

УДК [556+001.4]:556.54

## ОПАСНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕССЫ В УСТЬЯХ РЕК: ВОПРОСЫ ТЕРМИНОЛОГИИ И КЛАССИФИКАЦИИ<sup>1</sup>

### DANGEROUS HYDROLOGICAL PHENOMENA AND PROCESSES IN RIVER MOUTHS: TERMINOLOGY AND CLASSIFICATION

**Магрицкий Дмитрий Владимирович**

кандидат географических наук,  
доцент кафедры гидрологии суши,  
Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова  
magdima@yandex.ru

**Magritsky Dmitry Vladimirovich**

Ph. D., Assistant professor of  
Department of Land Hydrology,  
Lomonosov Moscow State University  
magdima@yandex.ru

**Аннотация.** Статья имеет методический и теоретический характер, содержит результаты исследования вопросов, касающихся терминологии и классификации опасных гидрологических процессов в устьевых областях рек. В статье представлена новая классификация устьевых опасных гидрологических процессов, уточненные и новые формулировки имеющих к ним отношение понятий. Перечень рассмотренных процессов включает наводнения различного генезиса, опасные обмеления и ледовые явления, опасные морфодинамические процессы и гидродинамические на устьевом взморье, подтопление и изменение химического состава природных вод. В отношении этих процессов определены основные факторы, механизмы развития, перечень характеристик и характер негативных последствий. Результаты исследования позволяют более эффективно заниматься изучением опасных процессов в столь сложных географических объектах как устья рек, совершенствовать методики по их мониторингу, идентификации, количественной оценке и ранжированию, в конечном итоге, прогнозированию. Полученные результаты могут использоваться для районирования подверженных их воздействию территорий.

**Ключевые слова:** река, море, устье, опасный процесс, опасное явление, наводнение, затор льда, нагон, сгон, маловодье, интрузия морских вод, абразия берегов, русловые процессы, терминология, классификация.

**Annotation.** The paper is methodological and theoretical type. The paper presents the results of research of the questions of terminology and classification of dangerous hydrological processes in river mouths. It presents a new classification of these processes, updated and new formulation of the special terms. The list of dangerous hydrological processes includes various inundations, dangerous ice phenomena, wind-induced down-surges and low-water periods, sea water intrusion into the watercourses, dangerous morphodynamic and hydrodynamic processes in the near-shore zone, water logging and changes in the chemical composition of natural waters. The main factors, mechanisms of development, list of characteristics and the character of the adverse effects were identified for these processes. The results allow better study this kind of phenomena and processes and their factors, improve methods for their identification, quantitative evaluation and ranking, for zoning exposed areas.

**Keywords:** river, sea, mouth, dangerous phenomena and process, inundation, ice dam, storm surge, negative water setout, low water, shore abrasion, river bed processes, terminology, classification.

Устьевые области рек (устья рек) – особые географические объекты, расположенные в местах впадения рек в приемные водоемы (океаны, моря, озера) [1]. Устья рек находятся под совместным влиянием режима реки и приемного водоема. Из-за постоянного взаимодействия речных и морских факторов, низменного рельефа наземной части устьевой области реки (УОР), обилия водных объектов, обычно большой плотности населения и хозяйственной освоенности они одни из наиболее изменчивых и уязвимых географических объектов на Земле. В пределах устьевой области реки выделяют две разнородные по местоположению, морфологии, гидрографии, гидрологическому режиму и экологическим условиям области: устьевой участок и устьевое взморье. Первый, при наличии дельты и несовпадении ее вершины с верхней, или речной,

<sup>1</sup> Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ №14-05-00949 и в рамках государственной темы 1.10 «Гидрологический режим водных объектов суши в условиях изменения климата и антропогенного воздействия».

границей УОР, назначаемой по дальности распространения в реку приливных и нагонных колебаний уровня, делится на дельтовую и придельтовую части. Второй может представлять собой полузакрытый водоем эстуарного типа (узкий залив, лиман, губу, лагуну, приливный эстуарий), или открытую, подверженную опресняющему влиянию речного стока прибрежную зону приемного водоема, или иметь сложное строение, включающее оба типа взморий.

Строение, природные условия и гидрометеорологический режим речных устьев формируют природные (метеорологические, гидрологические, морфологические и экологические) процессы, протекающие во всех частях УОР. В устьях рек они очень сложны и изменчивы, иногда приобретают неблагоприятный и даже опасный характер для природной среды, населения и хозяйства. Внешним проявлением этих процессов служат опасные природные явления. В устьях рек перечень таких процессов, их повторяемость и магнитуда нередко выше, чем в бассейне реки и на обычных участках морского побережья. В условиях климатических изменений и сопутствующих им изменений речного стока, режима рек и морей, повышения уровня океанов и морей, расширения хозяйственного использования устьев рек опасность этих процессов и явлений возрастает.

Опасные гидрологические процессы в устьях рек изучены еще недостаточно. В частности, слабо разработаны терминология и классификация подобных процессов. К числу немногих опубликованных работ, специально и комплексно рассматривающих опасные гидрометеорологические процессы в устьях рек, а также связанные с водной средой и потоками опасные морфологические процессы, относятся специальные разделы монографий по устьям рек Азовского и Каспийского морей [2; 3; 4]. Основная же часть исследований, проводившихся разными специалистами, посвящена наводнениям.

В настоящей статье предпринята попытка проанализировать имеющуюся в научной литературе и нормативных документах противоречивую терминологию, касающуюся опасных гидрометеорологических и морфологических процессов и сопутствующих им явлений, адаптировать ее применительно к устьям рек и предложить ряд новых подходов в решении обозначенной проблемы. При этом учтены уже имеющиеся наработки в анализе опасных природных процессов как в гидрометеорологии, так и в экологии; учтен и опыт автора статьи в изучении устьев рек и происходящих в них процессов. Эти исследования полностью отвечают современным запросам общества, нашедшим отражение в Постановлении Правительства РФ от 7 июля 2011 г. № 555 о Федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий ЧС природного и техногенного характера в РФ до 2015 г.». В ней предусмотрен целый перечень мероприятий – от информационно-мониторинговой деятельности до разработки научно-методических основ эффективной реализации таких мероприятий.

## **1. Вопросы терминологии**

Содержательное и эффективное изучение опасных гидрологических процессов, уточнение их классификации и состава, разработка методик, позволяющих их оценивать, ранжировать, в том числе создаваемые ими ущербы, выделять и районировать подверженные негативному воздействию территории, а также решать многие другие вопросы, требуют «терминологической чистоты» в отношении тех понятий, которыми оперируют в данной области.

### **1.1. Процесс и явление**

Прежде всего разъяснения требуют термины «процесс» и «явление». Согласно понятийному аппарату философии, процесс (с лат. *processus* – «течение», «ход», «продвижение») рассматривается как «последовательная смена явлений, состояний в развитии чего-либо» [5]. То есть в процессе присутствует, во-первых, временной фактор [6], во-вторых, его составляют сменяющие друг друга некоторые характерные состояния объекта (системы, среды), или стадии в развитии чего-либо. С такой интерпретацией понятия «процесса» согласна и современная лингвистика, что нашло отражение в Малом академическом словаре [7] – авторитетном нормативном словаре современного русского языка. В более ранних версиях толковых словарей, в том числе под редакцией, либо авторством Д.Н. Ушакова и С.И. Ожегова [9; 8], процессом назы-

вали «ход, развитие какого-нибудь явления; последовательную закономерную смену состояний в развитии чего-нибудь», и, следовательно, считали его частью явления. Совсем другое определение процесса предлагают новые словари и энциклопедии [10; 11], относя его главным образом к философской категории.

Явление в философии трактуют, как «то или иное обнаружение (выражение) предмета, внешние формы его существования» [5]. Этот термин рассматривают в контексте постижения сущности – «внутреннего содержания предмета, выражающегося в единстве всех многообразных и противоречивых форм его бытия». Предмет – «все, что может находиться в отношении к чему-либо или обладать каким-либо свойством».

Природный, физический, гидрологический, социально-экономический (и т.п.) процесс и явление обозначают лишь принадлежность к определенной среде, в которой они развиваются и в привязке к которым их изучают. Дать им простое определение вследствие многокомпонентности и сложного устройства той же самой среды сложно, а порой невозможно. Поэтому неудивительно, что в тематических справочных изданиях эти термины либо не разъясняются, либо им даны совершенно разные определения.

Примером такой неоднозначности служат определения «гидрологического процесса» и «гидрологического явления». Согласно А.И. Чеботареву [12], гидрологический процесс – это последовательное развитие во времени и пространстве гидрологических явлений, определяющих режим водных объектов, а гидрологическое явление – форма проявления отдельных сторон гидрологического процесса, например, возникновение различных форм льда и его скоплений в русле при развитии процесса ледообразования, задержание воды почвой в углублениях на поверхности земли и другие процессы формирования стока в период снеготаяния или дождевых паводков. В [13; 14; 16] гидрологическим процессом, с некоторыми разночтениями, называют «совокупность физических, химических, биохимических и биологических процессов, определяющих закономерности формирования гидрологического состояния и режима водного объекта». В [15], это – процесс, при котором вода вступает во взаимодействие с природной средой, и в процессе формирования, например, весеннего стока последовательно развиваются такие явления, как снеготаяние, водоотдача снежного покрова и почвогрунтов, добегание талых вод к водотоку. РД 52.04.563-2013 и ряд других источников вообще не различают процессы и явления, относя к гидрологическим явлениям природные процессы и явления, возникающие в гидросфере (за исключением акватории морей и океанов). В [18], гидрологическое явление – явление природы вследствие какого-либо гидрологического процесса. И это еще не все примеры.

Тем не менее, несмотря на все противоречия и разночтения, в гидрологии и смежных дисциплинах понимание гидрологического процесса и явления, связи между ними имеет много общего с дефинициями «процесса» и «явления» из [5; 6; 7 и др.] и со здравым смыслом. Это позволяет прийти к некоторому консенсусу в определении «гидрологического процесса» и «гидрологического явления». Под гидрологическим процессом предлагается считать обусловленные физическими, химическими, биохимическими и биологическими причинами и закономерностями, изменения в пространстве и во времени гидрологического состояния водного объекта, или территориально единой системы водных объектов, включая особые и временные. Гидрологический процесс состоит из последовательно сменяющихся друг друга стадий (синонимы – фазы, этапы, фрагменты), или гидрологических событий. Их совокупность за годовой цикл, последовательная и закономерная смена формирует гидрологический режим водного объекта, как внешнюю форму гидрологического процесса. Подробно гидрологический режим рассмотрен в [14]. Гидрологическое явление – обычно кратковременное, изменение в пространстве и во времени гидрологических характеристик, и, по сути, представляет собой внешнюю форму одной из стадий гидрологического процесса, часть гидрологического режима.

Какими соображениями следует руководствоваться, выбирая тот или иной термин? Как правило, визуальная во время гидрологического события и сразу после него, или инструментальная (контактная), дистанционная фиксация отдельных характеристик гидрологического явления не раскрывает сути процесса, вынуждая на этом этапе

познания считать наблюдаемое или ожидаемое событие явлением. Дальнейшее детальное изучение гидрологического явления, выделение его факторов, стадий и пространственно-временных закономерностей развития, причинно-следственных связей и т.п. переводит его в категорию гидрологических процессов, с возможностями его физико-математического воспроизведения (моделирования) и прогноза. Например, такие опасные гидрологические процессы, как наводнения, заторы льда, обледенение, штормовые нагоны, сгоны и волнение, другие, в силу их скоротечности и первоначального дефицита необходимой информации, следует на этапе их фиксации (и даже после, если задачи их подробного изучения нет) считать опасными гидрологическими явлениями, что согласуется с нормативной позицией Росгидромета и МЧС. В отношении морфологических процессов, подтопления и других сравнительно продолжительных и визуально неочевидных гидрологических процессов, требующих (для их идентификации и оценок) разнообразных данных и инструментария, длительного мониторинга, выяснения основных факторов и закономерностей, предлагается использовать понятие «процесс». Это же правило распространяется и на продолжительные наводнения, ряд опасных обмелений, в течении которых уже приступили к их мониторингу, изучению, оценке, выявлению причин и т.п.

Хорошей заменой понятий «гидрологический процесс» и «гидрологическое явление», если они произошли, служит термин «гидрологическое событие». В неоднозначных ситуациях, при дефиците данных и времени на их обработку, анализ и осмысление, в других случаях он позволяет избежать ошибок и сомнений в использовании подменяемых им понятий.

### *1.2. Опасность, безопасность и риск*

При некоторых условиях и, главное, «столкновении» с человеком и плодами его деятельности, т.е. с антропоцентрической точки зрения, природные процессы могут характеризоваться как неблагоприятные, опасные, разрушительные, катастрофические, стихийные и быть источником опасности. В последнее время дополнительно учитываются угроза и ущербы экологически ценным объектам и системам.

Опасность – неоднозначное понятие. Под ней понимают как источник угрозы (угрожающее событие, объект, вещество, опасный процесс, свойство или состояние природы, общества и техники, действие человека и т.п.), так и вероятность реализации этой угрозы в конкретном месте и момент времени, причинения ущерба населению, материальным ценностям и природной среде [19; 20; 21; 16 и др.]. Ее синонимом можно считать понятие «угроза». Объектом опасности могут быть: конкретный человек, население в целом, разные стороны хозяйственной деятельности, социальные объекты, элементы инфраструктуры, промышленные, сельскохозяйственные и иные объекты экономики, компоненты природного комплекса и др. Опасность может иметь естественно-природное (при космических, геологических, гидрометеорологических, биологических или нескольких источниках), техногенное и социальное происхождение. Опасность может быть масштабирована и считаться большой, значительной, небольшой, незначительной, либо минимальной, допустимой, максимально допустимой и недопустимой. Она может возрастать по мере развития опасного процесса.

