МОНИТОРИНГОВЫЕ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
MONITORING, EXPERIMENTAL AND EXPEDITIONARY RESEARCH

Научная статья / Scientific paper

УДК 556.044+556.54+556.166+556.332.72

DOI: 10.34753/HS.2026.8.2.128

Влияние засухи на состояние морского устья р. Чёрной (Севастопольский регион)

Р. Я. Миньковская[1], А. Н. Демидов[2]

[1]*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия;*

[2]*Севастопольское отделение Государственного океанографического института имени Н.Н. Зубова, г. Севастополь, Россия*

e-mail: rosmink@yandex.ru

Аннотация. В условиях аридного климата Севастопольского региона, особенностей паводочного режима стока р. Чёрной и её притоков, регулирования стока Чернореченским водохранилищем, наиболее неблагоприятные периоды для населения связаны с экологическими рисками, обусловленными засухой. Она приводит не только к дефициту водных ресурсов и проблемам водоснабжения, но и существенно снижает рекреационный потенциал. Исследование влияния низкой межени на состояние морского устья р. Чёрной выполнено на основе натурных данных, полученных в ходе экспедиций отдела гидрофизики шельфа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН» и Севастопольского отделения Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» в 1991–2025 гг., а также стационарных наблюдений на гидропостах и метеостанциях Росгидромета. Основным критерием изменения качества водной среды выбрана солёность поверхностного слоя воды, подверженная существенной изменчивости под влиянием речного стока, сточных вод г. Севастополя, испарения и других факторов. Впервые проанализированы аномальные случаи (составляющие около 20 % океанографических съёмок) осолонения устьевого взморья и устьевого участка р. Чёрной при различном стоке межени и маловетрии. В засушливое лето 2025 г. реки, питающие Чернореченское водохранилище, и притоки р. Чёрной пересохли, что вызвало экстремальное (до 20 ‰), зафиксированное впервые, осолонение поверхностного слоя воды Севастопольской бухты и устьевого участка реки.

Ключевые слова: устье р. Чёрной; засуха; опасные явления; осолонение Севастопольской бухты; изменчивость солёности воды; влияние речного стока на устьевое взморье.

Для цитирования: Миньковская Р. Я., Демидов А. Н. Влияние засухи на состояние морского устья р. Чёрной (Севастопольский регион) // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2026. Т. 8. Вып. 2. С. 128–143. DOI: 10.34753/HS.2026.8.2.128.

The Influence of Drought on the State of the Sea Mouth of the Chernaya River (Sevastopol Region)

Roza Ya. Minkovskaya[1], Alexander N. Demidov[2]

[1]*Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia;*

[2]*Sevastopol Branch of the N.N. Zubov State Oceanographic Institute, Sevastopol, Russia*

e-mail: rosmink@yandex.ru

Abstract. In the conditions of the arid climate of the Sevastopol region, the peculiarities of the flood flow of the Chernaya River and its regulation by the Chernorechensk Reservoir, the most unfavorable periods for the population are associated with environmental risks caused by drought. The study of the effect of low-flow period on the state of the sea mouth of the Chernaya River was carried out on the basis of field data obtained during expeditions of the

Department of Shelf Hydrophysics of Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center «Marine Hydrophysical Institute of the Russian Academy of Sciences», and Sevastopol branch of the Federal State Budgetary Institution «N.N. Zubov State Oceanographic Institute» in 1991–2025, as well as stationary observations at hydrological gauging stations and weather stations of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. The main criterion for changes in the quality of the aquatic environment is the salinity of the surface water layer, which is subject to significant variability under the influence of river runoff, wastewater from Sevastopol, evaporation and other factors. For the first time, anomalous cases of salinization of the estuarine coastal area and the estuarine section of the Chernaya River (about 20 % of oceanographic surveys) were analyzed under different outflow conditions with low wind speeds and reduced runoff. In the dry summer of 2025 the rivers flowing into the Chernorechensk Reservoir, and the tributaries of the Chernaya River dried up, which caused extreme (up to 20 ‰) salinization of the Sevastopol Bay and the estuary section of the river, which was recorded for the first time.

Keywords: mouth of the Chernaya River; drought; dangerous phenomena; salination of Sevastopol Bay; variability of water salinity; influence of river runoff on the estuarine coast.

For citation: Minkovskaya R. Ya., Demidov A. N. The Influence of Drought on the State of the Sea Mouth of the Chernaya River (Sevastopol Region). Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2026, vol. 8, iss. 2, pp. 128–143. DOI: 10.34753/HS.2026.8.2.128. (In Russian; abstract in English).

Введение

На устьевых взморьях рек, в зоне смешения разнородных вод, в диапазоне солёности 2–8 ‰ за счет физических, химических и биохимических процессов происходит уменьшение (на 30–60 %) концентрации минеральных и органических веществ в воде и их депонирование в донных отложениях [1]. Это характерно для межени, когда транспортирующая способность потока уменьшается, а риск заиления устьевых участков рек и прилегающей к ним акватории увеличивается. Климатическая фронтальная зона в устьях рек обычно приурочена к солёности 8–10 ‰ и формируется при маловетрии в период нагрева, при прямой температурной стратификации [2].

Река Чёрная, включая её устьевое взморье, расположена в Севастопольском регионе, её вода аккумулируется в Чернореченском водохранилище, компенсационного типа, и используется для водообеспечения г. Севастополя. К устьевой области реки относятся (рисунок 1): 1 – её устьевой участок (0,6 км); 2 – искусственно созданные на месте плавней, дельты и болота водные объекты (ковш порта г. Инкермана и канал «Река Чёрная», с характерным для черноморских лиманов режимом, условно называемые «Инкерманским лиманом»); 3, 4 – Севастопольская бухта (6,4 км) и прилегающая к ней северо-западная часть Чёрного моря, распресняющиеся в период сильных паводков [3, 4]. Однако в современный климатический период (1991–2025 гг.), в среднем, влияние стока р. Чёрной распространяется в пределах района 3, где и проходит средняя многолетняя морская граница устья. Таким образом, объект исследования ограничен районами 1–4 (см. рисунок 1).

