3. ОПАСНЫЕ МОРСКИЕ И БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

УДК 551.4.042(262.59): 551.461.25(262.59)

DOI: 10.23885/2500-123X-2019-2-4-134-141

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ В РАЙОНЕ ГЕНИЧЕСКОЙ ДЕЛЬТЫ

А.В. Давыдов¹, Н.А. Роскос², А.Н. Роскос²

¹Херсонский государственный университет, г. Херсон;

²Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, г. Одесса
svobodny.polet2012@gmail.com, natalya_ber@ukr.net, roskos81alex@gmail.com

Аннотация. На современном этапе развития геосферы, в условиях глобальных климатических изменений, существенно увеличилось количество опасных гидрологических явлений. В пределах северо-западной части Азовского моря наиболее опасными природными процессами являются штормовые нагоны. Соответствующие катастрофические синоптические явления возникают при одновременном проявлении и наложении ветровых и анемобарических колебаний. Геническая дельта располагается в западной части Азовского моря, в районе сочленения Арабатской Стрелки и Генического выступа. Данное образование представляет собой уникальную форму рельефа, формирование которой обусловлено взаимодействием разнообразных прибрежных течений и синоптических колебаний уровня. В районе изучаемой дельты амплитуды сгонно-нагонных и сейшевых колебаний достигают достаточно больших отметок и поэтому имеют очень важное рельефообразующее значение. Теоретические расчеты указывают на вероятность поднятия уровня в районе Геническа до отметки + 260 см и падения до высоты – 220 см. Однако многолетние наблюдения указывают на более низкие амплитуды, так максимальный уровень был зарегистрирован в 1962 году и достигал + 236 см, а минимальный уровень – – 187 см, был зафиксирован в 1969 году. Проявление колебаний с экстремальными характеристиками имеет определенные временные закономерности. В последние десять лет количество опасных явлений, в районе Генической дельты, существенно увеличилось. Формирование данных колебаний находится в прямой зависимости от природных геоморфологических условий прилегающих участков суши и подводного склона, а также от определенных видов антропогенной деятельности. Изучение данных явлений очень необходимо для оптимизации природопользования в регионе Азовского моря.

Ключевые слова: сгонно-нагонные явления, штормовой нагон, дельта, проливы.

Постановка проблемы. В условиях современных климатических изменений, в Мировом океане с каждым годом увеличивается количество опасных процессов гидрометеорологической природы. В береговой зоне Азово-Черноморского региона, одним из наиболее опасных явлений считаются катастрофические колебания уровня синоптической природы (сгонно-нагонные явления, штормовые нагоны), которые наносят наиболее существенный урон народно-хозяйственному комплексу и нередко приводят к человеческим жертвам [1].

Сгонно-нагонные колебания Азовского моря достаточно хорошо изучены [2; 3; 4; 5; 6], при этом собраны большие объемы статистической информации [7; 8], разработаны различные модели и рассчитаны прогнозы [9; 10]. Однако, в условиях климатических изменений катастрофические колебания с каждым годом становятся более непредсказуемыми и опасными. Именно поэтому мы обратили свое внимание на район западной части Азовского моря, где в результате увеличения количества штормовых нагонов ситуация становится одной из наиболее

критических в регионе.

Район исследования. В пределах северо-западной части Азовского моря наиболее сильные синоптические колебания уровня проявляются в береговой зоне Утлюкского лимана, вблизи устья пролива Тонкий (Генический) (рис. 1).

Для этого района характерен очень специфический гидрологический режим прибрежных акваторий, обусловленный взаимодействием волнения, различных прибрежных течений, ветровых и сейшевых колебаний [8; 11]. Именно в этих сложных условиях, в северной части Арабатской Стрелки, сформирована специфическая форма рельефа – дельта проливов, получившая название Геническая.

Дельта пролива (channel fan) – это аккумулятивная форма рельефа, сформированная в пределах устья пролива, который соединяет полузамкнутый водоем с морским бассейном. Ее формирование обусловлено деятельностью течений, которые возникают в проливе, в результате устойчивой разницы уровней, а также под воздействием приливных и сгонно-нагонных течений [12].

