

## ОПАСНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В УСТЬЯХ РЕК И НА МОРСКИХ ПОБЕРЕЖЬЯХ

*Магрицкий Д.В.<sup>1,2</sup>, Михайлова М.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>МГУ имени М.В.Ломоносова, г.Москва, Россия, e-mail: magdima@yandex.ru

<sup>2</sup>ИВП РАН, г.Москва, Россия, e-mail: mv.mikhailova@gmail.com

Доклад носит методический и теоретический характер, содержит результаты исследования вопросов, связанных с терминологией и классификацией опасных гидрологических процессов в устьях рек и на морских побережьях. Представлена авторская классификация опасных гидрологических процессов, уточненные и новые формулировки понятий, имеющих отношение к гидрологическим опасностям. На основе уникальной базы данных по опасным гидрологическим событиям (за период начиная с XVIII/XX вв.) и по данным мониторинга на гидрологических постах рассмотрены встречаемость таких событий в тех или иных устьях и на побережьях России; проанализирована многолетняя и сезонная динамика основных параметров опасных гидрологических процессов и явлений, обнаруженные особенности и закономерности увязаны с естественными гидроклиматическими изменениями на речных водосборах и в морях, с водохозяйственной деятельностью.

*Ключевые слова.* устье; побережье; опасный процесс и явление; терминология; классификация; многолетняя динамика

## DANGEROUS HYDROLOGICAL PROCESSES IN RIVER MOUTHS AND ON SEA COASTS

*Magritskiy D.V.<sup>1,2</sup>, Mikhailova M.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, magdima@yandex.ru

<sup>2</sup>WPI RAS, Moscow, Russia, mv.mikhailova@gmail.com

The report is methodical and theoretical in nature, contains the results of a study of issues related to the terminology and classification of hazardous hydrological processes in river mouths and on sea coasts. The author's classification of dangerous hydrological processes, refined and new formulations of concepts related to hydrological hazards are presented. On the basis of a unique database on dangerous hydrological events (for the period since the XVIII/XX centuries) and according to monitoring data at hydrological posts, the occurrence of such events in various estuaries and on the coasts of Russia is considered; the long-term and seasonal dynamics of the main parameters of dangerous hydrological processes and phenomena are analyzed, the discovered features and patterns are linked to natural hydro-climatic changes in river catchments and seas, with water management activities.

*Keywords.* mouth; coast; dangerous process and phenomenon; terminology; classification; long-term changes

Перечень опасных гидрологических процессов и явлений, их интенсивность, участие в них речного стока, различается в зависимости от типа морского побережья. В соответствии с подходом, разработанным на кафедре гидрологии суши МГУ [1], побережья с гидрографическими позициями и характера прибрежно-приморского природопользования следует делить на следующие типы: 1) устья больших и крупных средних рек, иногда формирующие единые территориальные комплексы; 2) участки побережья с постоянным речным стоком и сетью малых рек; 3) участки побережья с эпизодическим речным стоком, редкой русловой сетью и временными водотоками. Все упомянутые типы можно встретить в пределах даже одного побережья, например, Каспийского моря, включающего устья рр. Волги, Терека и Сулака (1-й тип), дагестанский (2-й тип) и калмыцкий (3-й тип) участки. Безусловно, не отрицается существование промежуточных типов.

На побережьях 1-го типа, т.е. в условиях транзитного стока и активного развития устьевых процессов, роль речных факторов в генерации опасных гидрологических событий максимальна. Они и наиболее сложные по строению и природным условиям, протягиваются далеко вглубь суши от приемного водоема, поскольку представлены устьевыми областями рек (УОР). В пределах них выделяют две разные по местоположению, морфологическому и гидрографическому строению, гидрологическому режиму и экологическим условиям подобласти: *устьевой участок* и *устьевое взморье* [2]. Устьевой участок может быть бездельтовым, либо представлять собой дельту, либо при наличии дельты и несовпадении ее вершины с верхней границей УОР, назначаемой по дальности распространения в реку приливных и нагонных колебаний уровня, делится на дельтовую и придельтовую части. Именно в его пределах наиболее велик перечень гидрологических опасностей, самый большой ущерб при их реализации. Из-за климатических изменений и расширения природопользования опасность возрастает.