При средних гидрометеорологических условиях, гидрофронтальная зона в устье р. Чёрной локализуется [2] в районе 2 (см. рисунок 1). Для этого района характерна аккумуляция взвешенных органических веществ на верхней границе слоя скачка плотности, увеличение концентрации всех видов гидробионтов, активизация биологических процессов, нарушение вертикального газового обмена. Иногда это приводит к локальному «цветению» фитопланктона в поверхностном слое воды [1], что ухудшает экологические условия Севастопольского региона.

Перемещение зоны взаимодействия речной и морской воды вглубь материка, происходящее из-за трансгрессии моря и потепления климата [5], может привести к устойчивому осолонению ранее пресноводных акваторий, смене биоценозов [6], аккумуляции на устьевом участке реки биогенных веществ, транспортируемых рекой с её бассейна и сбрасываемых со сточными водами, а также нефтяных углеводородов и других загрязняющих веществ, поступающих из Севастопольской бухты [2]. Процессы эвтрофирования воды, характерные для шельфа

северо-западной части Чёрного моря [7], в устье р. Чёрной стали отмечаться регулярно (рисунок 2) из-за аккумуляции поводков в чаше Чернореченского водохранилища, ранее способствовавших «промывке» устьевого участка реки, уменьшения стока воды в период низкой межени, сооружения дорожного перекрытия (дамбы) в вершине устья, что нарушило водообмен между рекой и взморьем [8], а также увеличения индекса трофности [9].

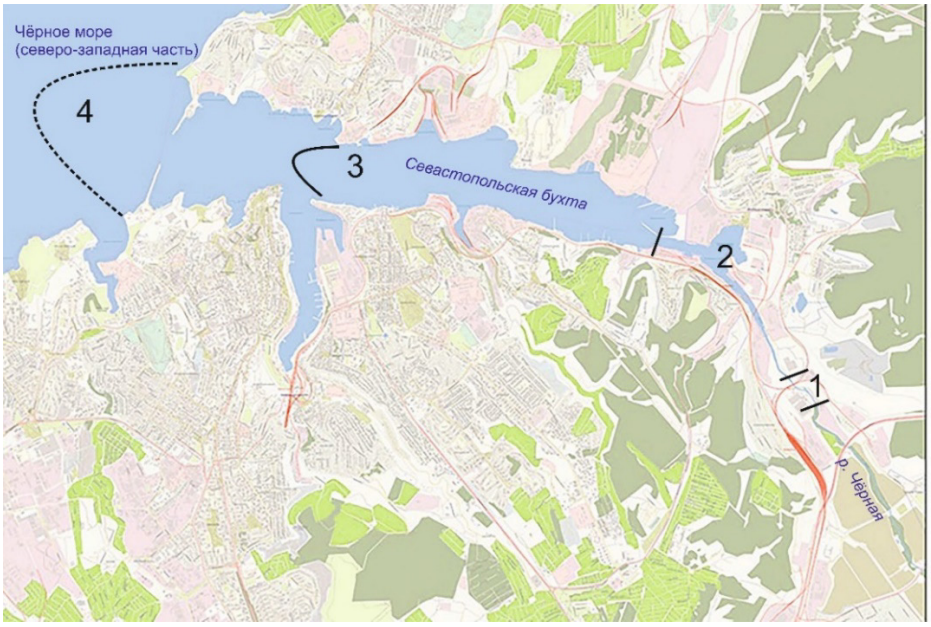


Рисунок 1. Устье р. Чёрной, включающее: 1 – устьевой участок реки; 2 – искусственный водный объект («Инкерманский лиман»); 3 – Севастопольскую бухту; 4 – прилегающую часть Чёрного моря
Figure 1. The mouth of the Chernaya River, which includes: 1 – the mouth of the river; 2 – an artificial body of water («Inkerman Estuary»); 3 – Sevastopol Bay; 4 – the adjacent part of the Black Sea



Рисунок 2. Зарастание и эвтрофирование устьевого участка р. Чёрной в 2023–2026 гг.
Figure 2. Overgrowth and eutrophication of the mouth of the Chernaya River in 2023–2026

По данным [6] увеличение солёности воды устьевого участка р. Чёрной может негативно сказываться на макрозообентосе, так как более благоприятные условия обитания моллюсков приурочены к пресноводной среде устья. По мере осолонения увеличивается средняя численность (почти в 3 раза) и уменьшается средняя биомасса (в 5 раз) макрозообентоса. С 2000-х годов в Севастопольской бухте и на устьевом участке р. Чёрной обнаруживают вселенцев из Чёрного моря, что, очевидно, связано с процессами осолонения [6]. Увеличение солёности устьевого участка р. Чёрной уже привело к снижению численности и биоразнообразия ихтиоцена, к вытеснению и замещению пресноводных видов солоноводными [10]. Аналогичное исследование влияния осолонения на зоопланктон Азовского моря и устья р. Дон, предпринятое в [11], показало, что за 10 лет увеличение солёности воды Таганрогского залива на 0,6 ‰ в год способствовало трансформации видового состава (виды пресноводного комплекса были вытеснены морскими сообществами) и уменьшению видового разнообразия в 1,5 раз.

В устье р. Чёрной, в «Инкерманском лимане» и его узкой части, переходящей в устьевой участок реки (см. рисунок 1), сообщество микроводорослей отличается наибольшим разнообразием, по сравнению с рекой и Севастопольской бухтой [12]. Здесь же увеличение солёности водной среды в период межени способствует увеличению индекса трофности [9], в этот сезон по данным [12] вода оценивается как эвтрофная, а местами сильно эвтрофированная.