Рис. 1. Географическое расположение и внешний вид Генической дельты:
а – регион Азовского моря; б – северо-западная часть Азовского моря; в – Геническая дельта
(космические снимки с ресурса *Google Earth*)

Геническая дельта – это природное образование, которое находится в северной части полуострова Арабатская Стрелка, в ее пределах расположены два морских пролива Тонкий (Генический) и Промойна (Протока). Арабатская Стрелка представляет собой полигенетическое образование, в его структуре большую часть занимает береговой бар, к которому на северо-западе присоединены коренные выступы, а на севере дельта проливов [13].

Выделение дельты проливов, как отдельной структуры Арабатской Стрелки, обусловлено ее генезисом. Как известно [13; 14], формирование Арабатской Стрелки произошло в позднем голоцене, в результате объединения подводного бара с системой коренных островов современного Сиваша. На определенном этапе данная аккумулятивная форма представляла собой систему островов, разделенных промоинами, посредством которых осуществлялась связь между Азовским морем и заливом Сиваш. Эволюция данной формы шла в направлении увеличения ее высоты и объединения островов в единое образование, именно поэтому основная часть промоин была замыта. В северной части Арабатской Стрелки благодаря специфическим гидрологическим условиям промоина трансформировалась в пролив, существование которого и обусловило формирование дельты.

Сгонно-нагонные колебания в западной части моря. Азовское море представляет собой мелководный, замкнутый, бесприливный морской бассейн, в пределах которого проявляются сгонно-нагонные колебания с амплитудой более 4–5 м и продолжительностью в 3–4 дня [3; 6].

Синоптические колебания, в пределах данного моря, характеризуются определенной специфичностью механизма проявления, который подобен сейшевым явлениям с одной узловой линией, проходящей приблизительно через центр моря. Именно поэтому, самые значительные колебания уровня проявляются в наиболее удаленных от центра участках побережья, к которым относятся районы вблизи городов Геническ, Ейск и Таганрог, в то время как наименьшие характерны для Бердянска и Опасного [8; 15].

Следует отметить, что для Азовского моря также характерны суточные колебания уровня, с достаточно значительными амплитудами, которые в свою очередь оказывают влияние на характер катастрофических явлений. Максимальные значения данных колебаний фиксируются в Таганрогском заливе, где они достигают 55 см, в районе Геническа их амплитуда имеет 20 см. При этом, в районе Геническа уровень поднимается днем и опускается ночью, а в Таганроге наоборот [16].

Важное значение имеет тот факт, что современная интенсификация сгонно-нагонных колебаний, происходит на фоне общей тенденции к увеличению уровня моря, причем наибольшие величины угловых коэффициентов линейных трендов отмечаются за последние 60 лет [9].

Максимальная амплитуда сгонно-нагонных колебаний в районе Геническа составляет 423 см, из которых максимум падения уровня достигал отметки в – 187 см [3], а максимальный подъем соответствовал высоте уровня в + 236 см [6].

Длительные наблюдения за колебанием уровня в Азовском море позволили разработать прогноз

проявления катастрофических явлений, согласно которому в районе Геническа 1 раз в 10 лет могут проявляться штормовые нагоны с высотой около 210 см, раз в 25 лет высота нагона может достигать высоты 240 см, с периодичностью в 50 лет проявляются нагоны с высотой в 250 см, и один раз в 100 лет высота уровня может достигать или даже превышать отметку в 260 см. В свою очередь сгонные явления, которые могут достигать отметки – 180 см, проявляются один раз в 10 лет, сгоны – 200 см могут происходить один раз в 25 лет, – 210 см регистрируются раз в 50 лет, а более 220 см повторяются не чаще чем один раз в 100 лет [9].

Исторический анализ показал, что в 1962 году в районе Геническа была зафиксирована максимальная высота нагонного уровня в + 236 см. Штормовой нагон был связан с действием восточного ветра со скоростью 28 м/с, в период с 30 января по 4 февраля. В результате подъема уровня Геническая дельта и прилегающая к ней часть города была затоплена, а Арабатская Стрелка в пределах пониженных участков переплескивалась [6].

Подобные историческому максимуму нагоны проявляются не часто. Следует выделить сильный штормовой нагон с высотой более 2 м, который зафиксирован в 1954 году и был связан с действием восточного ветра со скоростью 20–24 м/с, период с 21 по 30 ноября. В результате подъема уровня дельты и прилегающая часть Геническа были затоплены.