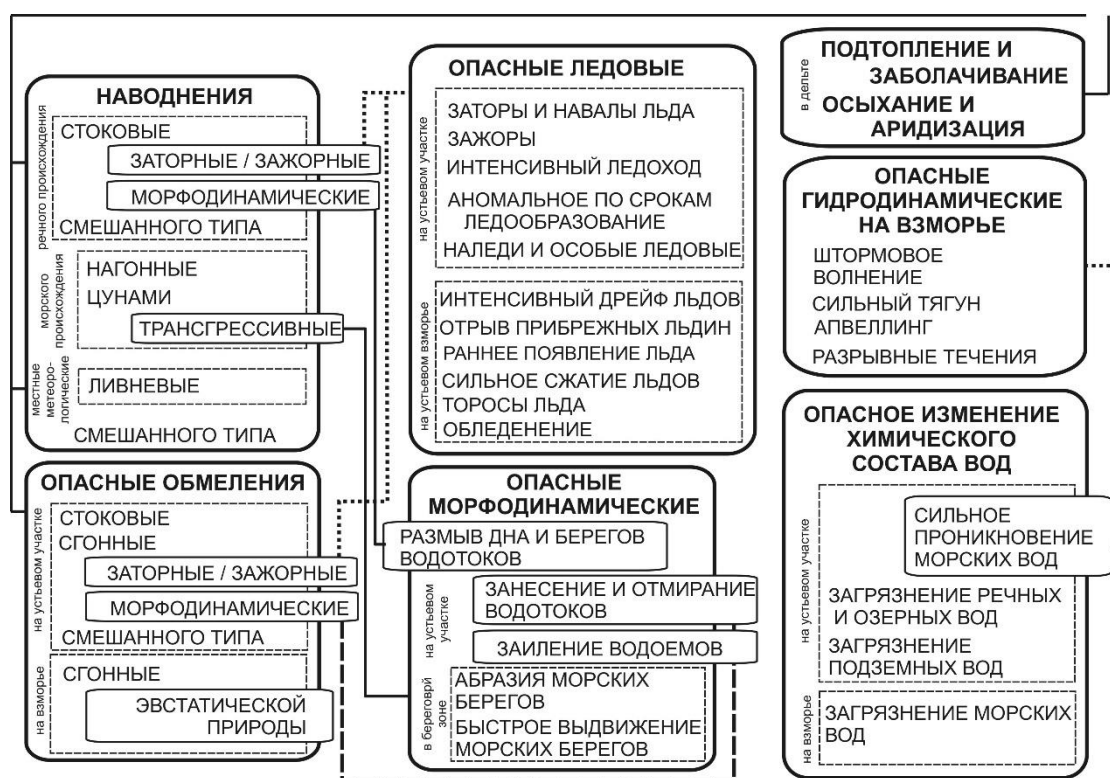
*Опасными гидрологическими процессами и явлениями* следует считать те из них, которые оказывают или могут оказать негативное воздействие на население, населенные пункты, социальные и промышленные объекты, сельскохозяйственные угодья и фермы, инфраструктуру и другие хозяйственные объекты, а также окружающую природную среду и приводят или могут привести к социальному, материальному и экологическому ущербу [3]. К ним могут относить некоторые геологические и морские гидрометеорологические процессы. *Неблагоприятные процессы* – лишь подвид опасных процессов, но с наименее тяжелыми последствиями. *Гидрологическое явление* – внешняя форма, результат одной или нескольких стадий (фаз, этапов) одного или сочетания нескольких природных процессов,

включая гидрологические. К явлению, опасный потенциал которого реализовался, и с ним связан ущерб, применимо понятие «*опасное гидрологическое событие*» (ОГС). Синонимами опасных событий могут служить термины «бедствие», «стихийное бедствие», «катастрофа» (природная, техногенная) и др. Их объединяет факт наступления события, а различает характер и, главное, величина ущерба [4-8].