Проникновение в придонном слое более солёной воды из Севастопольской бухты на устьевой участок реки способствует обострению стратификации и увеличению до 10 ‰/м вертикального градиента плотности (температуры и солёности воды) в слое скачка, который может сохраняться в течение 5 суток и более, что относится к особо опасным явлениям [2]. При таких условиях замедленный вертикальный обмен приводит к дефициту кислорода в придонном слое воды, что может способствовать появлению сероводорода и даже вызывать заморные явления [13]. Анаэробные условия в верхнем слое донных отложений, риск которых увеличивается при обострении стратификации, обусловлены высоким содержанием органического углерода и значительной скоростью потребления кислорода, затрудненными водообменом и диффузией кислорода между придонным слоем воды и тонкодисперсными отложения, характерными для устья р. Чёрной [13].

Таким образом, процесс осолонения и связанные с ним изменения абиотических и биотических компонентов экосистемы устья р. Чёрной приводят к:

- увеличению солёности воды устьевого участка реки и изменению качества среды обитания гидробионтов;
- возникновению слоя скачка плотности, температуры и солёности, препятствующего вертикальному водо-, соле-, тепло- и газообмену;
- увеличению поступления органических и химических веществ в воду, донные отложения и их накоплению;
- развитию гипоксии и продуцированию локального сероводорода;
- застойным явлениям и эвтрофикации поверхностного слоя воды.

Указанные негативные процессы, приводящие к ухудшению экологических условий в Севастопольском регионе, особенно остро проявляются в засушливый период года, когда сток реки минимальный, температура воздуха и испарение максимальны и преобладает маловетрие. При этом, в условиях усиливающейся засушливости климата [14], наибольший ущерб экономике и хозяйственной деятельности следует ожидать от засух, так как от них в 2 раза больше ущерба, чем от наводнений. Чаще всего засуха в устьевом регионе р. Чёрной отмечается в августе (раз в 3–4 года), в пик туристического сезона, когда население г. Севастополя увеличивается почти вдвое, а запасы воды в Чернореченском водохранилище и подземных горизонтах значительно уменьшаются. По данным [15] глобальное потепление климата проявляется не только в уменьшении атмосферных осадков, но и в увеличении частоты засух и их продолжительности. Повторяемость

и интенсивность аномально жарких периодов, рост дефицита пресной воды при подъёме уровня моря и увеличении температуры воздуха, как и нерациональная хозяйственная деятельность, повышают ущербы от засух. Так, увеличение «средней глобальной температуры приповерхностного слоя воздуха на 20 % снижает объём возобновляемых водных ресурсов в вододефицитных регионах» на 7 % [16]. Крым и Севастопольский регион относятся именно к таким районам Российской федерации, в которых нерешённая «водная проблема» и рост населения, желающего жить на побережье Чёрного моря, приводят к конфликтному природопользованию и ущербам.

Наиболее опасны 2–3-х месячные засухи, обычно они наблюдаются летом, когда отмечается максимальная температура воздуха. Двухмесячные засухи повторяются раз в 6 лет [15]. Они наносят урон водоснабжению города, сельскому хозяйству, рекреации. Трёхмесячная засуха по данным [15] наблюдалась 1 раз за последние 50 лет, в 1984 г., и продолжалась с мая по июль. Ранее, в 1958 г., отмечалась 3-х месячная засуха с июля по сентябрь. Для характеристики засух в Крыму использовался анализ изменчивости температуры воздуха, максимальные значения которой отмечались в июле и августе.

При этом, влияние засух, в том числе и экстремальных, на режим и качество воды низовьев крымских рек не изучалось. Не исследовался и вопрос влияния засушливого периода на солёность воды устьевых взморьев, водо- и солеобмен между взморьями и устьевыми участками рек, проникновением в речные русла солёной воды при минимальном речном стоке. Так как солёность поверхностного слоя воды подвержена существенной изменчивости под влиянием речного стока, сточных вод г. Севастополя, испарения и других факторов, она выбрана в качестве предмета исследования и критерия изменения состояния водной среды устья.

Актуальность исследования реакции водной среды морских устьев рек Крыма на экстремальное ухудшение природных условий, связанное с засухами, не вызывает сомнений. Изменение абиотической составляющей экосистемы устья р. Чёрной, обусловленное потеплением климата и дефицитом водных ресурсов, негативно сказывающиеся на экологических условиях Севастопольского региона, недостаточно изученный процесс.

Цель работы: дать оценку влияния засух на солёность устьевого взморья р. Чёрной в современный климатический период. Для этого проанализированы: изменчивость основных факторов формирования стока (температуры воздуха и слоя осадков на метеостанции Ай-Петри), распределение солёности воды устьевого взморья в период низкой межени и среднего многолетнего стока р. Чёрной, влияние на устье реки экстремальной засухи 2025 г.

Полученные результаты могут быть использованы для решения широкого спектра научно-прикладных задач геофизических и смежных наук, разработки практических рекомендаций по усовершенствованию природопользования в Севастопольском регионе, а также для моделирования масштабов влияния засух на морские устья рек.

Материалы и методы

Для анализа процессов осолонения устьевого взморья р. Чёрной в засушливые периоды года использовались материалы многолетнего мониторинга основных характеристик гидрометеорологического режима реки и Севастопольской бухты, осуществляемого Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН»» (МГИ РАН) с 1998 г., Севастопольским отделением Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова» (СО ГОИН) и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Крым УГМС) с 1991 г. Система мониторинга показана на рисунке 3. С 1986 г. стационарные наблюдения за солёностью воды на МГ-II Севастополь не производятся [17], что

негативно сказывается на качестве мониторинга водной среды устья, а также снижает эффективность расчётных методов и моделирования опасных процессов и явлений.

Измерения солёности воды выполнялись гидрометрическими зондами ГАП-АК-12Р и ГАП-К-12Р, а также рефрактометром RHS-10/ATC и компактным анализатором воды HI 99301. Точность определения солёности воды (в зависимости от её значений и температуры) составляла ±0,04–1,9 ‰. Расхождения при параллельном определении солёности воды разными методами не превышали ±5 %. Проанализированы материалы 147 океанографических съёмок за 1991–2025 гг.