6–10 января 1969 года в районе дельты Генического пролива произошло поднятие уровня моря на высоту 2,25 м. Данный штормовой нагон был обусловлен действием юго-восточного ветра со скоростью 25 м/с. В результате проявления соответствующего нагона поверхность дельты была полностью затоплена и образовался второй пролив – Промоина. Специфика данного нагона была обусловлена температурным режимом воздуха, во время подъема уровня сильно снизилась температура и водная поверхность покрылась льдом. Последующее движение льда в сторону Сиваша привело к частичному разрушению железной дороги [17].

В последние десятилетие количество штормовых нагонов увеличилось, однако катастрофические подъемы уровня с высотой более двух метров не наблюдались (табл. 1).

Следует отметить, что в начале XXI века существенно расширились временные рамки проявления штормовых нагонов, если во второй половине XX века основная часть катастрофических колебаний проявлялась в холодный период (с октября по март), то за последние годы, они все чаще регистрируются и в теплый период (с апреля по сентябрь). Увеличение общего количества штормовых нагонов в районе исследования обусловлено изменениями в структуре ветрового режима над регионом Азовского моря, которые привели к увеличению количества ветров восточной составляющей (рис. 2).

Таблица 1.
Максимальные штормовые нагоны в районе Генической дельты за период с 2009 по 2018 гг.
(по материалам гидрометеорологической станции Геническ)

Дата проявления	Направление ветра	Скорость ветра (м/с)	Высота уровня (м)
16–17 декабря 2009	восток-северо-восток	23–28 м/с	1, 13
18–20 января 2010	восток-северо-восток	24–28 м/с	1,46
3–4 апреля 2011	восток-юго-восток	20–25 м/с	1,04
25–27 января 2012	восток-северо-восток	28–34 м/с	1,56
15–16 апреля 2013	восток	24–28 м/с	1,16
29–30 января 2014	восток-северо-восток	20–28 м/с	1,14
28–29 марта 2015	восток	25–30 м/с	1,15
12–13 октября 2016	юго-восток-восток	20–28 м/с	1,18
25–29 сентября 2017	восток-северо-восток	16–18 м/с	0,7
28–30 ноября 2018	восток-северо-восток	20–24 м/с	1,33

Геоморфологические условия района. Геническая дельта имеет сложную форму, внешне напоминающую многорукавную речную дельту, которая расширяется в направлении залива Сиваш. Ее общая площадь около 16,5 км². Максимальна длина дельты составляет 4,7 км, а ширина существенно меняется – так, в восточной (морской) части она не превышает 1,2 км, в центре расширяется до 5,9 км, а в пределах западной (лагунной) части сокращается до 3,2 км.

Водообмен между Азовским морем и заливом Сиваш осуществляется через два пролива, к которым относятся Тонкий и Промоина, а движение воды в большинстве случаев зависит от направления и скорости ветра.

Пролив Тонкий (Генический) известен с XIV века, он разделяет собой материковый выступ Генического плато и систему островов дельты, среди которых Крячий и Верблюжий. Русло пролива извилистое,

его длина к месту разветвления около 4 км, а до впадения рукавов в Сиваш около 6 км. Ширина пролива изменяется от 80 до 150 м, максимальная глубина около 4,7 м. Ось основного тела пролива направлена с востока на запад-юго-запад [19].

Рис. 2. Сравнительный анализ повторяемости ветра по ст. Геничеськ за разные периоды (за данными [18]; Гидрометеорологической станции Геничеськ)

Пролив Промойна (Протока) в своем современном виде существует с 1970 года. Он отделяет систему островов дельты непосредственно от Арабатской Стрелки. Общая длина русла более 5 км. Русло имеет слабоизвилистый характер, его ширина увеличивается в направлении залива Сиваш, с 60 м на морской части до 500 м при впадении в лагуну. Ось пролива направлена с востока-северо-востока на запад-северо-запад.

В структурном отношении, территория дельты находится в районе западной части субширотного Азовского разлома, который является границей между Причерноморской и Сивашской впадинами. Данное местоположение дельты обуславливает доминирование в ее пределах негативных тектонических движений, скорость которых составляет – 1,2–2,0 мм/год [20]. Проявление негативных движений усиливается процессом осадконакопления, происходящим в пределах дельты, который находит свое отображение в увеличении песчано-илистых отложений дельты и выдвигание ее в сторону Сиваша.