Опасность определяет риск – сочетание вероятности события и его негативных последствий [22; 23; 20]. В литературе и повседневной жизни понятие «риск» применяется двояко. Им могут подменять термины «опасность», «угроза», например в выражениях «иск аварии», «риск возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС)» и др., либо использовать по прямому назначению с акцентом на потенциальные последствия, ущербы, потери для объектов воздействия.

Еще один важный термин – безопасность. Под ней понимают: 1) состояние защищенности отдельного человека, населения, объектов экономики и видов хозяйственной деятельности, окружающей природной среды от опасности разного рода; 2) состояние, при котором им ничто не угрожает, или они надежно защищены от угроз, или могут им успешно противостоять [22; 16]. Такая же неоднозначность и у слова «безопасный». Во-первых, это то, что не угрожает, не несет опасности для данного объекта. Например безопасное для человека средство, механизм, прибор, бритва. Во-

вторых, это сам объект, надежно защищенный от опасности, например безопасное место. Видов безопасности очень много.

### *1.3. Неблагоприятные, опасные, экстремальные и катастрофические процессы*

Принимая во внимание выше сказанное и с учетом нормативной практики, к опасным гидрологическим процессам (ОГП) следует относить те гидрологические процессы, которые по своим характеристикам, а именно интенсивности, пространственному охвату, моменту возникновения и продолжительности представляют угрозу человеку (его здоровью, жизни, жизненному укладу и др.), сельскохозяйственным животным и растениям, могут оказать негативное и даже поражающее воздействие на элементы природной среды, материальные ценности, объекты социально-экономического комплекса, отдельные отрасли и в целом хозяйственную деятельность. Они – часть обширного перечня опасных природных процессов. К ОГП могут быть отнесены также некоторые опасные гидрогеологические и морские гидрометеорологические процессы.

Неблагоприятные гидрологические процессы (НГП) генерируют менее масштабные и разрушительные последствия, чем ОГП, затрудняют деятельность отдельных предприятий и субъектов экономики, создают дискомфорт для населения и по своим параметрам не соответствуют критериям ОГП. При более общем подходе НГП можно считать одним из подвидов ОГП с наименее тяжелыми последствиями.

Опасное гидрологическое явление (ОГЯ) – 1) событие гидрологического происхождения, 2) внешнее отражение, внешняя форма проявления одной из стадий (как правило, экстремальной по своим характеристикам) одного или нескольких гидрологических процессов, 3) состояние водных объектов, которое по своим характеристикам представляет угрозу безопасности человеку, сельскохозяйственным животным и растениям, могут оказать негативное и даже поражающее воздействие на элементы природной среды, материальные ценности, объекты социально-экономического комплекса, отдельные отрасли и в целом хозяйственную деятельность [24; 26; 25; 12 и автор].

Между опасными и стихийными явлениями нельзя ставить знак равенства. Последние могут быть как опасными (цунами), так и неопасными (свечение моря). В первом случае их следует называть стихийно-разрушительными, или опасными стихийными явлениями. Вообще стихия может толковаться 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, катастрофическое явление однозначно воспринимается как опасное, мало того – как наиболее масштабное и разрушительное. Но как самостоятельный термин его использовать нежелательно, а лишь в контексте четкой (на основе заданных критериев) дифференциации ОГЯ по градациям опасности.

В нормативных документах Росгидромета к ОГЯ, как подмножеству опасных гидрометеорологических явлений (ОГМЯ), дополнительно относят комплекс гидрометеорологических величин, которые по своему значению, интенсивности или продолжительности представляют угрозу безопасности людей, а также могут нанести значительный ущерб объектам экономики и населению [25]. С позиции сущности исследуемого предмета, норм русского языка и лингвистики, гидрологического глоссария такое определение ОГЯ совершенно некорректно. Его практический смысл – обеспечение деятельности по мониторингу опасных явлений, их оперативному прогнозу, обнаружению, предотвращению и оповещению населения, муниципальных органов и субъектов экономики о возможности их возникновения соответствующим инструментарием, позволяющим решать эти задачи посредством сопоставления наблюдаемых и прогнозируемых значений гидрологических характеристик с их критическими величинами. В этом же контексте следует рассматривать «узкое» определение ОГЯ, которое дано в [27], и ему подобных. В нем к опасным гидрологическим явлениям относят те из них, которые сопровождаются либо высокими уровнями воды, превышающими величины особо опасных уровней воды для конкретных населенных пунктов и хозяйственных объектов, либо низкими уровнями, которые по своей величине ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в течение 10 дней и более.

Иногда в литературе встречается термин «экстремальное гидрологическое явление» (ЭГЯ). Вообще экстремальным считается любое событие в природной системе, приобретающее сравнительно большое отклонение от среднего состояния или значения. Оно может представлять опасность для природной системы, населения, производственной сферы или не быть опасным, как низкое половодье или высокая межень. В этом контексте ЭГЯ охватывают более широкий перечень гидрологических явлений по сравнению с ОГЯ. В работе [28] экстремальное гидрологическое явление – это такое количественное или качественное состояние водных объектов, элементов гидрологического режима территории (акватории), которое кардинально отличается от обычного, от среднего. Данный термин удобен для обозначения и тех гидрологических явлений, которые по своим характеристикам уже считаются экстремальными, но к ущербу не привели, и тех, которые следует квалифицировать уже как опасные. Тем не менее использование этого термина требует осторожности.

#### 1.4. Бедствие и катастрофа

Достижение опасным природным процессом экстремальной по своим характеристикам стадии может привести (или уже привело) к *стихийному бедствию* либо природной катастрофе. *Лингвистические различия между этими понятиями у разных специалистов, научно-прикладных дисциплин и служб не всегда четкие, и вряд ли эту границу можно провести. И нужно ли? Единственно, что их объединяет, это сам факт наступления события и его причина* – природный процесс, или их совокупность.

Согласно международной практике [20; 29], бедствие – это событие, которое серьезно нарушает жизнь людей и, в целом, местных сообществ, общества, является причиной жертв среди населения, а также обширного материального, экономического или экологического ущерба и воздействия, которые превосходят способность местного сообщества справиться с ним собственными силами, требуют оказания внешней помощи. Это наиболее удачное и емкое определение, в сравнении с изложенными в [26; 18]. В случае же особенно крупных потерь, разрушений, человеческих жертв, большой площади поражения и продолжительности (и т.п.) стихийные бедствия, вероятно, могут классифицироваться как катастрофические, как природные катастрофы. Пример – мощное землетрясение и вулканическое извержение, гигантское цунами, падение метеорита, наводнение регионального и даже национального масштаба, и т.п. Но еще раз следует подчеркнуть, что, во-первых, универсальных и общепринятых критериев разделения событий на стихийные бедствия и природные катастрофы нет. Во-вторых, как и в случае с неблагоприятными событиями, их следует рассматривать как один из подвидов опасных природных процессов, но с наиболее тяжелыми, катастрофическими, возможно необратимыми последствиями. Кроме того, нельзя забывать, что у понятия «природная катастрофа» есть еще и экологическая трактовка, не имеющая в явном виде отношения к человеку и плодам его деятельности. Согласно ей, природная катастрофа – это потеря устойчивости природной системы; комплекс изменений в природной системе, которые ведут к ее деградации, невозможности возвращения в исходное состояние, разрушению и исчезновению; одним из начальных этапов его развития является кризис [16].

#### 1.5. Чрезвычайная ситуация

В нормативных документах, разработанных для служб, занимающихся защитой населения, объектов экономики и территорий от природных и техногенных угроз, смягчением и ликвидацией последствий, оказанием помощи населению, рядом других функций, а также в нормативной лексике властей и в некоторых современных энциклопедических словарях развитие опасного природного процесса и достижение им стадии, трактуемой уже как ОЯ, как опасное событие, обозначается как чрезвычайная ситуация (ЧС). Под ЧС понимается обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или уже повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [22; 26; 16]. Таким образом, к ЧС могут относить как обстановку, сложившуюся на определенной территории в предшествующий период, в течение которого осуществлялся комплекс ме-

роприятий, направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения ЧС, так и во время и после окончания опасного природного явления, даже если опасное его развитие было практически предотвращено, например благодаря оперативно сооруженным береговым дамбам. ЧС различают по характеру источника – природные, техногенные, биолого-социальные и военные, по масштабу – локальные (местные), бассейновые, региональные, национальные и трансграничные. Частным случаем ЧС является чрезвычайная гидрологическая ситуация (ЧГС).

### *1.6. Ущерб*

Главным и ощутимым эффектом (для населения, объектов и субъектов экономики, территории и окружающей природной среды) реализации опасных природных процессов служат разного рода последствия – социальные, экономические и экологические ущербы. Ущерб социальный – это безвозвратные и санитарные потери людей, материальные потери личной собственности, затраты на лечение пострадавших и на восстановление трудоспособности, морально-психологические издержки и снижение уровня жизни [23]; ущерб экономический – это материальные потери и затраты, связанные с повреждениями (разрушениями) объектов производственной сферы экономики, ее инфраструктуры и нарушениями производственно-кооперационных связей; ущерб экологический – это ущерб, нанесенный окружающей природной среде. Различают также прямой и косвенный ущерб.

## **2. Классификации опасных гидрологических процессов в устьях рек**

Опасные гидрологические процессы в устьевых областях рек неоднородны по своему составу. Во-первых, они вызываются разными причинами и поэтому относятся к разным генетическим типам. Их можно объединить в семь больших групп: наводнения, обмеления, опасные ледовые процессы, опасные морфодинамические процессы, подтопление и в целом опасные изменения уровня грунтовых вод, опасные гидродинамические процессы на устьевом взморье, изменение минерализации и химического состава поверхностных и подземных вод, – с выделением внутри почти каждой из групп отдельных, различных по своему характеру и происхождению ОГП (рис. 1). Часть процессов возникает и существует за счет внешнего массо- и энергопереноса (рис. 2). В зависимости от степени участия в ОГП морских, речных и местных (физико-географических) факторов, в зависимости от района их проявления рассматриваемые процессы можно дополнительно разделить на речного, морского и местного происхождения, на образующиеся, или достигающие наибольшей интенсивности на устьевом участке и взморье (рис. 2, 3). По происхождению ОГП можно дополнительно делить на исключительно природные или антропогенные, либо природно-антропогенные.

Во-вторых, ОГП различают по внезапности возникновения, продолжительности развития и существования. Они могут быть практически мгновенными (секунды, минуты), кратковременными (от нескольких часов до 1,5–2 недель, с делением на 3 масштаба времени), сезонными или внутригодовыми, многолетними (от одного года до нескольких лет) и внутривековыми (от одного до нескольких десятилетий) или проявляться в масштабах исторического времени (рис. 4). При сравнении ОГП по временным критериям учитывают также случайность или систематичность, эпизодичность или периодичность их возникновения.

В-третьих, ОГП различают по размерам охваченной воздействием территории (или акватории). Выделяют процессы локальные, районного масштаба, региональные, национальные, трансграничные, континентальные и глобальные. По характеру охвата и набору векторов измерения они могут быть точечными, линейными, пространственными и объемными.

В-четвертых, по тяжести воздействия (последствий) – по числу пострадавших и погибших, по масштабу разрушений, по степени и необратимости нарушения привычного уклада жизни людей и хозяйственной деятельности, по размеру материального и нематериального ущерба, по размерам зоны поражения, продолжительности и другим своим энергетическим характеристикам – процессы ранжируют от малоопасных (или небольших, неблагоприятных, легчайших и т.п.) до катастрофических (или выдающихся, уничтожающих и т.п.). По этому вопросу существует очень много подходов и градаций.