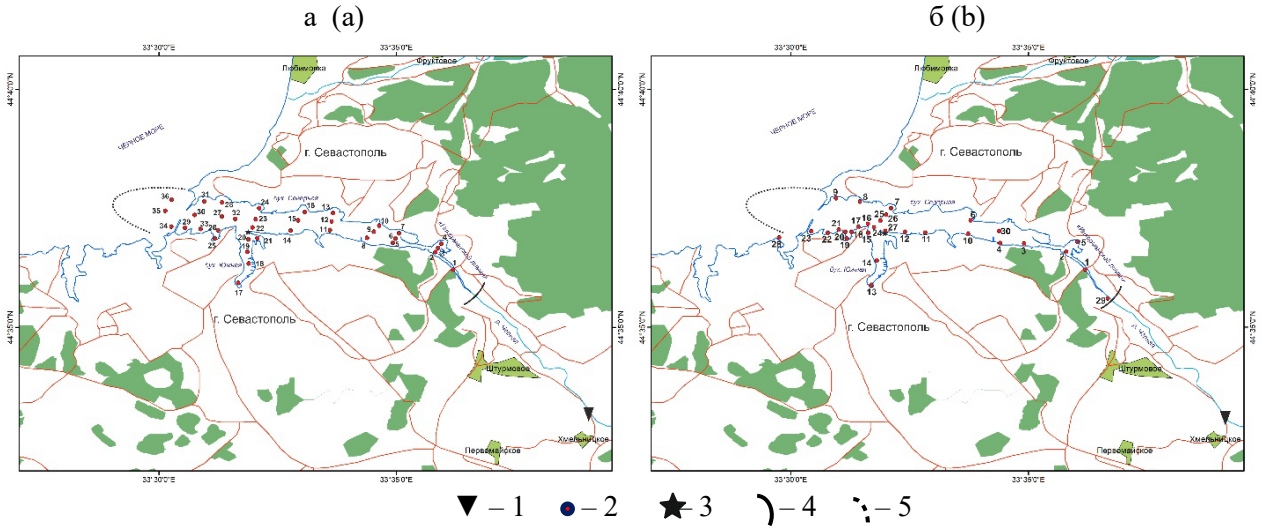


Рисунок 3. Сеть станций мониторинга в устье р. Чёрной в 1998–2024 гг. (а) и в 1925 г. (б): 1 – гидрологический пост Росгидромета (г/п Хмельницкое), 2 – станции океанографических съемок МГИ РАН, 3 – морская гидрометеорологическая станция Павловский мыс (МГ-II Севастополь), 4, 5 – речная и морская границы устья р. Чёрной

Figure 3. The network of monitoring stations at the mouth of the Chernaya River in 1998–2024 (a) and in 1925 (b): 1 – hydrological gauging station of the Russian Hydrometeorological Service (Khmelnitskoye g/s), 2 – the oceanographic survey stations of Marine Hydrophysical Institute of the Russian Academy of Sciences, 3 – Pavlovsky Cape marine hydrometeorological station (MH-II Sevastopol), 4, 5 – river and sea borders of the mouth of the Chernaya River

Однородность рядов наблюдений указанных организаций за солёностью воды, определяемой разными методами, установлена ранее в работе [5], что позволило объединить данные наблюдений в единый ряд. По океанографическим съёмкам (см. рисунок 3 а), выполненным МГИ РАН в Севастопольской бухте в разное время суток в течение 2–3 дней, не всегда можно было построить реальное распределение солёности воды в её акватории из-за существенной изменчивости гидрометеорологических характеристик под действием ветра и волнения, поэтому около 3 % данных не использовалось для анализа. Чтобы выявить закономерность изменчивости солёности воды от речного стока рассматривались случаи, когда сгонно-нагонные явления не были выражены из-за маловетрия, что обычно наблюдалось в период межени, которая отмечается большую часть года, лишь изредка прерываясь кратковременными паводками.

Так как максимальное влияние стока малых рек на состояние их устьев проявляется в поверхностном и тонком приповерхностном слоях воды [18], работа ограничена рассмотрением изменчивости солёности не глубже 0,5 м. Критерием осолонения Севастопольской бухты считалось увеличение солёности поверхностного слоя воды её восточной части до 18,2 ‰ и выше, т.е. равной или большей средней многолетней солёности воды центральной части северо-западного шельфа Чёрного моря [17].

Главный недостаток анализируемых материалов – несовпадение времени океанографических съёмок МГИ РАН и СО ГОИН с характерными расходами воды и опасными гидрометеорологическими явлениями.

К засухам относились периоды с повышенной температурой воздуха (основного фактора испаряемости), пониженным количеством осадков и водоносности рек. В соответствии с Перечнем региональных критериев опасных природных гидрометеорологических явлений[1], они наблюдались при отсутствии эффективных осадков (сумма осадков ≤5 мм/сут) в течение ≥30 дней подряд при максимальной температуре воздуха ≥30,0 °С, наблюдающейся в 75 % продолжительности периода. Но, в Севастопольском регионе засуха возможна и при менее высоких температурах воздуха.

Выбранный для анализа период наблюдений (1991–2025 гг.) за средней многолетней температурой воздуха и годовой суммой осадков на метеостанции (м/с) Ай-Петри, средним многолетним и минимальным стоком р. Чёрной на гидропосту (г/п) Хмельницкое, а также экспедиционных наблюдений МГИ РАН и СО ГОИН в Севастопольской бухте, включал пять циклов маловодных и многоводных лет. Значимость тенденций определялась с использованием критерия Фишера.