Детальная и официальная типизация ОГП в устьях рек и на морских побережьях пока официально отсутствует. Причина этого заключается в большой сложности строения и гидрологического режима этих объектов, взаимодействия речных и морских факторов, в возможности возникновения и развития здесь опасных гидрологических процессов и явлений, присущих как водным объектам суши, в частности рекам, так и морям и морским побережьям, и даже специфических. Многолетние исследования авторов этого вопроса, позволили разработать полный вариант типизации опасных гидрологических процессов и явлений в устьях рек, применимый в том числе к морским побережьям. В качестве основного принципа такой типизации принято подразделение ОГП, учитывающее характер их воздействия на природный и социально-экономических комплекс. Все опасные процессы и события подразделены на семь типов (рисунок). В пределах каждого типа выделен ряд подтипов процессов и явлений, отличающихся по происхождению и определяющим факторам. В зависимости от степени участия в генерировании опасных гидрологических процессов и явлений морских, речных и местных (физико-географических) факторов процессы в устьевой области реки могут быть речного, морского, местного и смешанного происхождения. Их также можно дополнительно делить на исключительно природного, антропогенного, либо природно-антропогенного происхождения.

Кроме этого, опасные гидрологические процессы и явления разделяют *по размерам подвергшейся их воздействию территории, или акватории*. В устьях рек выделяют процессы и явления локальные, районного и даже регионального и национального масштаба, а также трансграничные. Они также могут быть точечными, линейными, площадными и объемными. С учетом временного фактора они могут быть практически мгновенными (секунды, минуты), кратковременными, сезонными или внутригодовыми, многолетними (от одного года до нескольких лет), внутривековыми (от одного до нескольких десятилетий) и вековыми. Принимают во внимание также случайность/систематичность, эпизодичность/периодичность их возникновения, фактор внезапности. По характеру и тяжести воздействия гидрологические процессы и события ранжируют от малоопасных (небольших, неблагоприятных, легчайших и т.п.) до катастрофических (особо

опасных, выдающихся, разрушительных и т.п.). По этому вопросу существует много подходов и градаций. Принимается во внимание, прежде всего, энергетические характеристики события (пространственный масштаб, скорость изменения гидрологических характеристик, продолжительность и т.п.), число эвакуированных, пострадавших и погибших, масштабы повреждений и разрушений, степень необратимости нарушения привычного уклада жизни людей и нормальной хозяйственной деятельности, размер материального и нематериального ущерба и др. Особенно опасными гидрологическими процессами и событиями, приводящими к максимальному экономическому ущербу, человеческим жертвам, считаются речные наводнения, штормовые нагоны и волны цунами. Меньший ущерб связан с штормовым волнением, заторами льда, местными дождевыми наводнениями, длительным маловодьем, разрушением берегов, загрязнением природных вод. Еще менее опасными признаются штормовые сгоны, подтопление, зажоры, обледенение морских судов и платформ, а совсем малоопасными – проникновения морских вод в устье реки и апвеллинг. Рассмотрим наиболее важные из них и, в частности, присущие только устьевым областям рек.