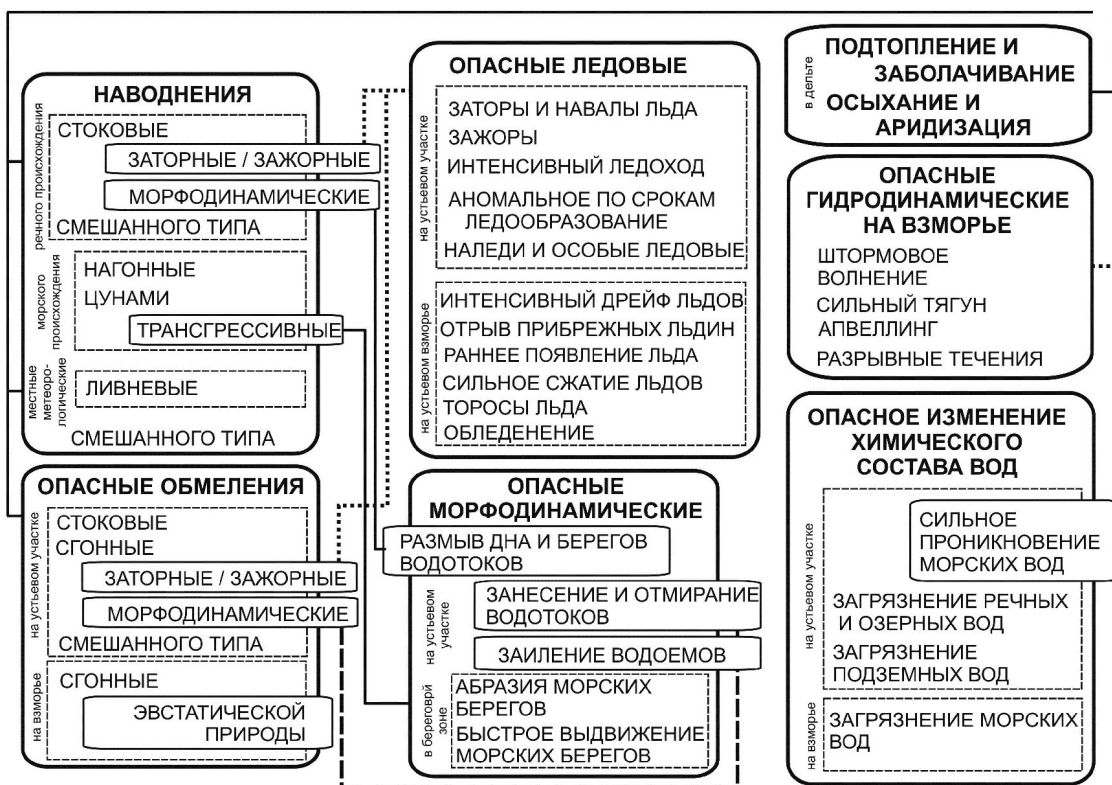


Рисунок 1 – Типизация опасных гидрологических процессов (явлений) в устьях рек и на морских побережьях

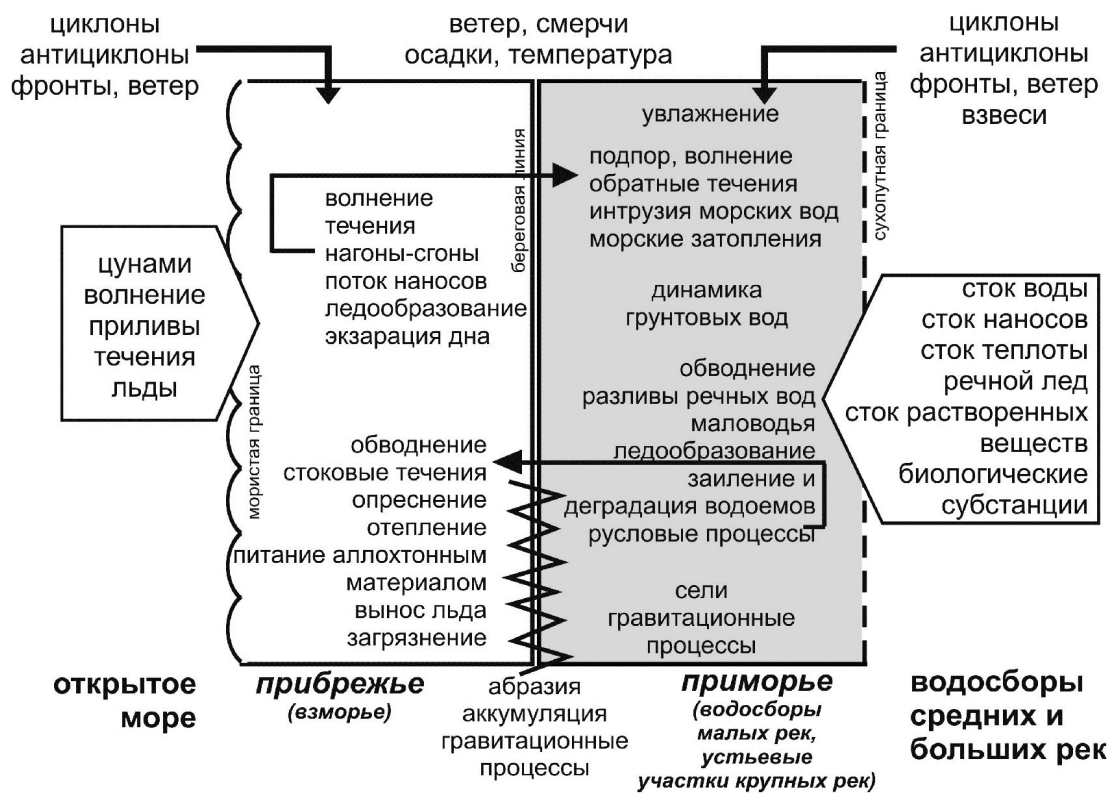


Рисунок 2 – Гидрологические процессы в устьях больших и средних по размеру рек (или на побережьях) и их источники



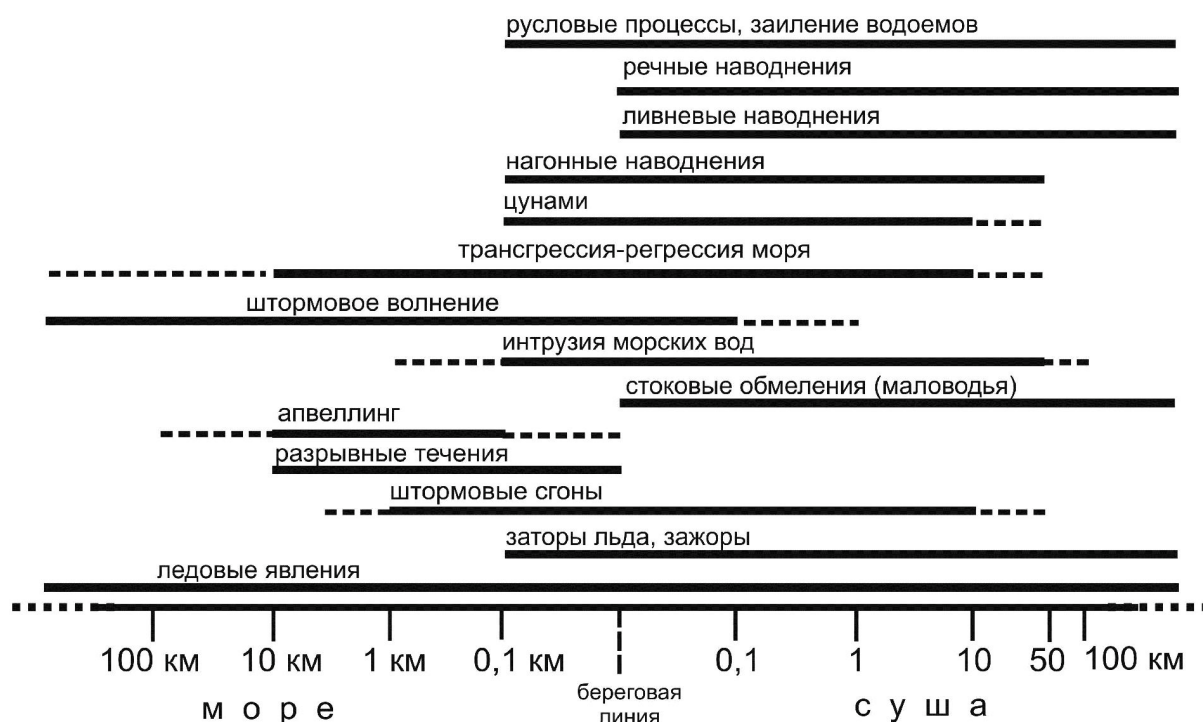
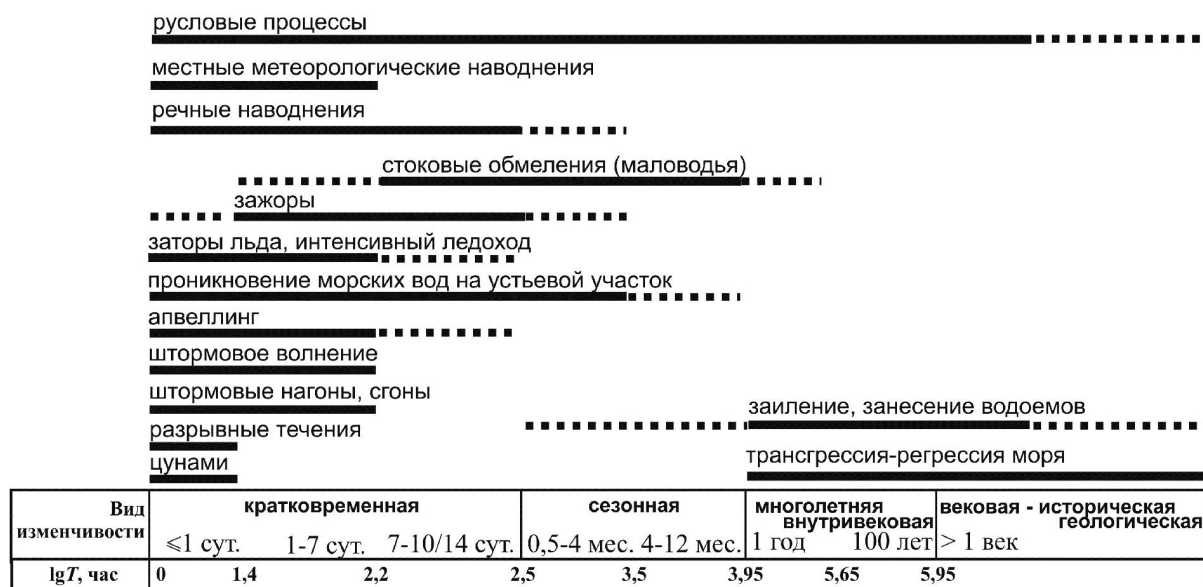


Рисунок 3 – Границы участков с разными опасными гидрологическими процессами в устьях рек



Вид изменчивости	кратковременная			сезонная		многолетняя внутривековая		вековая - историческая геологическая
	≤1 сут.	1-7 сут.	7-10/14 сут.	0,5-4 мес.	4-12 мес.	1 год	100 лет	> 1 век
lg T, час	0	1,4	2,2	2,5	3,5	3,95	5,65	5,95

Рисунок 4 – Временные масштабы протекания опасных гидрологических процессов в устьях рек

Особенно опасными гидрологическими процессами, вызывающими наибольший ущерб, приводящие к человеческим жертвам, считаются речные наводнения, штормовые нагоны и цунами. Меньший ущерб связан с штормовым волнением, заторами льда, местными ливневыми наводнениями, длительным маловодьем, разрушением берегов, загрязнением природных вод. Еще менее опасными признаются, например, штормовые сгоны, подтопление, зажоры, обледенение морских судов и платформ; а малоопасными – проникновения морских вод на устьевой участок и апвеллинг. Безусловно, здесь перечислены не все ОГП.

### 3. Типы опасных гидрологических процессов в устьях рек

#### 3.1. Наводнения

Наводнения сопровождают развитие человеческого общества с древнейших времен и по своей частоте, масштабам и разрушительным последствиям возглавляют список опасных природных процессов. Первое известное человечеству масштабное наводнение – библейский «всемирный потоп».

##### 3.1.1. Вопросы терминологии и классификации

Термин «наводнение» – один из немногих, формулируемых именно с позиции конфликта человека и природы, где человек и результаты его деятельности чаще рассматриваются как потерпевшая сторона. Поразительна однозначность толкования термина «наводнения» в разных источниках, включая зарубежные, в то время как самому слову «наводнение» в той же англоязычной литературе есть несколько альтернатив. В отечественной практике сложность создает не всегда корректная замена термина такими понятиями, как «затопление», «заливание», «разливы», «высокие воды» и даже «подтопление». Подробно этот вопрос рассмотрен в [30]. В целом, под наводнением следует понимать временное затопление освоенной человеком территории, вызывающее отрицательные последствия социально-экономического и экологического характера, выражающиеся в материальном и нематериальном ущербе [12; 31; 32].

Но не все так просто! Так, в нормативных документах, разработанных Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [25; 17], понятия «наводнение» нет! Есть очень большие расходы воды обеспеченностью менее 10 % и высокий уровень. Причем последний рассматривают и как опасное гидрологическое явление, и как некую критическую отметку, превышение которой ведет к затоплению речными водами пониженных участков местности, сельскохозяйственных угодий, автомобильных и железных дорог, к нарушению нормальных условий эксплуатации гидротехнических сооружений и хозяйственных объектов. Для каждого гидрологического поста и участка реки критические отметки индивидуальны. Их устанавливают местные службы, органы власти и заинтересованные организации и предприятия. Обычно назначают неблагоприятную, опасную и реже особо опасную отметки. Первая предполагает выход воды на пойму и начало затопления мало значимых объектов, вторая – начало затопления уже крупных хозяйственных объектов, элементов инфраструктуры, серьезное осложнение сельскохозяйственной деятельности и т.п., третья – затопление жилых зданий и важных хозяйственных объектов. Причем в [17], заменившем [25], понятие «высокий уровень» заменено на «половодье» и «паводки», что еще больше вводит в заблуждение даже специалистов, поскольку у этих понятий есть вполне конкретные, давно утвержденные определения, никак не связывающие их напрямую с ОГП. К сожалению, подобный подход встречается и в ряде документов МЧС [27].

Затопление водой земель, не сопровождающееся ущербом, следует считать заливанием [1; 33; 16]. Это более-менее регулярное гидрологическое событие, сопровождающее в естественных условиях и на неосвоенных территориях соответствующие фазы водного режима реки – половодье и паводки. Оно может, наоборот, формировать позитивный эффект, обводняя пойменные нерестилища, увлажняя и удобряя почву. То же можно сказать и о периодическом затоплении морскими водами приливной осушки. Синонимом «заливания» можно считать «разлив реки, озера» [12; 16].

Собственно же затоплением официально обозначают «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» [34; 12; 35; 15; 16].