Кроме данных стационарных пунктов наблюдений Росгидромета, использовались измерения расхода воды в вершине морского устья р. Чёрной, расположенной ниже г/п Хмельницкое на 8 км, выполненные Отделом гидрофизики шельфа МГИ РАН и СО ГОИН. Впервые, в период трёхмесячной засухи 2025 г., обследованы реки бассейна р. Чёрной, сделаны синхронные измерения расхода воды на г/п Хмельницкое, в вершине морского устья, а также океанографическая съёмка устьевого взморья по сокращённой программе наблюдений (см. рисунок 3 б). К сожалению, выполнить более подробные исследования не удалось по объективным причинам. Хотя случай осолонения Севастопольской бухты, отмечавшийся в августе 2025 г., уникален, измерения производились только в поверхностном слое воды, т.е. солёность в придонном слое могла иметь равное или бóльшее значение.

Обсуждение результатов

Анализ факторов формирования водного режима устья р. Чёрной показал, что в последние 35 лет годовой слой осадков в зоне формирования стока реки составлял 996 мм (533–1508 мм), средний слой осадков в бассейне реки – 430 мм, средняя годовая температура воздуха – 6,7 °С (4,5–8,5 °С), средний годовой расход воды в замыкающем створе (г/п Хмельницкое) – 1,72 м^3/с (0,43–3,46 м^3/с). Минимальный расход воды изменялся в пределах 0,053–1,04 м^3/с и в среднем был равен 0,52 м^3/с (рисунок 4). При этом в устье р. Чёрной (см. рисунок 1), по данным МГ-II Севастополь, средняя годовая температура воздуха составляла 13,4 °С, а сумма осадков – 395 мм.

Более тёплым годам соответствовали низкие значения суммы осадков, а в холодные годы осадков выпадало больше. Сток реки в нижнем бьефе Чернореченского водохранилища такой закономерности в явном виде не имел, так как регулируется сбросами, нивелирующими его внутригодовой ход и межгодовые вариации (см. рисунок 4).

[1] Перечень региональных критериев опасных природных гидрометеорологических явлений (ОЯ), утверждённого Приказом Крымского УГМС № 113 от 27.11.2025. https://meteo-crimea.ru/?page_id=2598 Дата обращения 05.06.2026.

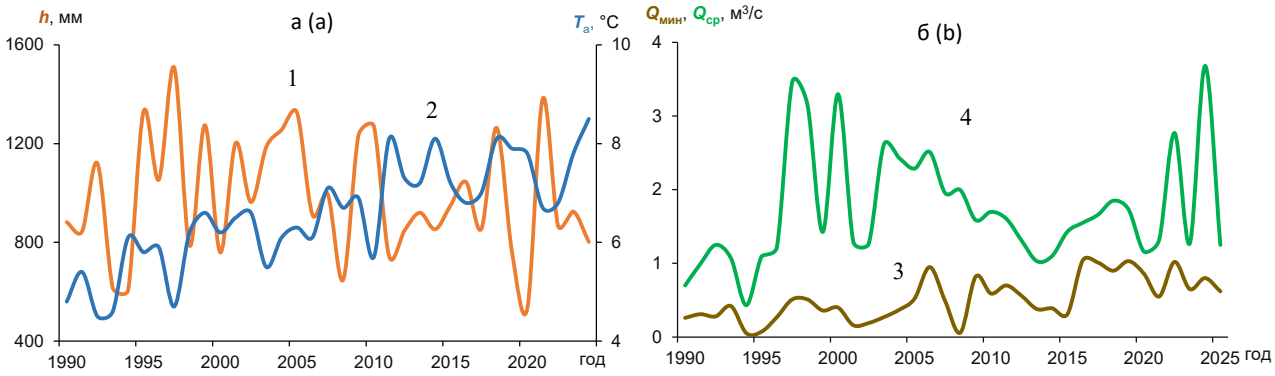


Рисунок 4. Изменчивость температуры воздуха, слоя осадков на м/с Ай-Петри (а), минимального и среднего годового расхода воды р. Чёрной на г/п Хмельницкое (б):
1 – сумма осадков за год; 2 – средняя годовая температура воздуха;
3 – минимальный расход воды; 4 – средний годовой расход воды

Figure 4. Variability of air temperature, precipitation layer on the Ai-Petri m/s (a), minimum and average annual water consumption of the Chernaya River in the Khmelnitsky g/s (b):
1 – the amount of precipitation per year; 2 – average annual air temperature;
3 – minimum water consumption; 4 – average annual water consumption

В устье реки поступало в среднем только 15 % (2÷35 %) речного стока от измеренного на г/п Хмельницкое [19], так как в нижнем течении реки осуществляется водозабор для нужд г. Севастополя. Размах измеренных в меженный период расходов воды в вершине устья (см. рисунок 1) был в пределах 0,62 м^3/с, исключая зимы 1997 и 2024 годов, когда осуществлялись аварийные сбросы из Чернореченского водохранилища [4] и сток в вершине устья был таким же, как на г/п Хмельницкое. Значимых трендов в изменении суммы осадков за год и среднего годового стока р. Чёрной в низовьях реки не обнаружено (см. рисунок 4). Однако в современный период отмечалась положительная тенденция солёности воды, из-за роста испарения, равная 0,05–0,06 ‰/год. Температура воды увеличивалась в среднем на 0,07 °С/год [5]. В настоящее время многоводная фаза многолетнего цикла стока р. Чёрной, очевидно, сменилась маловодной (см. рисунок 4).

В рассматриваемый период (1991–2025 гг.) особенно засушливыми были 1994, 2001, 2008, 2015, 2021 и 2025 годы (см. рисунок 4). То есть, в основном, значительные засухи наблюдались раз в 7 лет, как и в предшествующие климатические периоды. Такая же цикличность (в среднем 7-летняя) в изменчивости температуры воздуха и суммы осадков на м/с Ай-Петри для периодов в 30–35 лет (цикл Брикнера) отмечалась и в предыдущих 30–35-летних периодах [20].

Компенсационные сбросы из Чернореченского водохранилища поддерживали водоносность нижнего участка реки, что было необходимо для бесперебойного водоснабжения г. Севастополя. Но, дефицит осадков и высокая температура воздуха приводили к пересыханию малых рек и прудов в бассейне р. Чёрной, истощению водных запасов Чернореченского водохранилища и подземных вод. В 1994 г. в Крыму пересохло 2 водохранилища, а количество воды в остальных снизилось до уровня мёртвого объёма. При таких условиях отмечался значительный ущерб сельскому хозяйству, а в населённых пунктах вводился особый режим водоснабжения.