Поверхность дельты и прилегающая часть морского дна характеризуются очень незначительными уклонами от 0,0019 до 0,0034, а доминирующие абсолютные высоты имеют отметки до 0,75 м, за исклю-

чением прирусловых районов проливов, береговой зоны и антропогенных форм рельефа. В связи с тем, что абсолютные отметки высот в пределах района исследования значительно ниже, чем коренной берег Геничеського блока и береговой вал Арабатской Стрелки, в его пределах развиваются штормовые нагоны, а не штормовые переплескивания.

При формировании штормовых нагонов важное значение имеет расчлененность береговой линии. Как известно, максимальной высоты катастрофические подъемы уровня, равно, как и приливы, достигают в вершинах заливов, которые суживаются [14]. На современных картах и космических снимках, морская часть дельты имеет вогнутый характер. Именно вогнутый характер береговой линии и способствует направлению нагонных вод в сторону данной низменной территории, и как следствие происходит повышение уровня и затопление дельты.

Эколого-геоморфологические условия района. На характер эволюции дельты существенное влияние оказали различные виды антропогенной деятельности. Прежде всего они были связаны с созданием подходного судоходного канала к порту Геничеськ, а также с добычей ракушки и строительством железной дороги на поверхности Арабатской Стрелки.

Как известно [12], все подходные судоходные каналы развиваются под очень сильным воздействием природных факторов, направленных на заполнение их прибрежно-морскими наносами. В тоже время само существование каналов оказывает влияние на характер подводного склона и прилегающих участков берега. Именно наличием каналов объясняются многочисленные случаи углубления подводного склона и абразии берега и общее отступление береговой линии [21].

На картах середины XIX и начало XX столетия в районе устья Геничеського пролива расположена небольшая вогнутость береговой линии, которая по своим размерам существенно меньше современной. В то же время, в районе порта Геничеськ, на протяжении более 100 лет существовал подходный канал, длиной около 1 км, при ширине до 60 м и глубине 4,5 м. Периодически, он мелел, за счет занесения илистыми и прибрежно-морскими наносами, и для восстановления его судоходности проводились дноуглубительные работы. По нашему мнению, существование данной антропогенной формы рельефа способствовало размыву и отступанию морской части дельты, и формированию вогнутости.

С конца XIX века и до 1970 года на поверхности большей части Арабатской Стрелки и Геничеськой дельты функционировала железная дорога. При ее строительстве, на поверхности дельты отсыпалась насыпь, материалы для которой добывались непо-

средственно из тела аккумулятивной формы. Поэтому в пределах дельты появились искусственные формы рельефа, которые имели позитивный и линейно вытянутый характер, а также негативные формы площадного характера [22]. Во время штормовых нагонов позитивные формы рельефа представляли собой существенную преграду для морских вод и способствовали подъему уровня. Негативные формы выполняли функцию резервуаров как для нагонных вод, так и для наносов, переносимых во время нагона. Как результат, общий уровень поверхности выравнивался за счет снижения высоты поверхности дельты и заполнения карьеров. Именно поэтому мы считаем, что данные вида антропогенной деятельности способствовали увеличению риска затопления дельты во время нагонов.

Выводы. В пределах современной Генической

дельты характер проявления и амплитуда штормовых нагонов на прямую зависит как от гидрологических, так и геоморфологических условий.

Геоморфологическая обусловленность проявления катастрофических синоптических колебаний связана в первую очередь с морфоструктурными и морфогенетическими особенностями дельты. Последние выражаются в проявлении негативных тектонических движений и в наличии очень незначительных абсолютных отметок высот.

Важное значение имеет также антропогенная деятельность, которая осуществлялась в районе дельты в течение последних 100 лет и в эволюционном отношении способствовала созданию геоморфологических условий, благоприятных для развития штормовых нагонов.