Непосредственная причина наводнений – достижение уровнем воды критической отметки  $H_{\text{крит}}$ , выше которой возникает социальный, экономический и экологический ущерб. Факторов, приводящих к опасному повышению уровня воды, много. Соответственно им и водным объектам предлагается выделять наводнения речные (сто-

ковые, заторные, морфодинамические), морского происхождения (нагонные, цунами, трансгрессивные), местные метеорологические и смешанного типа (рис. 1). Эту генетическую классификацию ОГП можно еще больше дробить и детализировать, например, указав сам процесс, фазу водного режим, время года и др. Кроме того, наводнения в устьях рек могут иметь исключительно природное, антропогенное или смешанное (природно-антропогенное) происхождение.

Обязательно в типизации наводнений необходимо учитывать его масштаб протекания и воздействия (интенсивность, магнитуду, пространственный охват), структуру и размер ущерба. В отечественной гидрологической литературе обычно различают небольшие, большие, выдающиеся и катастрофические наводнения, ставя их в зависимость от повторяемости, относительной площади, глубины и продолжительности затопления поймы, реке – размера и характера ущерба [36; 31; 37; 27]. Лучше всего этот подход апробирован в отношении наводнений на средних и больших равнинных реках. Четыре класса наводнений предложены в работах [38; 15]. Они различаются по генезису, обеспеченности максимального уровня или расхода воды, структуре и величине ущерба. В монографии [32] выделены уже 5 категорий наводнений, учитывающих количество человеческих жертв, эвакуированных лиц, денежную величину ущерба, площадь затопления: небольшие, средние, большие, катастрофические и исторические. В различных ведомствах, страховых компаниях, за рубежом используют порой отличные градации наводнений и ЧС, например Министерством регионального развития предлагается различать опасные затопления лишь по значениям глубины затопления [39].

Наводнения и вызывающие их гидрометеорологические факторы могут инициировать другие опасные процессы, например переформирование речных русел, подтопление, ослабление грунтов и оползни, ухудшение качества воды и др.

### 3.1.2. Речные наводнения

К ним относят стоковые, заторные и зазорные, морфодинамические и смешанного типа.

Стоковые наводнения – самые распространенные в устьях рек, особенно в прошлом. Они отражают специфику годового водного режима рек, подразумевающего наличие одной или нескольких многоводных фаз (половодья, паводков), связаны с прохождением в реке больших расходов воды  $Q_{\text{макс}}$  и достижением максимальным уровнем  $H_{\text{макс}}$  опасных отметок:  $H_{\text{макс}} > H_{\text{крит}}$ . Обязательным условием отнесения наводнений к этому типу служит отсутствие в речном русле значительных подпорных эффектов, например со стороны заторов льда, заломов древесины, нагонов на взморье и др.

$Q_{\text{макс}}$  могут формироваться в период таяния сезонного снежного покрова, высокогорных снегов и ледников, вследствие обильного выпадения на водосборе дождевых осадков, при смешанном участии талых снеговых и дождевых вод. Для небольших горных и полугорных рек с очень небольшим временем добега, в случае ливневых осадков, разрушения водяных смерчей паводки могут трансформироваться во внезапные и очень опасные наводнения, именуемые за рубежом «flash flood» [40; 41]. Иногда причиной резкого и катастрофического увеличения  $Q$  в реке становится прорыв (спуск) завальных и ледниковых озер («прорывные наводнения»), аварийные сбросы из водохранилищ или прорыв гидротехнических сооружений напорного фронта («техногенные наводнения»). Они быстроразвивающиеся и разрушительные, с дополнительным поражающим фактором – мощным ударным воздействием волны прорыва, с большими объемами вовлеченных в поток наносов и мусора. Мгновенные дождевые и прорывные паводки и наводнения могут иметь селеподобный (селевидный) вид. Но их нельзя квалифицировать как сели, поскольку для этого процесса в селеведении определены вполне четкие критерии. В частности, такими критериями служат содержание взвесей в селях (селевых потоках) – от 10 до 75 % объема селевой смеси, плотность – от 1100 до 2500 кг/м<sup>3</sup> [12; 42]. Это противоречие особенно стало заметно после недавней серии крупных наводнений на небольших реках Северного Кавказа.

Размеры стоковых затоплений зависят, в первую очередь, от величины и продолжительности максимальных расходов воды, морфологии русла и поймы, их пропускной способности, высоты прирусловых валов, защитных и регулирующих сток сооружений. От года к году эти факторы могут изменяться – в силу многолетней есте-

ственной изменчивости стока воды, русловых переформирований, колебания уровня моря и под влиянием хозяйственной деятельности.

Негативный эффект стоковых наводнений в устьях рек увеличивается с размером реки, интенсивностью и продолжительностью самого события, при низких высотных отметках поймы, слабой защищенности территории и объектов, несвоевременной информированности и эвакуации населения.

Заторные и зажорные наводнения возникают по причине большого сопротивления беспрепятственному движению речных вод со стороны ледяных заторов и зажоров, т.е. в условиях подпорного эффекта. В результате уровень воды выше затора, даже при сравнительно небольших  $Q$ , может превысить  $H_{\text{крит}}$ . Ледяные заторы и зажоры образуются в руслах рек и дельтовых водотоков во время осеннего шугохода и ледохода, при вскрытии водотоков весной и весеннем ледоходе, дрейфе морских льдов в сторону устьев реки и дельтовых рукавов, их торошении на устьевых барах. Значительные заторные наводнения наблюдаются в случае мощных и устойчивых заторов при больших  $Q$ , сопутствующих весеннему половодью, зимним паводкам и интенсивному ледоходу. Поэтому обычно такие наводнения имеют смешанное происхождение и их следует называть стоково-заторными. Заторные и стоково-заторные наводнения бывают не только в устьях замерзающих и текущих на север рек, но и в устьях рек южных морей, несмотря на неустойчивый характер их ледового режима. Зажорные и стоково-зажорные наводнения присущи устьям рек, вытекающих из озер, зарегулированных крупными и недалеко расположенными водохранилищами.

Существование ледяных заторов непродолжительно (от 1 дня до нескольких суток), но причиняемый этими наводнениями ущерб нередко выше ущерба от стоковых наводнений: заторы плохо поддаются разрушению, наводнения происходят в холодное время года, при низких температурах воздуха и воды, интенсивном ледоходе. Отдельную опасность представляет давление и механическое воздействие больших масс льда на инженерные сооружения; навалы льда на берегах и эрозия берегов из-за подвижек и перемещения льдин в заторах; сильное понижение уровня воды ниже головы затора. Зажорные затопления обычно приходятся на конец осени и начало зимы, нередко завершаются замерзанием разлившейся речной воды в виде обширного ледяного поля.

В целом, для наводнений, развивающихся в условиях подпора (со стороны заторов льда, зажоров, заломов из древесины и мусора, скоплений обрушившихся в русло горных пород и ледниковых масс, берегового, или прибойного, вала) может быть применено еще одно определение – «подпорные наводнения».

К морфодинамическим наводнениям приводит прорыв шеек излучин, размыв берегов, прорыв прирусловых валов или защитных дамб, искусственные прокопы и прораны в берегах. Они происходят во время половодья и паводков, дополнительным условием могут служить заторы льда и интенсивный ледоход. Поэтому их сложно отделить от стоковых и стоково-заторных наводнений. Вероятность таких наводнений особенно велика в устьях рек, переносящих большое количество наносов, с легко размываемыми грунтами, находящихся в состоянии подпора со стороны приемного водоема, как например устья рек Каспийского моря во время подъема его уровня в 1978–1995 гг.

Речным наводнениям подвержены пойменные массивы вдоль основного русла реки и пониженные участки дельтовых угодий. Их продолжительность изменяется от нескольких суток до нескольких недель, а остаточные затопления могут сохраняться более длительное время. Основными характеристиками речных наводнений служат: 1) происхождение (генезис); 2) даты начала и окончания, сезон года; 3) максимальные уровень  $H_{\text{макс}}$  и расход  $Q_{\text{макс}}$  воды; 4) величина и продолжительность превышения максимальным уровнем критической отметки:  $H_{\text{макс}} > H_{\text{крит}}$ ; средняя и максимальная глубины затопления  $\Delta h$ , 5) обеспеченность ( $p$ , %)  $H_{\text{макс}}$  и  $Q_{\text{макс}}$ ; многолетняя и сезонная повторяемость событий заданной величины; 6) интенсивность подъема уровня воды  $\Delta H/\Delta t$ , 7) площадь затопления  $F_{\text{зат}}$ ; 8) продолжительность затопления  $T_{\text{зат}}$ , 9) наибольшие скорости руслового и пойменного потоков, 10) температура и мутность воды. Однако для прогноза и эффективного изучения речных наводнений, их градации, определения и ранжирования ущерба обычно используют минимальный набор рассчитываемых характеристик:  $H_{\text{макс}}$  и  $Q_{\text{макс}}$ ,  $p$  (%),  $\Delta h = H_{\text{макс}} - H_{\text{крит}}$ ,  $T_{\text{зат}}$  – поставляемых стационарной сетью наблюдений.

### 3.1.2. Наводнения морского происхождения

Морские наводнения за рубежом именуют прибрежными наводнениями («coastal floods, or inundations»). К ним относят нагонные наводнения, цунами-наводнения и реже – наводнения, связанные с относительно быстрой трансгрессией приемного водоема.

К нагонным наводнениям приводят штормовые нагоны воды со стороны моря. Штормовой нагон – это значительное повышение уровня воды в прибрежной зоне моря и соответственно на устьевом взморье реки под воздействием нагонного ветра, часто приводящее к размыву и разрушению грунтов, затоплению территории побережья и подпору воды в реках [26; 25; 17].

Различают несколько факторов возникновения штормовых нагонов [43]. Первая и наиболее традиционная ситуация – это относительно длительное сохранение над морем и прибрежной зоной благоприятного для мощного нагона воды ветрового режима: сильных ветров нагонного, или эффективного, направлений. Штормовой ветер и волнение, сильные течения, переформирование дна в судоходных каналах формируют дополнительные ущербы. Второй механизм формирования нагонов связан с быстрым перемещением над морем глубокого циклона и формированием им длинной свободной волны. Перемещаясь в сторону суши и деформируясь на мелководье, в проливах и заливах, она вызывает интенсивное повышение уровня воды даже при отсутствии сильного ветра. Такие волны и индуцированные ими нагоны еще называют метеорологическими приливами, или метеорологическими цунами. Они развиваются по более спокойному сценарию, сопровождаются меньшим динамическим воздействием на объекты, берега и речные русла. Иногда приливная, ветровая, длинноволновая и сейшевая составляющие складываются, формируя наиболее опасные нагонные наводнения. Есть еще третья составляющая – статическая реакция уровня поверхности моря на изменения атмосферного давления при прохождении циклона, эффект так называемого «обратного барометра». Но ее вес невелик.

Чаще всего штормовые нагоны и нагонные наводнения бывают поздней осенью, в период усиления циклонической активности и соответственно ветров. Нагоны особенно опасны в устьях рек с мелководным взморьем, с пологими и невысокими берегами, при полузакрытых устьевых взморьях с низменными берегами. В случае приглубых взморьев и низменных, с большими уклонами берегов, речь идет не о нагонах, а о штормовых нагонных накатах. Существенным препятствием для развития нагонных наводнений является ледостав на устьевом взморье.

Цунами-наводнения вызывают волны цунами – морские, гравитационные, длинные волны (единичные, чаще серией) сейсмического, или вулканического происхождения [26; 14; 44; 25; 16]. Мощные цунами приводят, как правило, к более высоким, по сравнению со штормовыми нагонами, очень быстрым и кратковременным подъемам уровня воды на устьевом взморье. В результате происходит катастрофическое и разрушительное затопление устьевой суши и низменных побережий, с большими скоростями и реверсивным характером перемещения огромных масс воды и захваченных потоком наносов и различного «мусора». Длится цунами-наводнение относительно недолго – от нескольких десятков минут до часа и более. Поражающие факторы цунами – удар волны, гидродинамическое давление потока воды, размывание грунтов, затопление территории, подпор воды в реках [45].

Причинами цунами могут быть землетрясения (95 % случаев), вулканические извержения взрывного характера, подводные склоновые смещения больших масс горных пород, падение метеоритных тел, подводные атомные взрывы [14; 44]. К цунами можно отнести и так называемые «волны вытеснения» в озерах и водохранилищах, морских заливах при внезапном обрушении в них большого объема горных пород, или ледниковых масс [30]. Высота волн цунами в открытом океане не превышает 1–2 м [14; 44]. У побережья она составляет от нескольких десятков сантиметров до 50 м. Скорость распространения волны цунами – сотни километров в час; максимальная скорость реверсивных течений на затопленной суше – свыше 20 км/ч. В сознании не специалиста, цунами – это всегда стихийно-разрушительное явление, тогда как опасность представляют только очень высокие волны, сравнительно редкой повторяемостью. К

сожалению, такой взгляд, или по крайней мере некорректную трактовку понятия, можно встретить и в серьезных трудах [24; 17].

Наводнения, связанные с трансгрессией приемного водоема, не могут считаться обычными наводнениями. Это, по сути, длительный процесс (или совокупность процессов), связанный либо с опусканием суши, либо с поднятием морского дна, либо с эвстатическим изменением уровня моря. Причем затопление суши происходит не только вследствие повышения уровня моря и разлива морских вод (пассивное затопление), но и вследствие переработки и абразии берегов (активное затопление).