Значимый тренд средней годовой температуры воздуха, 0,08 град/год (см. рисунок 4), обусловленный глобальным потеплением климата, способствует увеличению испарения с водной поверхности Чёрного моря и устьевого взморья р. Чёрной. Это, а также трансгрессия моря, обусловливают осолонение поверхностного слоя воды рассматриваемого устья [5]. Повторяемость осолонения восточной части Севастопольской бухты составляла около 20 %. Поскольку приток речной воды в вершину

устья примерно постоянен (низовья реки после сооружения Чернореченского водохранилища не пересыхали), в районах 1, 2 (см. рисунок 1) контрастность, при взаимодействии пресной и солёной воды, увеличивается. При слабоветрии и штиле, обычно в межень, стратификация воды усиливалась, возникал слой скачка плотности, препятствующий вертикальному обмену, и отмечался дефицит растворённого кислорода (процент насыщения кислородом был ниже 30 %) в 4 % случаев на устьевом участке р. Чёрной и в 2 % случаев в прилегающей к нему акватории устьевого взморья. На устьевом участке реки, в канале «Река Чёрная» и в «Инкерманском лимане» концентрация растворённого кислорода была ниже ПДК[2] (6 мг/дм^3) в 8–9 % случаев, а в прилегающей части Севастопольской бухты – зафиксирована в 3 % океанографических съёмок. Такие ситуации заметно ухудшали экологические условия в Севастопольском регионе.

На рисунках 5, 6 показано распределение солёности верхнего слоя воды устьевого взморья р. Чёрной при средних и экстремальных гидрометеорологических условиях.

При среднем многолетнем режиме стока р. Чёрной (1,72 м^3/с) и средних многолетних погодных условиях формируется поле солёности, представленное на рисунке 5 а. Распресняется бóльшая часть Севастопольской бухты, осолонение до 18 ‰ и выше отмечается преимущественно в её западной части. Наиболее распреснёнными участками остаются кутовые части бухт, причём Южная и Артиллеристская бухты распресняются сточными и подземными водами. Гидрофронтальная зона локализуется в узкой части «Инкерманского лимана» (см. рисунок 6 б).

Бóльшую часть года в водном режиме устья отмечается межень (на г/п Хмельницкое средний многолетний меженный расход воды составлял 1,38 м^3/с), осадков выпадает мало, речной (средний минимальный – 0,83 м^3/с, абсолютный минимум – 0,053 м^3/с), склоновый и подземный стоки минимальные и имеют повышенную минерализацию, устьевое взморье максимально осолоняется (см. рисунок 5 б). Вода, солёностью более 19 ‰, занимает половину акватории Севастопольской бухты, гидрофронтальная зона смещается по направлению к устьевому участку реки и градиенты солёности (горизонтальные и вертикальные) увеличиваются.

В 2025 г. в Крыму рано наступил засушливый период, с марта осадков выпало менее 30 % нормы, а с июля в регионе установили режим природной чрезвычайной ситуации[3]. Из-за отсутствия осадков в мае–июле поступление воды в Чернореченское водохранилище прекратилось, реки, включая р. Чёрную, пересохли. По данным Крымского УГМС, наполнение Чернореченского водохранилища в конце июля 2025 г. составляло 34 % от его полезного объёма. По данным натурных исследований МГИ РАН и СО ГОИН, в результате трёхмесячной засухи, пересохли не только реки, питающие единственный источник водоснабжения Севастополя, но и впадающие в р. Чёрную, ниже плотины водохранилища, притоки: Уркуста, Байдарка, Уппа, Айтодорка и Сухая. Также местами полностью пересыхали реки Кача и Бельбек, образуя «слепые устья». В нижнем течении р. Чёрной постоянный сток поддерживался сбросами из водохранилища и приток пресной воды в Севастопольскую бухту оставался постоянным.

[2] Приказ от 26 мая 2025 г. № 296 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». Зарегистрировано в Минюсте России 2 июня 2025 г. № 82497. https://www.consultant.ru/. Дата обращения 29.05.2026.

[3] Месячные обзоры погоды за 2025 г. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Крым УГМС) https://meteo-crimea.ru/. Дата обращения 19.11.2025.