Список литературы

1. Матишов Г.Г. Природные катастрофы и опасные явления в прибрежных зонах в Азово-Черноморском бассейне / Г.Г. Матишов // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»): материалы Международной научной конференции. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. – С. 5–7.
2. Жилиев А.П. Расчет колебаний уровня Азовского моря / А.П. Жилиев // Океанология. – 1972. – 12(1). – С. 49–56.
3. Дьяков Н.Н. Синоптические условия возникновения аномальных колебаний уровня Азовского моря / Н.Н. Дьяков, В.В. Фомин // Труды УкрНИГМИ, 2002. – С. 332–341.
4. Доценко С.Ф. Природные катастрофы Азово-Черноморского региона / С.Ф. Доценко, В.А. Иванов // Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – 174 с.
5. Фомин В.В. Штормовые нагоны в Таганрогском заливе и затопление дельты Дона / В.В. Фомин, Д.И. Лазоренко, Д.В. Алексеев, А.А. Полозок // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, 2015. – 1, С. 74 – 82.
6. Беспалова Л.А. Опасные штормовые нагоны и разрушения берегов Азовского моря / Л.А. Беспалова, А.Е. Цыганкова, Е.В. Беспалова, С.А. Мисиров // Наука юга России, 2019. – Том 15. – № 2. – с. 29–38.
7. Климатический атлас Азовского моря 2006 (Climatic Atlas of the Sea of Azov 2006). Сайт NOAA «National Oceanographic Data Center (NODC)» [Электронный ресурс] (<http://www.nodc.noaa.gov/OC5/AZOV2006/start.html>).
8. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1: Азовское море / Ю.П. Ильин, В.В. Фомин, Н.Н. Дьяков, С.Б. Горбач; МЧС и НАН Украины, Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. – Севастополь, 2009. – 400 с.
9. Атлас экстремальных ветровых колебаний уровня Азовского моря [Электронный ресурс] (www.oceanography.ru/index.php/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-59-06/255-2012-03-26-06-44-52).
10. Черкесов Л.В. Численное исследование сгонно-нагонных процессов и течений Азовского моря в период экстремальных ветров / Л.В. Черкесов, Т.Я. Шульга, Н.Н. Дьяков, Р.Р. Станичная // Морской гидрофизический журнал, 2017. – №5 (197) – С. 3–20.
11. Инжебейкин Ю.И. Формирование опасных течений в Азовском море / Ю.И. Инжебейкин, А.Ю. Московец // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»): материалы Международной научной конференции. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. – С. 53–57.
12. Морская геоморфология: Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения / науч. ред. В.П. Зенкович, Б.А. Попов. – Москва: Мысль, 1980. – 280 с.
13. Зенкович В.П. Берега Черного и Азовского морей / В.П. Зенкович. – Москва: Географгиз, 1958. – 371 с.
14. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов / В.П. Зенкович. – Москва: Изд-во АН СССР, 1962. – 710 с.
15. Давидов О.В. Причини та наслідки штормового нагону в береговій зоні Бердянської затоки 11 листопада 2007 року / О.В. Давидов, О.М. Роскос // Фальц-Фейнівські Читання. Зб. наук. праць [головн. ред. С.В.Шмалей]. – Херсон: ПП Вишемирський, 2009. – С. 74–82.
16. Герман В.Х. Спектральный анализ колебаний уровня Азовского, Черного и Каспийского морей моря в диапазоне частот от одного цикла за несколько часов до одного цикла за несколько суток / В.Х. Герман // Труды ГОИН, 1970. – вып.103. – С. 52–73.

17. *Воровка В.П.* Історія двох проток / В.П. Воровка // Мелитопольский краеведческий журнал. – 2016. – № 7. – С. 85–88.
18. Кліматичний Кадастр України Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна Геофізична Обсерваторія [Електронна версія] (<http://www.cgo.kiev.ua/index.php?dv=pos-klim-kadastr>).
19. *Воровка В.П.* Особливості гідрологічного зв'язку Сивашу з Азовським морем / В.П. Воровка // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2013. – Т. 2 (29). – С. 84–89.
20. *Давидов О.В.* Аналіз тектонічної зумовленості геоморфологічних умов берегової зони Херсонської області / О.В. Давидов, І.М.Котовський та ін.. // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Географічні науки. – 2017. – Вип. 6. – с. 134–140.
21. *Виноградов А.К.* Подходные каналы и их значение в функционировании экосистем акваторий морских портов / А.К. Виноградов, Ю.И. Богатова, И.А. Синегуб // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання природних ресурсів. – 2012. – 26 (1).- С. 34–47.
22. *Роскос А.Н., Давыдов А.В.* Современное антропогенное воздействие на состояние Арабатской Стрелки. – Молоді науковці – географічній науці / під ред. проф. Я.Б. Олійника. – К.: Обрії, 2008. – Вип. IV. – С. 146–149.

GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS OF MANIFESTATION STORMS SURGES IN THE AREA OF HENICHESK DELTA

A.V. Davydov¹, N.A. Roskos², A.N. Roskos²

¹Kherson State University, Kherson

²Odessa I.I. Mechnikov National University, Odessa

svobodny.polet2012@gmail.com, natalya_ber@ukr.net, rosos81alex@gmail.com

Abstract. At the present stage of the geosphere development, in the context of global climatic changes, the number of dangerous hydrological phenomena has significantly increased. Within the northwestern part of the Sea of Azov, the most dangerous natural processes are storm surges. Corresponding catastrophic synoptic phenomena originate with the simultaneous development and superposition of wind and anemobaric fluctuations. The Henichesk delta is located in the western part of the Sea of Azov, in the area of the junction of the Arabat Spit and the Henichesk ledge. This formation is a unique landform, the genesis of which is due to the interaction of various coastal currents and synoptic level fluctuations. In the region of the studied delta, the amplitudes of the wind and seiche oscillations reach quite high marks and therefore have a very important relief-forming value. Theoretical calculations indicate the likelihood level rise in the Henichesk area to a mark of 260 cm and a drop to a height of 220 cm. However, long-term observations indicate lower amplitudes, since the maximum level was recorded in 1962 and reached 236 cm, and the minimum level at the point of -187 cm was recorded in 1969. The development of oscillations with extreme characteristics has certain temporal patterns. In the last ten years, the number of hazardous events in the area of the Henichesk Delta has increased significantly. The formation of these fluctuations is directly dependent on the natural geomorphological conditions of adjacent land and underwater slopes, as well as on certain types of anthropogenic activities. The study of these phenomena is very necessary to optimize nature management in the Sea of Azov region.

Keywords: surges, storm surge, delta, straits.

References

1. *Matishov G.G.* Natural disasters and hazardous phenomena in the coastal zones in the Sea of Azov – Black Sea basin / G.G.Matishov // Regularities of Formation and Impact of Marine and Atmospheric Hazardous Phenomena and Disasters on the Coastal Zone of the Russian Federation under the Conditions of Global Climatic and Industrial Challenges (“Dangerous Phenomena”): Proceedings of the International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 13–23 June 2019). – Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2019. – P. 5–7. (In Russian)..
2. *Zhilyaev A.P.* Calculation of fluctuations in the level of the Sea of Azov / A.P.Zhilyaev // *Okeanologiya*, 1972. – 12(1). – P. 49–56. (In Russian).
3. *D'yakov N.N.* Synoptic conditions of occurrence of anomalous fluctuations in the level of the Sea of Azov / N.N. D'yakov, V.V.Fomin // *Naukovi pratsi UkrNDGI*, 2002. – P.332–341. (In Russian).
4. *Dotsenko S.F.* Prirodnye katastrofy Azovo-Chernomorskogo regiona / S.F.Dotsenko, V.A.Ivanov // Natural disasters of the Azov-Black Sea region. – Sevastopol, EKOSI-Gidrofizika, 2010. – 174 p. (In Russian).
5. *Fomin V.V.* Storm surge in the Taganrog Bay and flooding of the Don Delta / V.V.Fomin. D.I.Lazorenko, D.V.Alekseev, A.A.Polozok // Ecological safety of coastal and shelf zones of sea. – 2015. – P. 74–82. (In Russian).
6. *Bespalova L.A.* Dangerous storm surges and destruction of coast of the sea of Azov / L.A. Bespalova, A.E. Tsygankova, E.V. Bespalova, S.A. Misirov // Science in the South of Russia. – 2019. – VOL.15. – No 2. – P. 29–38. (In Russian).
7. Climatic Atlas of the Sea of Azov 2006. Site NOAA «National Oceanographic Data Center (NODC)». [Electronic resource]. <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/AZOV2006/start.html> (In Russian).
8. Hydrometeorological conditions of the seas of Ukraine. Volume 1: The Azov Sea / Yu.P. Ilyin, V.V.Fomin, N.N. Dyakov, S.B. Gorbach. Sevastopol: UkrNIGMI, 2009. – 400 p. (In Russian).
9. Atlas ekstremal'nykh vetrovykh kolebaniy urovnya Azovskogo morya. [Electronic resource] www.oceanography.ru/index.php/2010-03-15-15-57-22/2010-03-15-15-59-06/255-2012-03-26-06-44-52 (In Russian).
10. *Cherkesov L.V.* Numerical Study of Storm Surge Processes and Currents of the Sea of Azov during a Period of Extreme Winds / L.V.Cherkesov, T.Ya.Shul'ga, N.N.Dyakov, R.R.Stanichnaya // *Physical Oceanography*, 2017. – № 5 (197). – P. 3–20. (In Russian).
11. *Inzhebykin Yu.I.* Formation of dangerous currents in the Sea of Azov / Yu.I. Inzheykin, A.Yu.Moskovets // Regularities of Formation and Impact of Marine and Atmospheric Hazardous Phenomena and Disasters on the Coastal Zone of the Russian Federation under the Conditions of Global Climatic and Industrial Challenges (“Dangerous Phenomena”): Proceedings of the International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 13–23 June 2019). – Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2019. – P.53–57. (In Russian).
12. Marine geomorphology: Terminological reference. Coastal zone: processes, concepts, definitions. Zenkovich V.P., Popov B.A. (Ed.) – Moscow: Thought, 1980. – 280 p. (In Russian).