К трансгрессивным затоплениям население и производственная сфера, как правило, успевают адаптироваться. Тем не менее они приводят к различным ущербам из-за необходимости переноса объектов, инфраструктуры и проведения защитных мероприятий, вынужденного переселения людей, потери ценных приморских угодий, активизации других опасных процессов, например подтоплений. Очень быстрое наступление вод приемного водоема характерно лишь для устьев озерных рек и впадающих в Каспийское море [46].

Морские наводнения охватывают приморскую полосу побережья и пологие и невысокие берега устьев рек. Для побережий с крутыми и высокими берегами морские наводнения серьезной угрозы не представляют, но устьевые участки рек и дельты, как правило, к ним не относятся. Этим наводнениям благоприятствуют отмельность прибрежной зоны, сужение эстуария к своей вершине, совпадение во времени нескольких процессов, приводящих к росту уровня, одинаковая ориентация устья и доминирующих в течение года сильных ветров и др. Кроме того, морские воды наиболее далеко проникают на приморских участках, занятых водоемами и болотами, слабо заросших кустарниковой и тростниковой растительностью, не защищенных дамбами, дорожными насыпями и т.п. Но затопление во время нагонных и цунами наводнений обеспечивают не только морские, но и подпертые речные воды. Помимо затопления территории и объектов, цунами и штормовые нагоны интенсифицируют размыв и разрушение берегов, эрозию почвогрунтов, приводят к засолению почв и ухудшению их плодородия, осолонению подземных и поверхностных вод.

Основные гидрологические характеристики морских наводнений примерно те же, что и у речных, за исключением расходов воды. В то же время, для штормовых нагонов важное значение также имеют сведения по: 1) силе, направлению и длительности ветров; параметрам ветрового волнения, скоростям течения, 2) величине нагона (рассчитывается относительно среднемноголетнего месячного уровня, или предшествующего нагону уровня), 3) глубине проникновения морских вод и длине морских берегов, подвергшихся затоплению. При анализе распространения нагонного повышения уровня в реку и рукава дельты важно знать также расход воды  $Q$  и стоковый уклон водной поверхности в период, предшествующий событию. Для цунами важной дополнительной информацией, помимо перечисленного, являются сведения об эпицентре землетрясения, магнитуде цунами вблизи ее источника, скорости распространения и периоде волны. Для штормовых нагонов обычно выделяют 4 градации опасности, для цунами – от 5 до 6 [24; 30; 44].

#### *3.1.4. Местные метеорологические наводнения*

Эти наводнения вызываются местными метеорологическими, гидрогеологическими и другими физико-географическими факторами. Их стали выделять относительно недавно в связи с учащением сильных ливневых затоплений урбанизированных территорий и ростом ущерба. Основные здесь наводнения ливневого генезиса. К ним приводит сочетание выпадающих над освоенными районами интенсивных или продолжительных дождей и «неспособности» территории быстро отвести дождевую воду в поверхностные и подземные водные объекты. Последнее происходит по разным причинам. Либо дождевые воды не успевают впитываться в почву и сбрасываются в гидрографическую сеть из-за их ливневого характера, либо отсутствуют условия для их впитывания в уже водонасыщенные почвогрунты. Иногда оттоку дождевых вод и сбросу их в русловую сеть и приемный водоем препятствуют малые уклоны поверхности, например в дельтах рек, а также защитные дамбы и валы вдоль русел рукавов,

дорожные насыпи. Критерии неблагоприятных и опасных осадков, общенациональные и региональные, Росгидрометом разработаны [17].

Масштаб ливневых наводнений возрастает в городах (с измененным характером поверхности и, по сути, с ограниченной инфильтрацией в почвогрунты), при плохом функционировании ливневой канализации. Поэтому в явной и опасной форме они встречаются именно в населенных пунктах, их повторяемость увеличивается с ростом площади урбанизированных территорий. Неслучайно за рубежом их относят к категории «городских наводнений» («urban floods, or inundations»), в которую некоторые источники включают и другие наводнения, которые происходят в городах [40]. Хотя это и не всегда верно. В зарубежной литературе есть еще одно понятие, обозначающее такие наводнения – «дренажные наводнения».

Они характеризуются слоем, интенсивностью и продолжительностью осадков, глубиной залегания грунтовых вод, площадью, глубиной и продолжительностью затопления, скоростями и направлением стекания дождевых вод в русловую и дренажную сеть.

Часто ливневые и стоковые наводнения совпадают во времени, особенно в бассейнах небольших рек, поскольку их генерирует один и тот же циклон или атмосферный фронт. В результате затопление освоенной территории происходит как дождевыми водами (порой в виде мощных склоновых потоков глубиной до нескольких десятков сантиметров), так и речными водами. И разделить их невозможно. В этом случае речь идет уже о смешанном типе наводнений. Он довольно распространен на Дагестанском и Черноморском побережьях России. За рубежом их обозначают «pluvial inundations».

### *3.2. Опасные обмеления*

Возникают в случае снижения уровня воды ниже критической отметки, или в связи с критическим уменьшением глубин. Последнее может и не иметь отношения к колебаниям уровня воды, а быть следствием аккумуляции наносов и повышения отметок дна в речном русле, озере, судоходной или рыбоходной прорези на устьевом взморье. Опасные обмеления традиционного типа сопровождаются продолжительными маловодьями, сильными ветровыми сгонами, реже – мощными зажорами и заторами, образовавшимися выше по течению, быть результатом протекания нескольких процессов (рис. 1). Обычно они не приводят к человеческим жертвам, но ущерб от них может быть очень большим.

#### *3.2.1. Штормовые сгоны*

К штормовым сгонам относят значительные снижения уровня воды в реке, дельтовых рукавах и на устьевом взморье, вызванные либо непосредственным воздействием сильных ветров сгонного направления на водную поверхность, либо вследствие сейшевых колебаний уровня поверхности моря [24; 17; 25]. Это непериодический процесс.

Штормовые сгоны неблагоприятны для хозяйственной деятельности, хотя и не в такой степени как штормовые нагоны, создают помехи для судоходства и работы водозаборов, негативно влияют на рыбное хозяйство и, в целом, аквальные биоценозы. Сгоны сопровождаются осушением (в той или иной степени) части приморской суши и русел. Масштабы этого и в целом последствий от сгонов возрастают в условиях отмелой прибрежной зоны, продолжительных и сильных ветров сгонного направления, «благоприятной» для ветров ориентации устья, залива и моря. На приглубом взморье ветровой сгон, т. е. связанный с перемещением больших масс воды, может приводить к подъему более соленых и холодных глубинных вод, т. е. к апвеллингу. Препятствием для развития сгонов служат обширные устьевые баровые отмели [1]. В сравнении с нагонами, продолжительность сгонов в среднем больше, спад уровня более плавный, величина обычно меньше. Основными гидрологическими характеристиками штормовых сгонов являются во многом те же, что и у штормовых нагонов, только с обратным знаком и значением. При ранжировании сгонов по степени опасности обычно используют 2–3 градации.

#### *3.2.2. Маловодья*

Серьезную опасность для природных систем, населения и хозяйственного комплекса устьевых областей рек, особенно на юге, представляют маловодья и гидроло-

гические засухи. Маловодье – неблагоприятный и даже опасный гидрологический процесс, вызываемый длительным дефицитом речных и нормативно чистых вод, стоковым снижением уровня воды в реке и рукавах, а также в водоемах, до неблагоприятных и опасно низких отметок [24; автор статьи]. В [25; 17] оперируют другими терминами – низкая межень, или низкий уровень воды продолжительностью не менее 10 сут., а также очень малые расходы воды обеспеченностью не менее 90 %. Причем понятие «низкий уровень» распространяется на случаи критического падения уровня воды как в реках, так и в других водных объектах. В гидроэкологии и рыбохозяйственной отрасли научно обоснована и введена в употребление своя система важных понятий, заменяющих не всегда количественно определенный термин «маловодье»: «минимально допустимый», «экологически допустимый», «экологически предельно допустимый», «экологически критический» и «экологически катастрофический» сток воды реки [47; 16]. Они обозначают некое обязательное количество воды, необходимое для обеспечения экологического благополучия водного объекта, его обитателей и околородных экосистем, а также для поддержания необходимых условий водопользования. Снижение стока воды ниже этих величин вызывает те или иные негативные последствия.

Естественные причины маловодий – это продолжительное (от нескольких недель до нескольких лет) сохранение жаркой и сухой погоды. В этих условиях происходит истощение запасов воды в русловой сети, водоемах и подземных водоносных горизонтах, иссушение верхнего наиболее плодородного слоя почвы, развитие почвенной засухи. Нередкими становятся пыльные бури, сопровождающиеся возрастающими потерями для почвенного покрова и растениеводства. Чаще маловодья случаются в меженные периоды, но маловодными могут быть и низкие половодья с недостаточными объемами стока и заливанием пойменных лугов и нерестилищ. Негативные последствия дефицита воды усиливаются в случае серии маловодных лет и при крупном хозяйственном изъятии части водного стока.

Экстремально негативной формой длительного маловодья является пересыхание малых рек и дельтовых водотоков. Пересыхание водотока – полное прекращение стока в речном русле. Оно наступает тогда, когда на фоне большой водопоглощающей способности почвы выпадение дождей не формирует сколько-нибудь значительного поверхностного стока и пополнения запасов дренируемых рекой подземных вод. Они истощаются на грунтовый сток, испарение и просачивание ниже зоны дренирования [12]. Более крупные реки в период пересыхания разбиваются на ряд разобщенных между собой плесов.

Маловодья нарушают нормальный режим водоснабжения населения и промышленных предприятий, затрудняют функционирование оросительных систем и водного транспорта. Они сопровождаются снижением урожайности сельскохозяйственных культур, приводят к уменьшению степени обводнения дельтовых водоемов и увеличением солености воды на устьевом взморье, ослаблением сопротивления реки к проникновению на устьевой участок морских вод, приливных и нагонных колебаний уровня. В условиях дефицита воды ухудшаются разбавляющая способность и качество природных вод, условия обитания гидробионтов, происходит массовое размножение насекомых-вредителей и ухудшается эпидемиологическая обстановка. Но необходимо понимать, что разных участников водохозяйственного комплекса, в разные водохозяйственные сезоны понимание маловодья свое: по объемам стока и продолжительности периода с требуемыми расходами воды.

Размеры ущерба при маловодьях зависят от величины и продолжительности уменьшения  $Q$  в реке и дельтовых водотоках, истощения запасов воды в водоемах и болотах дельты, снижения уровня подземных вод, гарантированного объема водопотребления и естественных потребностей устьевых биоценозов в воде. Наиболее подвержены маловодьям устья южных рек России. В устьях крупных транзитных рек, в сравнении с малыми, маловодья случаются реже и не такие глубокие. Это же наблюдается у зарегулированных рек.

Главными характеристиками маловодий являются: 1) минимальный объем стока и расходы воды  $Q_{\text{мин}}$  при разном периоде осреднения (сутки, 10 сут., 30 сут.), их обеспеченность  $p$  (%), 2) минимальные уровни в водотоках  $H_{\text{мин}}$  и их обеспеченность, 3) величина различия  $H_{\text{мин}}$  и  $H_{\text{крит}}$ , 4) продолжительность и сезонность.



### *3.2.3. Особые виды опасных обмелений*

Обмеления и какие-либо ущербы из-за образования на выше расположенных участках реки зажоров или заторов льда – редкие, не очень продолжительные и незначительные по величине в устьях рек события. Автор встретил в литературе лишь несколько упоминаний о крупных обмелениях (в прошлом) в связи с выше указанной причиной – на устьевом участке р. Невы.

Особое место в перечне рассматриваемой группы процессов занимают обмеления в прибрежной зоне по причине поднятия дна или эвстатического падения уровня моря. Как и в случае с трансгрессией моря, это больше геологический процесс. Но есть и исключения. Например, сравнительно быстрые понижения уровня воды присущи озерам, особенно бессточным, Аральскому и Каспийскому морям. В последнем случае неблагоприятный характер для населения, производственной деятельности и объектов, береговых и устьевых экосистем этот процесс приобрел в период с 1930 по 1977 г.

### *3.3. Опасные ледовые процессы и объекты*

На устьевом участке реки, включая дельту и ее водотоки, – это образование внутриводного льда и шуги, заторы льда и зажоры, интенсивный ледоход, аномальное по срокам ледообразование и позднее вскрытие судоходной реки, наледи, особые ледяные образования и явления повторяемостью не чаще 1 раза в 10 лет, наносящие ущерб хозяйственным объектам, осложняющие ведение хозяйственной деятельности: навалы льда на берегах вблизи населенных пунктов, гидротехнических, портовых и других сооружений, массовое образование внутриводного льда вблизи ГЭС и водопроводов, промерзание до дна водотоков и водоемов [51; 25; 17]. Нередко одно ледовое явление переходит в другое. На устьевом взморье перечень таких процессов и объектов включает интенсивный дрейф льдов, отрыв прибрежных льдин в местах выхода на них людей и вынос их в море, раннее появление льда, непроходимые на судовых трассах и в районах промысла льды, сильное сжатие льдами, обледенение морских судов и платформ, ледяные завалы и торосы.

Они характерны для всех устьев страны, в том числе южных. В зоне их влияния находятся объекты и хозяйственная деятельность на акватории, по берегам рек и морей. Но в случае нарушения, например, работы ГЭС или водозаборных сооружений территориальный охват и ущерб от их проявления существенно увеличивается. Опасные ледовые процессы и объекты могут напрямую наносить ущерб, оказывая статическое и механическое воздействие на берега и дно рек, озер и морей, на сооружения, напрямую ограничивая водопользование, так и быть причиной возникновения других ОВП, например наводнений. Наиболее опасными считаются зажоры и ледяные заторы. Их относят к гидродинамически опасным объектам, которыми называют сооружения или естественные образования, создающие разницу уровней воды до и после него [24].