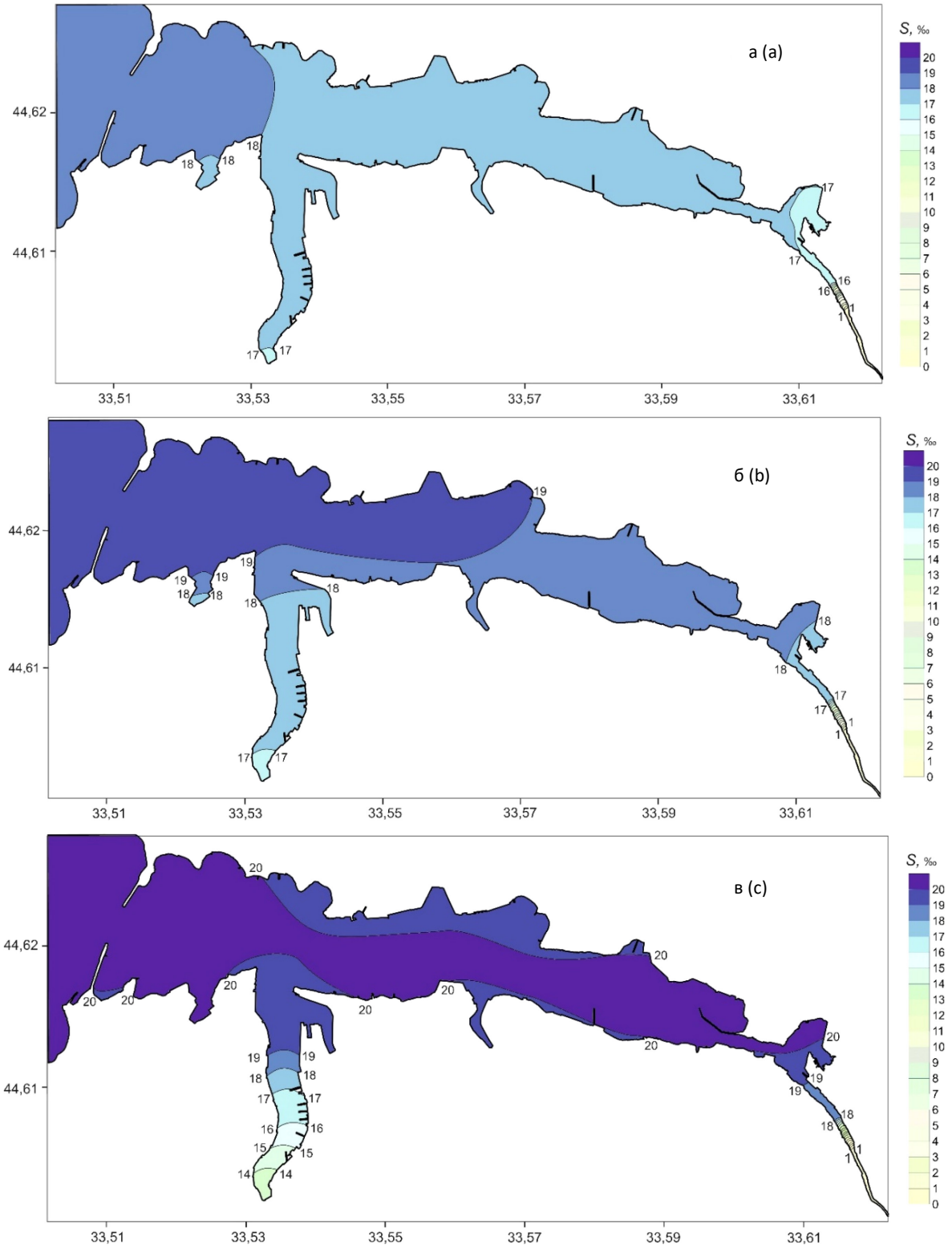


Рисунок 5. Распределение солёности поверхностного слоя воды в устье р. Чёрной: а – при среднем многолетнем стоке на г/п Хмельницкое (а), среднем стоке межени (б) и засухе летом 2025 г. (в)

Figure 5. Distribution of the salinity of the surface water layer at the mouth of the Chernaya River: a – with an average long-term runoff at the Khmelnitskoye g/s (a), an average runoff of the low water period (b) and in drought the summer of 2025 (c)

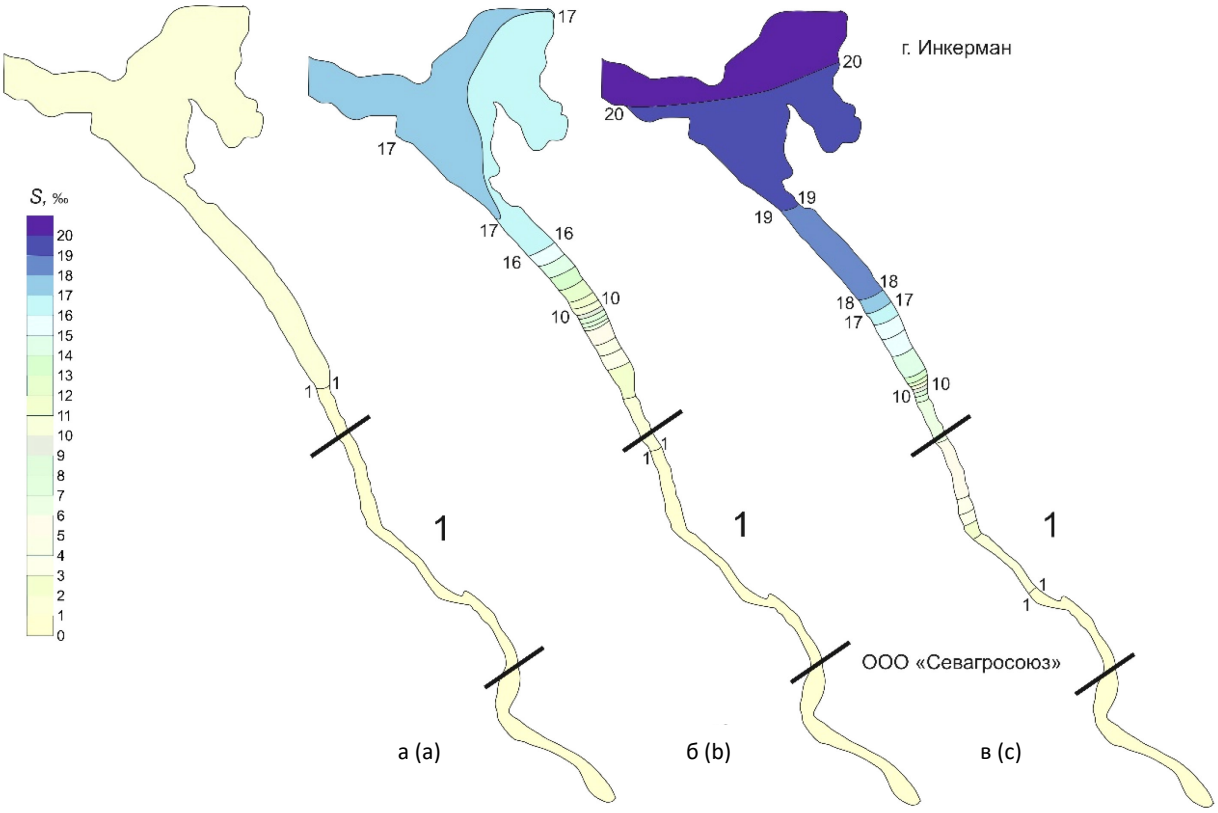


Рисунок 6. Изменчивость солёности поверхностного слоя воды устьевого участка р. Чёрной и прилегающей части устьевого взморья при разном расходе воды на г/п Хмельницкое, м^3/с: а – 28,0; б – 1,72; в – 0,62; 1 – устьевой участок р. Чёрной