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

Значения характеристик ОГП в устьях рек, на морских побережьях и их степень опасности испытывают направленные многолетние изменения. Характер этой изменчивости различается у устьев рек в европейской части России (ЕЧР), плотно освоенных и, как правило, зарегулированных, лучше защищенных, и для устьев в азиатской части, а также у разных типов ОГП. Многолетние изменения иерархии, повторяемости и интенсивности ОГП и ОГЯ в устьях рек, размера производимого ими ущерба – отклик на климатически обусловленную и антропогенную дестабилизацию их природных условий и режима. Это можно утверждать с учетом имеющихся у авторов сведений о свыше тысячи разных ОГС в устьях рек и на морских побережьях страны за длительный период, начиная (для отдельных территорий) с XVIII в. Часть событий в XX и начале XXI вв. установлена благодаря сопоставлению данных постов и самих ОГС, обоснованию и аналитическому описанию причинно-следственных связей, определению критических величин гидрометеорологических характеристик. Подобные подходы, в частности эксплуатирующие «big data», применяются в Европе и США.

Речные наводнения периодически возникают во всех устьях. Заторные и стоково-заторные наводнения доминируют в устье Сев. Двины и Печоры, зажорные – на придельтовом участке Невы. Стоковый тип практически единственный (во многом в прошлом) в устьях Дона, Урала и Волги, стоковые и стоково-ливневые – на Черноморском побережье, стоковые и стоково-морфодинамические (прорывные) – в дельте Терека, стоковые и стоково-заторные – в устье Преголи и Немана. Их параметры в целом известны. Количество и масштабы событий, связанных с неблагоприятными и опасными разливами речных вод, статистически значимо уменьшаются в устьях рек ЕЧР с сер. XX в. и, в особенности, в 2000-х гг. В устьях рек Сибири и Д.Востока не так все однозначно. Здесь все под влиянием естественных гидроклиматических изменений на водосборах рек и морских акваториях. Исключение составляют зарегулированные реки.

Число и интенсивность нагонных наводнений, наоборот, лишь возрастает. Особенно это заметно для 1970–1990-х гг. и начала XXI в. Положительную тенденцию можно объяснить невозможностью управления ими (исключение – устье р.Невы), ростом морского уровня и усилением (в отдельные периоды) штормовой активности. Такие же выводы получены американскими специалистами в отношении динамики нагонной опасности на восточном побережье США. На побережье Северного Каспия уровень моря – вообще доминирующий фактор. Выросло также число стоковых и особенно стоково-ливневых и просто местных ливневых наводнений в Краснодарском Причерноморье.

Количество опасных и неблагоприятных сгонов незначимо снижается, особенно с конца 1970-х гг., тогда как минимальные сгонные уровни воды

в речных руслах и на устьевом взморье повышаются под влиянием роста уровней морей. Больше всего опасных сгонов в осенне-зимние месяцы (до ~60–90 %). Другой пик, в устьях рр. Невы и Дон, приходится на весну. Летом, в основное время навигации, их повторяемость резко падает, но, тем не менее, именно в этот сезон они формируют основные ущербы – в виде временного прекращения судоходства или недозагрузки судов, перебоев в водоснабжении и др. Проблемными становятся участки устьевых баров и, особенно, в устьях сибирских рек, где размеры и систематичность дноуглубления сократились. Подавляющее число случаев критических сгонов наблюдалось в устье Дона.

Наоборот, ситуация со стоковыми обмелениями (маловодьями) гидрологическими засухами усложняется, в том числе из-за растущих потребностей водопотребителей и водопользователей. Минимальные стоковые уровни в устьях рек ЕЧР и Обского Севера снижаются, число дней со стоянием уровня ниже критических отметок растет. Порой маловодье приобретает новые формы. Речь идет об уменьшении размеров половодья, паводков и соответственно заливания пойменных и дельтовых нерестилищ, например в устьях Дона, Кубани, Терека и Волги, обводнения пойменных лугов и водоемов, промывки почв и русел. В то же время, в устьях зарегулированных рек ситуация с критически низкими (для судоходства, водозаборов) уровнями, в целом улучшилась, но не для всех отраслей. Серьезный дефицит речных вод наблюдается на всем протяжении рек Вост. Приазовья, в устье Дона; продолжается деградация рыбохозяйственных водоемов в дельте Терека.

Интрузия морских соленых и солоноватых вод в устья рек – типично устьевой гидрологический процесс. Она активно развивается в межень и маловодные годы, при приливах и нагонах, больших градиентах плотности вод в устьевой зоне смешения, после углубления устьевых баров, ослабевает при наличии ледяного покрова, отмелого и полузакрытого устьевого взморья, обширной баровой отмели. Опасной ситуация признается при превышении соленостью воды показателя в 1 ‰, особо опасной – в 2,5–3 ‰. В устьях Преголи и особенно Сев. Двины сильное проникновение морских вод способно нарушить водоснабжение крупных предприятий и водопроводных станций. В устье Дона ситуация усугубляется существенным антропогенным увеличением минерализации самих речных вод (до 1 ‰ и выше).

Опасные ледовые явления и процессы наблюдаются на всех устьевых участках рек ЕЧР, в т.ч. южных, за исключением рек Черноморского побережья и устья Сулака, особенно после пуска Чиркейского гидроузла. Повышенной зажорностью отличаются устья больших северных рек, «озерные» реки побережий Карелии и Кольского п-ов, низовья и устье Волги,

опасной – Невы, Нарвы и Кубани. Наиболее затороопасны устья северных рек. Опасные заторы образуются также в устьях Преголи, Немана, Кубани и реже Терека. Опасность ледовых явлений на устьевом участке Дона очень мала, но в береговой зоне, особенно во время штормовых нагонов (с образованием навалов льда) существенно выше. Это же можно сказать про северное побережье Каспия. Заторы льда – фактор, поддающийся регулированию, что доказывает многолетний опыт борьбы с ними, например в устье Сев.Двины. Эволюционирует новый вид опасности – сильное запаздывание в установлении ледостава и его неустойчивость в зимний период, препятствующая организации ледовых переправ в северных устьях.

Морфологические процессы, как отдельная группа процессов и одновременно фактор развития некоторых гидрологических опасностей, приобретают опасную интенсивность, прежде всего в устьях рек с большим стоком наносов, крупномасштабными и сравнительно быстрыми изменениями уровня приемного водоема. Этим условиям соответствуют устья рек, впадающих в Каспийское море. Побережье Краснодарского Причерноморья отличается катастрофически высокая скорость русловых деформаций – во время паводков, особенно катастрофических: до нескольких десятков метров горизонтальные и нескольких метров (макс. эрозия – 10–15 м за паводок) вертикальные деформации.

Детальное изучение ОГП в устьях рек и на морских побережья – составная часть нескольких пунктов комплексной программы по борьбе с ними и минимизации ущерба от их проявления.

Благодарности. Исследование выполнено по Теме № FMWZ-2022-0001, проекта 1.10 «Исследования экстремальных гидрологических явлений в устьях рек».

### **Библиографические ссылки**

1. Алексеевский Н.И., Айбулатов Д.Н., Магрицкий Д.В., Ретеюм К.Ф. Природно-экономические зоны побережий и мониторинг опасных природных явлений // Труды ГОИН. Вып. 214. 2013. С.264-277.
2. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1998. 176 с.
3. Михайлов В.Н., Михайлова М.В., Магрицкий Д.В. Основы гидрологии устьев рек. Учебное пособие. М.: Изд-во Триумф, 2018. 250 с.
4. ГОСТ 22.0.03-97. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные и чрезвычайные ситуации. Термины и определения. Минск: ИПК Издательство стандартов, 2000. 12 с.
5. Международная стратегия ООН по уменьшению опасности бедствий (UNISDR). Терминологический глоссарий по снижению риска бедствий. Женева: ООН, 2009. 43 с.
6. Экологическая энциклопедия: В 6 т. / Редкол.: Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. и др. Т.1. А-Г. М.: ООО "Издательство "Энциклопедия", 2008–2013. 416-656 с.

7. Экология и природопользование. Справочные данные // Государственное управление ресурсами. Специальный выпуск. 2008. № 11.2. 248 с.

8. 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.