#### *3.3.1. Зажоры и заторы льда*

Зажор – скопление в русле реки рыхлого ледяного материала (комьев шуги, внутриводного и мелкобитого льда), вызывающее стеснение водного сечения потока и связанный с этим подъем уровня воды выше и спад уровня ниже по течению [13; 17; 12]. Зажор формируется обычно поздней осенью и в начале зимы, перед кромкой продвигающегося вверх по течению ледяного покрова.

Зажоры на средних реках вместе с шугой и внутриводным льдом нарушают работу водозаборных станций и ГЭС, забивая водопропускные отверстия, снижая напор, но не приводят к масштабным наводнениям. На крупных реках с быстрым течением, вытекающих из озер, в нижних бьефах водохранилищ, зажорные уровни могут быть значительными, как и генерируемые ими затопления и наводнения. Пример – устьевой участок р. Невы. Зажоры создают опасные последствия гораздо реже, чем заторы льда.

Затор льда, или ледяной затор – многослойное скопление крупных и мелкобитых льдин в речном русле, образующееся преимущественно во время весеннего ледохода, стесняющее живое сечение русла и вызывающее подъем уровня воды на участке и выше затора [50; 49; 13; 17; 12; 48]. Осенние и зимние заторы наблюдаются редко. Затор состоит из замка затора, головы (собственно затора) и хвостовой части. Опасен

не только заторный подъем уровня воды, динамическое и статическое давление и воздействие ледяных масс на берега и сооружения, но и резкий прорыв мощного затора с формированием волны прорыва.

Причин и условий, порождающих заторы, много и почти все они в той или иной мере присутствуют в устьях рек [49; 2]. Их объединяют в 5 основных групп: морфологические, гидравлические, гидрографические, гидрометеорологические и антропогенные. В целом же, для образования ледяных заторов необходимы сравнительно большие массы льда при ледоходе (чего предостаточно в устьях рек, куда поступает речной лед со всего бассейна) и наличие препятствий для движения льдин (в устьях рек их даже больше, чем на обычных речных участках). Кроме того, устьевым участкам присущи переломы уклонов водной поверхности.

В устьях южных рек ЕЧР сочетаются условия и факторы, как уменьшающие, так и увеличивающие вероятность образования заторов льда. К первым можно отнести: мягкие зимы и, как следствие, иногда отсутствие ледостава и ледохода, часто редкий и непродолжительный ледоход, небольшая толщина льда; вскрытие реки и рукавов на ранней стадии весеннего половодья при относительно небольшой водности и сильно разрушенном солнечной радиацией ледяном покрове, с продвижением вверх по реке. Наоборот, способствуют заторообразованию наличие большого ледосборного участка выше устья, резкое уменьшение уклона водной поверхности, паводки зимой, разновременность вскрытия реки и дельтовых рукавов, своеобразные особенности морфологии и морфометрии реки и рукавов, засоренность русел подмытыми и упавшими в воду деревьями, мелководные устьевые бары и торшение на них речного и морского льда. В устьях северных рек существенно меньше факторов, противодействующих заторообразованию. Наоборот, дополнительно способствуют образованию заторов, причем очень мощных, вскрытие ледяного покрова реки от верховьев к низовьям и многочисленные зажоры осенью, мощный ледяной покров и др.

Основными характеристиками заторов и зажоров служат [49; 51]: 1) повторяемость заторообразования (в течение года и за многолетний период); 2) максимальный уровень воды  $H_{\text{макс}}$  и величина заторного повышения уровня воды  $\Delta H_{\text{затоп}}$  (она же характеризует мощность затора/зажора), его обеспеченность  $p$  (%); 3) даты заторов, длительность, 4) местоположение участков заторообразования; 5) толщина затора/зажора и зашугованность русла, количество льда и расход шуги, протяженность затора/зажора и др. Неотъемлемой частью мониторинга заторообразования должны быть наблюдения за температурой воздуха, силой и направлением ветра, за ледовой обстановкой, уклонами водной поверхности и скоростями течения, расходами воды, за сопутствующими заторам (зажорам) гидрологическими явлениями.

### *3.3.2. Другие опасные ледяные объекты и ледовые процессы*

В отношении других опасных ледовых процессов и объектов можно кратко указать следующее. Раннее ледообразование – экстремально раннее появление льда и образование ледостава на судоходных реках, озерах и водохранилищах [17]. Дата раннего ледообразования для конкретного пункта назначается исходя из повторяемости этого события не чаще одного раза в 10 лет. В последнее время, из-за потепления климата и «смягчения» зим, неблагоприятным процессом становится, наоборот, позднее ледообразование, мешающее налаживанию ледовых переправ через реки, усиливающее осеннее зажорообразование и вероятность образования на этом участке заторов льда.

Наледь – слоистый ледяной массив в крупных подземных полостях, на поверхности земли и льда, в русле реки и на инженерных сооружениях, образовавшийся при замерзании периодически изливающихся природных (речных и подземных) и техногенных вод [39; 16]. Наледи широко распространены в районах присутствия многолетнемерзлых пород, с очень суровыми и малоснежными зимами, промерзанием рек, близким залеганием к поверхности подземных вод, со значительными площадями обломочных рыхлых отложений, с проявлением активной новейшей разломной тектоники. Иногда их появлению и развитию способствует техногенная деятельность. Наледи также образуются вследствие замерзания на берегах морских и озерных вод во время штормового волнения, нагонов, приливов. Наледи считаются опасными, если угрожают

постройкам, коммуникациям и затрудняют движение транспорта [25]. Эти критерии устанавливают УГМС (ЦГМС) в зависимости от эксплуатационных характеристик объектов [25]. Известны случаи, когда взрывы речных наледей приводили к гибели людей. Вместе с тем наледи рассматриваются и как природный ресурс: некоторые наледи существуют много лет и служат источником воды в летнее время [16]. Градации по размерам наледей, которые в том числе учитываются и в строительной практике, приведены в [24; 39; 16].

Сильное сжатие льдов – сжатие льдов в море, препятствующее безопасному проходу судов на морских трассах, используемых и зимой. Рассматривается степень сжатия льдов 3 балла и более [25]. Интенсивный дрейф морских льдов – дрейф больших ледяных полей (не менее 500 м в поперечнике) со скоростью не менее 1 км/ч [17]. Обледенение судов – быстрое и очень быстрое (при скорости нарастания корки плотного льда на конструкциях судна 2 см/ч и более) обледенение палубных конструкций судов, приводящее к переворачиванию судов в силу смещений их метacentра [17].

#### *3.4. Интрузия морских вод в эстуарии и на устьевой участок*

Это типично устьевой гидрологический процесс. Его характеризует сильное, на значительное расстояние проникновение морских вод (соленостью свыше 1 ‰) в реки, дельтовые водотоки, пресные водоемы, горизонты подземных пресных вод суши, создающее угрозу нормальному водоснабжению, пресноводным организмам [25; 16; с изменениями автора]. Для каждого устья критическая дальность проникновения и величина солености индивидуальны. Нет и единой предельной величины солености  $S_{кр}$ . Вода обычно признается питьевой, причем хорошей и удовлетворительного качества, если ее  $S < 1 ‰$ . Но воду еще разрешено считать питьевой, если ее соленость находится в диапазоне от 1 до 1,5 ‰ (допустимая для питья) и даже с величинами 1,5 ÷ 2,5 ‰ (допустимая для питья по необходимости) [52]. В промышленном и сельскохозяйственном водоснабжении предельные значения солености неодинаковые, но для оборудования, осуществляющего забор воды, в том числе на питьевые цели,  $S_{кр} = 1 ‰$ . Пресноводные аквальные биоценозы могут существовать при  $1 ‰ < S < 5 ÷ 8 ‰$  [53], но недолго.

Интрузия морских вод способна не только нарушить водоснабжение предприятий и населения (вследствие ухудшения качества воды по минерализации и химическому составу, из-за повышения агрессивных свойств воды), ухудшить условия существования пресноводных организмов, но и привести к усилению в зимний период зажорных явлений вследствие образования в воде внутриводного пластинчатого льда, к заилению отдельных участков судоходных каналов из-за изменений условий транзита взвеси, к засолению почвы дельтовых островов и полей в результате инфильтрации морских солей в грунты и др. Негативное воздействие усиливается со снижением речного стока, ростом приливной и нагонной активности, градиента плотности вод в зоне смешения, после углубления устьевых баров, в устьях и на побережьях с интенсивной откачкой подземных вод и снижением их гидравлического напора [54; 55; 1]. Уменьшают дальность и возможность проникновения морских вод ледяной покров, мелководность, закрытость и заполненность речными водами устьевого взморья, обширный и мелководный устьевой бар.

Характер проникновения морских вод в устья рек во времени можно разделить на три типа: 1) кратковременные, связанные с нагонными и приливными явлениями, внутренними волнами (может быть очень резким и быстрым); 2) сезонные, обусловленные сменой гидрологических сезонов и изменением водности реки, изменением штормовой активности; 3) многолетние, сопутствующие процессам дельтообразования, региональным гидроклиматическим изменениям и повышению уровня моря, антропогенным воздействиям на сток и русла водотоков. Признаки ОГП носят первые 2 типа. В зависимости от характера смешения речных и морских вод в русле возможны три типа проникновения осолоненных вод [1]: 1) при полном перемешивании по вертикали и слабой стратификацией вод, 2) при частичном перемешивании и умеренной стратификации вод, 3) в виде клина осолоненных вод.

К основным характеристикам ОГП можно отнести: 1) дальность проникновения осолоненных вод  $l_s$ ; 2) изменения солености воды во времени, по глубине и длине водотоков  $\Delta S$ ; 3) расходы воды в водотоках  $Q$ ; 4) ветровые условия и фазы прилива,

уровень воды на взморье. Градации опасности интрузий соленых вод практически не разработаны.

В этой статье не рассматриваются другие опасные гидрологические явления, связанные с изменением химического состава природных вод в устьевой области реки и ухудшением их качества. Это обширная тематическая область, изучению которой посвящены огромное число работ и отдельные исследовательские направления в различных научных дисциплинах.

### *3.5. Негативные изменения уровня грунтовых воды*

Самый распространенный в этой группе опасный процесс – подтопление. Это длительный гидрогеологический процесс, с какого-то момента времени начинающий негативно влиять на качество жизни населения, хозяйственную деятельность и объекты экономики, естественные биогеоценозы. В синтезированной трактовке [26; 34; 45; 15; 35; 39; 18], подтопление – опасный, комплексный гидрогеологический процесс, характеризующийся устойчивым повышением уровня грунтовых вод (напоров) и увлажнением грунтов зоны аэрации (до значений, превышающих критические), нарушающим нормальное хозяйственное использование территории, затрудняющим или препятствующим строительству и эксплуатации расположенных на ней объектов, приводящим к изменению физических и физико-химических свойств подземных вод, изменению структуры и функции естественных биогеоценозов. Процесс может быть локальным (отдельные здания, сооружения, участки) или иметь площадной характер.

Причинами подтопления могут быть продолжительные и обильные осадки, повышение уровня воды в реках, дельтовых водотоках, озерах и морях и длительные затопления местности. Нередко подтопление – результат непродуманной хозяйственной деятельности, выражающейся в создании водохранилищ, проведении мелиоративных мероприятий и не соблюдении поливных режимов на сельхозугодьях, в строительстве дорог и дамб, прокладке подземных коммуникаций, аварийном состоянии водопроводно-канализационной сети и т.п. Подтопление может быть кратковременным и довольно продолжительным, может прогрессировать. Характеристики процесса подтопления зависят от физико-механических свойств почвогрунтов и гидрогеологического режима территории.

При подтоплении заболачивается территория, гибнут деревья; в засушливых районах происходит засоление почв и снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Они могут спровоцировать разжижение грунтов, просадку грунта и оползни, приводят к повреждению и даже разрушению различных сооружений, уменьшению их срока службы, к ухудшению водоснабжения из подземных источников, увеличивают магнитуду наводнений, способствуют размножению кровососущих насекомых в населенных пунктах, появлению сырости, грибковых и лишайниковых образований в жилых и рабочих помещениях и т.п. [24]. Для устьев это нередкий процесс, учитывая обилие здесь воды и водных объектов, частые разливы речных и морских вод, обширные водоупоры из морских глин, а в дельтах Кубани и Терека – еще и масштабную ирригационную деятельность (строительство каналов разного назначения и орошение полей).

Совершенно необоснованно применять этот термин при описании последствий наводнений на урбанизированных территориях. Подобное в последнее время все чаще и чаще встречается в сводках региональных служб МЧС и автоматически транслируется СМИ. Вот лишь один из многочисленных, чуть ли не ежедневных примеров таких сводок МЧС, «8 октября 2006 г. ... уровень воды в Неве превысил критическую двухметровую отметку на 24 см; были частично подтоплены прибрежные районы города, подтоплены три улицы ...».

В качестве основных регистрируемых и прогнозируемых показателей интенсивности подтопления используются: 1) высота уровня или глубина залегания грунтовых вод; 2) скорость изменения уровня подземных вод; 3) относительная площадь и продолжительность подтопления; 4) химический состав и агрессивность подземных вод. Различают от трех до пяти градаций опасности подтопления [24; 15; 60; 35; 16].