Figure 6. Variability of the salinity of the surface water layer of the mouth of the Chernaya River and the adjacent part at different water flow rates in the Khmelnitsky g/s, m^3/s: a – 28.0; b – 1.72; c – 0.62; 1 – the mouth section of the Chernaya River

В период натурных исследований 28.08.2025 температура воздуха изменялась в пределах 28–32 °С, температура воды – 24–27 °С, осадков не было, преобладал штиль и восточный ветер скоростью 2 м/с. Распределение солёности поверхностного слоя воды показано на рисунках 5 в и 6 в. Солёная морская вода (20 ‰), при расходе р. Чёрной на г/п Хмельницкое 0,62 м^3/с и 0,16 м^3/с в вершине устья (что соответствовало средним многолетним условиям меженного периода стока), занимала бóльшую часть Севастопольской бухты, проникала в «Инкерманский лиман» и на устьевой участок реки (см. рисунок 6 в).

В засушливый период 2025 г. на устьевых взморьях рек Бельбека и Качи солёность воды также достигала максимальных значений – 19–20 ‰, а на их устьевых участках солёность стоячей воды в «слепых устьях» изменялась в пределах 2–17 ‰. Следовательно, осолонение в результате низкой водоносности рек в 2025 г. было характерно для шельфа северо-западной части Чёрного моря из-за низкого стока рек Дуная и Днепра. Очевидно, отсутствие регулирующего влияния на сток р. Днепр Каховского водохранилища (плотина которого была разрушена в 2023 г.) усилило негативный эффект низкой межени на устьевое взморье рек Днепра и Южного Буга, а также акваторию черноморского шельфа, включая прибрежную часть юго-западного Крыма.

Из рисунков 5, 6 видно, что фронтальная зона в морском устье малой реки, с таким типом устьевого взморья [2], имеет сложную конфигурацию из-за многофакторного влияния на термохалинную структуру. Локальные гидрофронты формируются на устьевом участке реки и прилегающей к нему искусственно созданной в середине XX в. акватории, а также в бухте Южной, куда сток р. Чёрной обычно не распространяется.

Несмотря на то, что р. Чёрная относится к малым рекам (её длина 35 км), речной сток, хотя и небольшой, оказывает существенное влияние не только на устьевой участок реки, но и на всё устьевое взморье [2]. Однако в узкой 2- километровой (от вершины устья) зоне взаимодействие разнородных вод имеет наиболее выраженный характер, градиенты и изменчивость всех абиотических характеристик в этой части устья наибольшие (см. рисунок 6). Здесь чаще всего образуется локальный гидрофронт, в котором горизонтальные градиенты достигают 0,5 ‰/м, а вертикальные 10 ‰/м. Таких значительных горизонтальных градиентов в устьях больших рек северо-западной части Чёрного моря (по данным МГИ и СО ГОИН) не обнаружено. В условиях засухи и осолонения бухты контрастность взаимодействующих вод возрастает и градиенты плотности, солёности и температуры максимальны (см. рисунки 6 б, в). Ранее было установлено [8], что гидрофронтальная зона подвержена суточным продольным перемещениям под влиянием бризовой, приливно-отличной и сгонно-нагонный циркуляций.

В паводок средней величины (см. рисунок 6 а) устьевой участок реки заполнялся пресной водой. При среднем многолетнем стоке реки (см. рисунок 6 б), в современный климатический период, клин солёной воды стал поступать на устьевой участок реки, даже в поверхностном слое воды солёность увеличивалась до 1 ‰. Летом 2025 г., в период засухи, на устьевом участке реки солёность воды изменялась в пределах 1–6 ‰ (рис. 6 в), т.е. достигала критериальных значений для пресноводных гидробионтов [21], что неблагоприятно сказывается на их жизнедеятельности.

Здесь же, кроме изменений солёности воды, на биотическую составляющую устьевой экосистемы влияют резкие колебания температуры воды, дефицит кислорода и загрязнение водной среды, обусловленное антропогенным воздействием. На устьевом участке реки расположена агрофирма ООО «Севагросоюз» (см. рисунок 6), осуществляющая сбросы сточных вод в р. Чёрную. По данным [22] в районе водовыпуска агрофирмы «Севагросоюз» отмечается повышенное содержание биогенных веществ и их количество в воде возрастает.

Трансформация загрязняющих и биогенных веществ в условиях экстремального осолонения устьевого участка р. Чёрной, при установленных для пресноводного приёмного объекта допустимых сбросах сточных вод, недостаточно изучена. Это делает проблематичным прогноз влияния стоков агрофирмы и фермерских хозяйств на окружающую природную среду в условиях потепления климата и истощения водных ресурсов в период засух.

Кроме негативного влияния засух на устье р. Чёрной, с проблемой низкой межени рек, питающих основной источник поверхностных вод (Чернореченское водохранилище), тесно связана проблема водообеспечения, экологического благополучия и безопасности в Севастопольском регионе. Необходимость реконструкции единственного водохранилища, истощение водных ресурсов в маловодные периоды, повышение минерализации подземных вод в условиях активизации водозабора из них – обусловливают целесообразность создания дополнительного источника пресной воды на территории г. Севастополя. Таким резервом водных ресурсов могло бы стать сооружение водохранилища в Камышловской балке в бассейне р. Бельбек. По предварительным расчётам, выполненным в МГИ РАН, эффективность аккумуляции паводочного стока р. Бельбек (более многоводной, чем р. Чёрная) в прирусловой Камышловской балке достаточно высока, даже при минимальных затратах. