклопедия. М.: Энциклопедия, 2008–2013. 656 с.
 45. Экстремальные гидрологические ситуации / Отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. М.: Москва-ПРЕСС, 2010. 464 с.
 46. Alexeevsky N.I., Magritsky D.V., Koltermann K.P., Krylenko I.N., Toropov P.A. Causes and systematics of inundations of the Krasnodar territory on the Russian Black Sea coast // Natural Hazards Earth System Sci. 2016. V. 16. P. 1289–1308. DOI: 10.5194/nhess-16-1289-2016
 47. Beran M.A., Rodier J.A. Hydrological aspects of drought. Paris: UNESCO-WMO, 1985. 151 p.
 48. Bonaldo D., Bellafore D., Ferrarin C., Ferretti R., Ricchi A., Sangelantoni L., Vitelletti M.L. The summer 2022 drought: a taste of future climate for the Po valley (Italy)? // Regional Environ. Change. 2023. V. 23. № 1. P. 1–6.
 49. Costard F., Dupeyrat L., Gautier E., Carey-Gailhardis E. Fluvial thermal erosion investigations along a rapidly eroding river bank: Application to the Lena River (Central Siberia) // Earth Surf. Process. Landforms. 2003. № 28. P. 1349–1359.
 50. Global reported natural disasters by type. <https://ourworldindata.org/grapher/natural-disasters-by-type>
 51. Guidelines on the study of seawater intrusion into rivers. Studies and reports in hydrology. Paris: UNESCO, 1991. № 50. 138 p.
 52. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896
 53. Magritsky D., Lebedeva S., Skripnik E. Hydrological hazards at mouths of the Northern Dvina and the Pechora rivers, Russian Federation // Nat. Hazards. 2017. V. 88 (1). P. 149–171.
 54. Syvitski J.P.M., Kettner A.J., Overeem I., Hutton E.W.H., Hannon M.T., Brakenridge G.R., Day J., Vörösmarty C., Saito Y., Giosan L., Nicholls R.J. Sinking Deltas due to Human Activities // Nature Geosci. 2009. V. 2. № 10. P. 681–686.
 55. UNISDR terminology on disaster risk reduction. <http://www.undrr.org/quick/10973>

56. <https://www.consultant.ru/document/> – сайт КонсультантПлюс с полным текстом “Водного кодекса Российской Федерации” от 03.06.2006 № 74-ФЗ.

HYDROLOGICAL HAZARDS IN RIVER MOUTHS: TERMINOLOGY, CLASSIFICATION, GEOGRAPHY

D. V. Magritsky^{a, b, *}, M. V. Mikhailova^{b, **}

^a*Moscow State University, Moscow, 119991 Russia*

^b*Institute of Water Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119333 Russia*

**e-mail: magdima@yandex.ru*

***e-mail: mv.mikhailova@gmail.com*

The article has methodological and theoretical significance, contains the results of development of terminology and typification of hazardous hydrological processes and events in river mouth areas. A comprehensive classification of dangerous hydrological processes and events is given, taking into account their type, origin and nature of their impact on the natural and socio-economic complex of river mouths; other approaches to the division and grouping of such processes are also considered, with clarifications and new formulations of concepts related to them. The list of considered hazardous processes includes floods and dangerous shoaling of various genesis, dangerous ice events and morphodynamic processes, negative changes in the humidification regime, hydrochemical regime and water quality, dangerous hydrodynamic events of marine origin. The main causes, mechanisms of development and nature of negative consequences of these processes are analysed. Theoretical presentations are supported by extensive background material on specific river mouths or results of regional generalizations. The achieved results can be used in the study, monitoring, identification, quantitative assessment and ranking of dangerous hydrological processes, and zoning of territories and water areas undergone by their impact.

Keywords: river, sea, river mouth area, hazardous processes and events, terminology, classification.