Противоположным подтоплению и заболачиванию (в контексте образования болота на переувлажненных участках земной поверхности вследствие затрудненного стока или близкого залегания к поверхности водоносных пород либо водоупорного слоя [62]; веро-

ятная конечная стадия подтопления), но не менее опасным гидрологическим процессом (для сельского хозяйства, устьевых биоценозов и др.) является аридизация (осыхание) территории. Она происходит вследствие существенного и длительного понижения уровня грунтовых вод. В [15], аридизация земель – комплекс природных процессов и тенденций, вызывающих уменьшение степени увлажненности территорий и соответствующего сокращения биологической продуктивности агроценозов.

### *3.6. Опасные морфодинамические процессы*

В устьях рек к ним относят, прежде всего, опасные по своей величине и пространственной направленности русловые деформации и переформирование морских берегов, во-вторых, «морфологическую деградацию» (зарастание, заиление и занесение, уменьшение размеров) устьевых водоемов. Основная зона их развития – устьевой участок реки и морской край дельты. Терминология в отношении данной группы процессов хорошо разработана в теории русловых и устьевых процессов, морской геоморфологии.

#### *3.6.1. Процессы на устьевом участке*

Русловыми деформациями (или русловые переформирования) принято называть конкретные проявления русловых процессов в виде изменения положения и размеров русла, поймы и отдельных русловых образований (подвижных скоплений наносов) [14]. В свою очередь, русловые процессы – это постоянно происходящие изменения морфологического строения русла водотока и поймы, обусловленные действием текущей воды [13]. В более расширенной и сущностной трактовке [56; 16], русловые процессы рекомендуется рассматривать как совокупность явлений, связанных с взаимодействием потока и грунтов, слагающих ложе реки, с эрозией, транспортом и аккумуляцией наносов, определяющих размывы дна и берегов рек, развитие различных форм русел и форм руслового рельефа, режим их сезонных, многолетних и вековых изменений. Они – часть большой группы флювиальных процессов [57].

Русловые деформации могут быть: 1) периодическими (обратимыми) и направленными (необратимыми); 2) кратковременными, сезонными и многолетними; 3) горизонтальными и вертикальными. Основная особенность русловых процессов в устьях рек – преобладание необратимых русловых деформаций над обратимыми [1] и их большая интенсивность.

К неблагоприятным и опасным русловым деформациям относят эрозию речных берегов с расположенными на них объектами и сельхозугодьями, размыв прирусловых валов и защитных дамб, глубинную эрозию на участках мостовых переходов, линий электропередач и трубопроводов, отложение наносов на судоходных и лесосплавных трассах, занесение головных сооружений каналов и водозаборов, заиление и занесение русел дельтовых водотоков [24; 58]. Особое место занимает заиление каналов. Особенно русловые деформации опасны, если их интенсивность соответствует или превышает критические величины. Критериями здесь служит средняя и максимальная линейные скорости размыва берегов (в характерных местах), скорости изменения высотных отметок дна, протяженность фронта размыва, относительная площадь пораженной территории, объем деформируемых грунтов [24; 58; 60]. Выделяют от 3 до 5–6 классов опасности, причем отдельно для горизонтальных и вертикальных деформаций.

Высокая интенсивность русловых переформирований имеет место в устьях рек с большим стоком наносов, с концентрацией основной части годового стока в течение короткого временного отрезка, с легкоразмываемыми грунтами и низкой устойчивостью русла к размыву, с нарушенным почвенно-растительным покровом, в условиях быстро изменяющегося уровня приемного водоема, с непродолжительным ледоставом или его отсутствием. Особенно интенсивно русловые процессы протекают во время паводков и половодья – при прохождении руслоформирующих расходов воды [59; 16]. Определенную роль в их интенсификации играют ледоход, ледяные заторы и зажоры, гидротехническая и русловая деятельность. В устьях рек в зоне распространения ММП и погребенных льдов одним из главных факторов является тепловое воздействие речных вод на берега и дно русла [61]. Помимо самостоятельного воздействия, русловые де-

формации «запускают» другие ОГП, например стоково-морфодинамические наводнения, обмеления и др. Порой разделить их невозможно.

Заиление водоемов – постепенное заполнение объема водоема органическими и неорганическими частицами [16]. В последнем случае его можно также называть занесением. Заиление и занесение приводит к образованию отмелей, уменьшению площади и объема водоема, к изменению его гидродинамического и гидрофизического режима, в конечном итоге – к его деградации. В речных дельтах и на поймах рек это происходит особенно быстро [2; 46].

### *3.6.2. Процессы в береговой зоне*

Под динамикой морских берегов понимают их размыв и отступление или, наоборот, выдвигание в море. В большей мере она часть геологических экзогенных процессов [63], но реализуемых при непосредственном участии динамики вод, морских и речных наносов [1].

Динамика берегов может быть вызвана колебаниями фонового уровня моря, отложением в береговой зоне морских и речных наносов, ветро-волновым разрушением берегов и из-за теплового воздействия морских вод на мерзлые и льдистые грунты. Дополнительными факторами могут быть вертикальные движения поверхности суши и дна (тектонические поднятия и опускания, уплотнение дельтовых отложений), биологические процессы, инженерные мероприятия. В последнее время, в связи с изменениями климата и ростом уровней океанов и морей, потеплением морских вод и усилением ветро-волновой активности этой проблеме стали уделять существенно больше внимания. Для устьев рек, впадающих в бессточные водоемы, например Каспийское и Аральское моря, относительно быстрая и крупномасштабная динамика берегов – постоянная и неотъемлемая особенность их режима.

Наиболее опасна абразия и отступление морских (озерных) берегов. Они включают «пассивную» и «активную» составляющие. Абразия – размыв и разрушение берегов морей, озер, водохранилищ и каналов под влиянием волноприбойной деятельности, судовых волн, колебания уровней воды и других факторов, формирующих береговую линию [63; 12; 16]. В морских арктических устьях такими другими факторами служит тепловое воздействие морских вод на льдистые берега (такой процесс размыва берегов носит название термоабразии). В другой трактовке [24], разрушение берегов морей и водохранилищ представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных денудационно-геологических процессов (абразионных, оползневых, карстово-суффозионных, перемещения и отложения наносов и т.д.), обусловленных воздействием водных масс на берега и приводящих к деформациям и разрушениям прибрежных территорий. Иногда используют термин «переработка берегов» [63; 39], хотя чаще его применяют в отношении берегов водохранилищ. При разрушении аккумулятивных по происхождению берегов или берегов, сложенных рыхлыми породами абразионный процесс рекомендуют называть размывом [62].

Абразия берегов приводит к уменьшению площади пляжей и, в целом, к потере части высокоценных приморских дельтовых угодий, к 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. Вместе с морскими наводнениями за рубежом их относят к наиболее серьезным так называемым «прибрежным опасностям». Абразии и сопутствующему отступанию берегов способствуют легкоразмываемые грунты, значительное и относительно быстрое повышение уровня моря, малые высоты берегов, сильные приливы и течения, штормовые нагоны и морское волнение, дефицит речных и морских наносов, открытость и приглубость устьевого взморья, просадка грунта и тектоническое опускание суши, слабая закрепленность берега растительностью, отсутствие защитных инженерных сооружений, сейсмическая и оползневая активность, высокая льдистость пород, слагающих берега, и др.

Намыв берегов и быстрое их выдвигание в приемный водоем негативно отражается на деятельности морских портов и морского транспорта, на рекреационной отрасли, заставляет перестраивать сбросные сооружения и выпуски сточных вод, приво-

дит к понижению зеркала грунтовых вод и ухудшению водоснабжения из подземных источников (если это выдвигание вызвано падением уровня моря), в засушливых районах – к остепнению и даже опустыниванию приморских ландшафтов. Помимо выше перечисленных морских и геоморфологических (отмелости и защищенности взморья от штормового волнения, течений и нагонов) факторов серьезным подспорьем выдвигания берегов выступает большой сток речных наносов.

В качестве основных регистрируемых и прогнозируемых показателей интенсивности опасных морфодинамических процессов на морских берегах используют средние и максимальные, общие и локальные, линейные, площадные и объемные скорости динамики берегов. Градации опасности по этим показателям, в основном, разработаны для абразии берегов [24; 1; 60], правда в [1] предлагается использовать те же подходы, что и при ранжировании абразии. Параллельно необходимо осуществлять мониторинг за гидрологическими характеристиками, иметь сведения по геологии, гидрогеологии и морфологии берегов [63].

#### Литература:

1. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек : учебник. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 176 с.
2. Гидрология дельты и устьевого взморья Кубани / Под ред. В.Н. Михайлова, Д.В. Магрицкого, А.А. Иванова. – М. : ГЕОС, 2010. – 728 с.
3. Алексеевский Н.И., Айбулатов Д.Н., Магрицкий Д.В., Ретюм К.Ф. Природно-экономические зоны побережий и мониторинг опасных природных явлений // Труды ГОИН. – Вып. 214. – 2013. – С. 264–277.
4. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В. Методика исследования и оценки опасных гидрологических явлений в устьях рек // Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления / под ред. В.Н. Михайлова. – М. : ГЕОС, 2013. – С. 38–50.
5. Философский энциклопедический словарь / под ред. Л.Ф. Ильичева, П.Н. Федосеева, С.М. Ковалева, В.Г. Панова. – М. : «Советская Энциклопедия», 1983. – 840 с.
6. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география. Понятийно-терминологический словарь. – М. : «Мысль», 1983. – 358 с.
7. Словарь русского языка. Том 3: П–Р / под ред. А.П. Евгеньевой. – М. : Полиграфресурсы, 1999. – 750 с.
8. Толковый словарь русского языка. Том 2: Л – Ояловеть. / под ред. Д.Н. Ушакова. – М. : Гос. изд-во иностр. и нац. слов, 1938. – 1040 с.
9. Ожегов С.И. Словарь русского языка: Ок. 57000 слов / под ред. Н.Ю. Шведовой. 20-е изд. – М. : Русский язык, 1989. – 750 с.
10. Новая философская энциклопедия / Под ред. В.С. Стёпина. В 4-х тт. – М. : Мысль, 2001.
11. Энциклопедия эпистемологии и философии науки / Под ред. И.Т. Касавина. – М. : «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2009. – 1248 с.
12. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Издание 3-е. – Л. : Гидрометеиздат, 1978. – 308 с.
13. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. – М. : Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 1988. – 34 с.
14. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология : учебник для вузов. – М. : Высшая школа, 2007. – 463 с.
15. Мелиоративная энциклопедия. В 3-х томах. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003–2004. – 440–671 с.
16. Экологическая энциклопедия: В 6 т. / Редкол. : Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. и др. Т. 1: А–Г. с М. : ООО «Издательство «Энциклопедия», 2008–2013. – 416–656 с.
17. РД 52.04.563-2013. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. – СПб. : Гидрометеиздат, 2013. – 52 с.
18. Экология и природопользование. Справочные данные // Государственное управление ресурсами. Специальный выпуск. – 2008. – № 11.2. – 248 с.
19. Мазур И.И., Иванов О.П. Опасные природные процессы. – М. : ЗАО Издательство «Экономика», 2004. – 702 с.
20. Международная стратегия ООН по уменьшению опасности бедствий (UNISDR). Терминологический глоссарий по снижению риска бедствий. – Женева : ООН, 2009. – 43 с.
21. Гладкевич Г.И., Терский П.Н., Фролова Н.Л. Оценка опасности наводнений на территории Российской Федерации // Водное хозяйство России. – 2012. – № 2. – С. 29–46.

22. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2000. – 13 с.
23. ГОСТ Р 22.0.11-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Предупреждение природных чрезвычайных ситуаций. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2005. – 6 с.
24. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. – М., 2010. – 636 с.
25. РД 52.04.563-2002. Инструкция. Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения. – СПб. : Гидрометеоздат, 2003. – 31 с.
26. ГОСТ 22.0.03-97. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные и чрезвычайные ситуации. Термины и определения. – Минск : ИПК Издательство стандартов, 2000. – 12 с.
27. Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий при угрозе затопления населенных пунктов и территорий. – Горно-Алтайск : ГУ МЧС РФ по Республике Алтай, 2015. – 41 с.
28. Экстремальные гидрологические ситуации / отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. – М. : Москва-ПРЕСС, 2010. – 464 с.
29. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – New York : Cambridge University Press, 2012. – 582 p.
30. Прокачева В.Г., Усачёва В.Ф. Наводнения и дистанционные средства для их наблюдения. – СПб. : ГГИ, 1997. – 86 с. Деп. в ВИНТИ 16.04.97, № 1286-В97.
31. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озерах. – Л. : Гидрометеоздат, 1988. – 184 с.
32. Добровольский С.Г., Истомина М.Н. Наводнения мира. – М. : ГЕОС, 2006. – 256 с.
33. Магрицкий Д.В. Сток и устья рек : учебное пособие. – М. : Географический факультет МГУ, 2011. – 208 с.
34. ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 22 с.
35. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. – М., 2002. – 19 с.
36. Гинко С.С. Катастрофы на берегах рек. – Л. : Гидрометеоздат, 1977. – 128 с.
37. Таратунин А.А. Наводнения на территории Российской Федерации. – Екатеринбург : Издательство ФГУП РосНИИВХ, 2008. – 432 с.
38. Доброумов Б.М., Тумановская С.М. Наводнения на реках России: их формирование и районирование // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 12. – С. 70–78.
39. СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. – М., 2012. – 64 с.
40. ВМО. Руководство по гидрологической практике. Издание 5-е. 1997. № 168. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. – 844 с.
41. Магрицкий Д.В. Пространственно-временные характеристики наводнений на Черноморском побережье Российской Федерации // Вестник МГУ. Серия 5. География. – 2014. – № 6. – С. 39–47.
42. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М. : Изд-во Московского университета, 2014. – 72 с.
43. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том II. Белое море. Вып. 1. – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 240 с.
44. Игнатов Е.И., Фроль В.В., Лохин М.Ю., Никифоров А.В. Геоморфологические проблемы цунамиопасности (на примере Японского моря) : учебное пособие. – Смоленск : Маджента, 2008. – 128 с.
45. ГОСТ Р 22.0.06-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники природных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы. Номенклатура параметров поражающих воздействий. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1995. – 9 с.
46. Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления / Под ред. В.Н. Михайлова. – М. : ГЕОС, 2013. – 703 с.
47. Дубинина В.Г., Гаргопа Ю.М., Чебанов М.С., Катунин Д.Н., Филь С.А. Методические подходы к экологическому нормированию антропогенного сокращения речного стока // Водные ресурсы. – 1996. – Т. 23. – № 1. – С. 78–85.
48. Шуляковский Л.Г. О заторах льда и заторных уровнях воды при вскрытии рек // Метеорология и гидрология. – 1951. – № 7. – С. 45–48.
49. ВСН 028-70. Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда. – М. : Энергия, 1970. – 153 с.
50. Бузин В.А. Опасные гидрологические явления. – СПб. : Издательство РГГМУ, 2008. – 228 с.