13. *Zenkovich V.P.* The shores of the Black and Azov Seas / V.P.Zenkovich // Moscow: Geographers, 1958. – 371 p. (In Russian).
14. *Zenkovich V.P.* Fundamentals of the study of the development of seashores / V.P.Zenkovich // Moscow: USSR Academy of Sciences, 1962. – 710 p. (In Russian).
15. *Davydov O.V.* Prychyny ta naslidky shtormovogo nagonu v beregovij zoni Berdjans'koi' zatoky 11 lystopada 2007 roku // O.V. Davydov, O.M. Roskos // Fal'c-Fejnivs'ki Chytannja. Zb. nauk. prac' [Ed. S.V.Shmalje]. – Kherson: PP Vyshemyrs'kyj, 2009. – P. 74–82. (In Russian).
16. *German V.Ch.* Spektral'nyy analiz kolebaniy urovnya Azovskogo, Chernogo i Kaspiyskogo morey morya v diapazone chastot ot odnogo tsikla za neskol'ko chasov do odnogo tsikla za neskol'ko sutok / V.Ch. German // Trudy GOIN, 1970. – 103. – P. 52–73. (In Russian).
17. *Vorovka V.P.* Istorija dvoh protok / V.P.Vorovka // Melitopol'skiy kraevedcheskiy zhurnal. – 2016. – № 7. – P. 85–88. (In Ukraine).
18. Climatic Cadastre of Ukraine. State Hydrometeorological Service Ukrainian Hydrometeorological Research Institute. Central Geophysical Observatory. 2005. [Electronic resource]. <http://www.cgo.kiev.ua/index.php?dv=pos-klim-kadastr> (In Ukraine).
19. *Vorovka V.P.* Peculiarities of hydrological connection between the Syvash lagoon and the Azov sea / V.P.Vorovka // Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology: The scientific collection. – 2013. – Vol. 2 (29). – P. 84–89. (In Ukraine).
20. *Davydov A.V.* Analysis of tectonic dependence of geomorphological conditions of coastal zone of Kherson region / A.V.Davydov, I.M.Kotovskiy, M.A.Zinchenko, S.V.Simchenko // Kherson State University Herald. Series Geographical Sciences, 2017. – № 9. – P. 105–110. (In Ukraine).
21. *Vinogradov A.K.* Podkhodnye kanaly i ikh znachenie v funktsionirovanii ekosistem akvatoriy morskikh portov / A.K. Vinogradov, Yu.I. Bogatov, I.A. Sinegub // Ecological safety of coastal and shelf zones and complex use of shelf resources. – 2012. – 26 (1). – P. 34–47.
22. *Roskos A.N.* Sovremennoe antropogennoe vozdeystvie na sostoyanie Arabatskoy Strelki / A.N. Roskos, A.V. Davydov // Molodi naukovci – geografichnij nauci / pid red. prof. Ja.B. Olijnyka. – K.: Obrii, 2008. – IV. – P. 146–149.