51. Козлов Д.В., Бузин В.А., Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Бабурин В.Л., Банщикова Л.С., Горошкова Н.И., Завадский А.С., Крыленко И.Н., Савельев К.Л., Козлов К.Д., Бузина Л.Ф. Опасные ледовые явления на реках и водохранилищах России : Монография. – М., 2015. – 348 с.
52. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 8. Северный Кавказ. – Л. : Гидрометеоздат, 1973. – 450 с.
53. Хлебович В.В. Прикладные аспекты концепции критической солёности // Успехи современной биологии. – 2015. – Т. 135. – № 3. – С. 272–278.
54. Лупачев Ю.В. Динамическое взаимодействие морских и речных вод в приливных устьях рек // Труды ГОИНа. – 1984. – Вып. 172. – С. 64–82.
55. Лупачев Ю.В., Макарова Т.А. Проникновение морских вод в рукава дельты Северной Двины и его возможные изменения // Труды ГОИНа. – 1984. – Вып. 172. – С. 117–125.
56. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 264 с.
57. Рычагов Г.И. Общая геоморфология. – М. : Наука, 2006. – 415 с.
58. Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое русловедение. – М. : ГЕОС, 2000. – 332 с.
59. Чалов Р.С. Русловые процессы (русловедение). – М., 2016. – 569 с.
60. СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. – М., 1996. – 11 с.
61. 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.
62. Гогоберидзе Г.Г., Жамойда В.А., Нестерова Е.Н., Рябчук Д.В., Спиридонов М.А. Глоссарий по кадастру береговой (прибрежной) зоны. Справочное пособие. – СПб., 2008. – 94 с.
63. ГОСТ Р 22.1.06-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов. Общие требования.

#### References:

1. Mikhaylov V.N. Hydrology of mouths of the rivers : textbook. – М. : MSU publishing house, 1998. – 176 p.
2. Hydrology of the delta and an estuarial beach of Kuban / Under the editorship of V.N. Mikhaylov, D.V. Magritsky, A.A. Ivanov. – М. : GEOS, 2010. – 728 p.
3. Alekseevsky N.I., Aybulatov D.N., Magritsky D.V., Reteyum K.F. Natural and economic zones of coasts and monitoring of natural hazards // Works GOIN. – Issue 214. – 2013. – P. 264–277.
4. Alekseevsky N.I., Magritsky D.V. Metodika of research and estimates of the dangerous hydrological phenomena in mouths of the rivers // Mouths of the rivers of the Caspian region: forming history, modern gidrologo-morphological processes and the dangerous hydrological phenomena / under the editorship of V.N. Mikhaylov. – М. : GEOS, 2013. – P. 38–50.
5. The philosophical encyclopedic dictionary / under the editorship of L.F. Ilyichev, P.N. Fedoseyev, S.M. Kovalyov, V.G. Panov. – М. : «The Soviet Encyclopedia», 1983. – 840 p.
6. Alayev E.B. Social and economic geography. Conceptual and terminological dictionary. – М. : «Thought», 1983. – 358 p.
7. Dictionary of Russian. Volume 3: П-Р / under the editorship of A.P. Evgenyeva. – М. : Poligrafresursa, 1999. – 750 p.
8. Explanatory dictionary of Russian. Volume 2: Л – Ояловеть / under the editorship of D.N. Ushakov. – М. : State. publishing house foreign and national words, 1938. – 1040 p.
9. Ojegov S.I. Dictionary of Russian: Apprx. 57000 words / under the editorship of N.Yu. Shvedova. 20th prod. – М. : Russian, 1989. – 750 p.
10. The new philosophical encyclopedia / Under the editorship of V.S. Styopin. In 4 vol. – М. : Thought, 2001.
11. The encyclopedia of an epistemologiya and philosophy of science / Under the editorship of I.T. Kasavin. – М. : «Canon +» ROOI «Rehabilitation», 2009. – 1248 p.
12. Chebotaryov A.I. Hydrological dictionary. Edition 3rd. – Л. : Gidrometeoizdat, 1978. – 308 p.
13. GOST 19179-73. Hydrology of sushi. Terms and determinations. – М. : Awards «Honour Sign» Standards Publishing House, 1988. – 34 p.
14. Mikhaylov V.N., Dobrovolsky A.D., Dobrolyubov S.A. Gidrology : textbook for higher education institutions. – М. : The higher school, 2007. – 463 p.
15. Meliorative encyclopedia. In 3 volumes. – М. : FGNU «Rosinformagrotekh», 2003–2004. – 440–671 p.
16. Ecological encyclopedia: In 6 v. / Redkol.: Danilov-Danilyan V.I., Losev K.S., etc. T. 1: А–Г : LLC Entsiklopediya Publishing House, 2008–2013. – 416–656 p.
17. RD 52.04.563-2013. Instruction for preparation and transfer of storm messages by supervisory divisions. – SPb. : Gidrometeoizdat, 2013. – 52 p.

18. Ecology and environmental management. Help data // State resource management. Special release. – 2008. – No. 11.2. – 248 p.
19. Masur I.I., Ivanov O.P. Natural hazards. – M. : CJSC Publishing House Ekonomika, 2004. – 702 p.
20. International strategy of the UN for disaster reduction (UNISDR). The terminological glossary on disaster risk reduction. – Geneva : UN, 2009. – 43 p.
21. Gladkevich G.I., Tersky P.N., Frolov N.L. Otsenk of danger of floods in the territory of the Russian Federation // the Water management of Russia. – 2012. – No. 2. – P. 29–46.
22. GOST P 22.0.02-94. Safety in emergency situations. Terms and determinations of the basic concepts. – M. : IPK Standards Publishing House, 2000. – 13 p.
23. GOST P 22.0.11-99. Safety in emergency situations. Prevention of natural emergency situations. Terms and determinations. – M. : Standartinform, 2005. – 6 p.
24. Atlas of natural and technogenic dangers and risks of emergency situations. – M, 2010. – 636 p.
25. RD 52.04.563-2002. Instruction. Criteria of the dangerous hydrometeorological phenomena and order of submission of the storm message. – SPb. : Gidrometeoizdat, 2003. – 31 p.
26. GOST 22.0.03-97. Safety in emergency situations. Natural and emergency situations. Terms and determinations. – Minsk : IPK Standards Publishing House, 2000. – 12 p.
27. Methodical recommendations about the organization and carrying out actions in case of threat of flooding of settlements and the territories. – Gorno-Altaysk : Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation of the Republic of Altai, 2015. – 41 p.
28. Extreme hydrological situations / edition N.I. Koronkevich, E.A. Barabanova, I.S. Zaytseva. – M. : Moscow PRESS, 2010. – 464 p.
29. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – New York : Cambridge University Press, 2012. – 582 p.
30. Prokacheva V.G., Usachyov V.F. Floods and remote means for their supervision. – SPb. : GGI, 1997. – 86 p. Depp. in VINITI 16.04.97, No. 1286-B97.
31. Nezhikhovskiy R.A. Floods on the rivers and lakes. – L. : Gidrometeoizdat, 1988. – 184 p.
32. Dobrovolsky S.G., Istomina M.N. World floods. – M. : GEOS, 2006. – 256 p.
33. Magritsky D.V. Drain and mouths рек: education guidance. – M. : Geographical faculty of MSU, 2011. – 208 p.
34. GOST 19185-73. Hydraulic engineering. Basic concepts. – M. : Publishing house of standards, 1974. – 22 p.
35. Construction Norms and Regulations 2.06.15-85. Engineering protection of the territory against flooding and flooding. – M., 2002. – 19 p.
36. Ginko S.S. Catastrophic crashes on coast of the rivers. – L. : Gidrometeoizdat, 1977. – 128 p.
37. Taratunin A.A. Floods in the territory of the Russian Federation. – Yekaterinburg : Federal State Unitary Enterprise ROSNIIVKH publishing house, 2008. – 432 p.
38. Dobroumov B.M, Tumanovskaya S.M. Floods on the rivers of Russia: their forming and division into districts // Meteorology and hydrology. – 2002. – No. 12. – P. 70–78.
39. Construction Norms and Regulations 22-02-2003. Engineering protection of the territories, buildings and constructions against dangerous geological processes. Basic provisions. – M., 2012. – 64 p.
40. VMO. A management on hydrological practice. Edition 5th. 1997. No. 168. Collection and data processing, analysis, forecasting and other applications. – 844 p.
41. Magritsky D.V. Existential characteristics of floods on the Black Sea coast of the Russian Federation // Bulletin of MSU. Series 5. Geography. – 2014. – No. 6. – P. 39–47.
42. Perov V.F. Torrential phenomena. Terminological dictionary. – M. : Publishing house of the Moscow university, 2014. – 72 p.
43. Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. Volume II. White Sea. Issue 1. – L. : Gidrometeoizdat, 1991. – 240 p.
44. Ignatov E.I., Frol V.V., Lokhin M.Yu., Nikiforov A.V. Geomorphological problems of tsunami risk (on the example of the Sea of Japan): education guidance. – Smolensk : Mad-zhenta, 2008. – 128 p.
45. GOST P 22.0.06-95. Safety in emergency situations. Sources of natural emergency situations. The striking factors. The nomenclature of parameters of the striking impacts. – M. : IPK Standards Publishing House, 1995. – 9 p.
46. Mouths of the rivers of the Caspian region: forming history, modern gidrologomorphological processes and the dangerous hydrological phenomena / Under the editorship of V.N. Mikhaylov. – M. : GEOS, 2013. – 703 p.

47. Dubinina V.G., Gargopa Yu.M., Shepherds M.S., Katunin D.N., Fil S.A. Methodical approaches to ecological regulation of anthropogenous reducing a river drain // Water resources. – 1996. – V. 23. – No. 1. – P. 78–85.
48. Shulyakovsky L.G. About jams of ice and mash water levels when opening the rivers // Meteorology and a hydrology. – 1951. – No. 7. – P. 45–48.
49. BCH 028-70. Methodical instructions for fight against jams and zazhor of ice. – M. : Energy, 1970. – 153 p.
50. Buzin V.A. Dangerous hydrological phenomena. – SPb. : RGGMU publishing house, 2008. – 228 p.
51. Goats D.V., Buzin V.A., Frolova N.L., Agafonova S.A., Baburin V.L., Banshchikova L.S., Goroshkov N.I., Zavadsky A.S., Krylenko I.N., Savelyev K.L., Kozlov K.D., Buzina L.F. The dangerous ice phenomena on the rivers and water storage basins of Russia : Monograph. – M., 2015. – 348 p.
52. Resources of a surface water of the USSR. Volume 8. North Caucasus. – L. : Gidrometeoizdat, 1973. – 450 p.
53. Hlebovich V.V. Applied aspects of the concept of critical salinity // Achievements of modern biology. – 2015. – V. 135. – No. 3. – P. 272–278.
54. Lupachev Yu.V. Dynamic interaction of sea and river waters in tidal mouths of the rivers // Works of GOIN. – 1984. – Issue 172. – P. 64–82.
55. Lupachev Yu.V., Makarova T.A. Penetration of sea waters into sleeves of the delta of Northern Dvina and its possible changes // Works of GOIN. – 1984. – Issue 172. – P. 117–125.
56. Makkaveev N.I., Chalov R.S. Ruslovye processes. – M. : MSU publishing house, 1986. – 264 p.
57. Rychagov G.I. General geomorphology. – M. : Science, 2006. – 415 p.
58. Berkovich K.M., Chalov R.S., Chernov A.V. Ecological ruslovedeniye. – M. : GEOS, 2000. – 332 p.
59. Chalov R.S. Ruslovye processes (ruslovedeny). – M., 2016. – 569 p.
60. Construction Norms and Regulations 22-01-95. Geophysics of dangerous natural impacts. – M., 1996. – 11 p.
61. 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. – No. 28. – P. 1349–1359.
62. Gogoberidze G.G., Zhamoyda V.A., Nesterova E.N., Ryabchuk D.V., Spiridonov M.A. The glossary according to the inventory of a bepregovy (coastal) zone. Handbook. – SPb., 2008. – 94 p.
63. GOST P 22.1.06-99. Safety in emergency situations. Monitoring and forecasting of the dangerous geological phenomena and processes. General requirements.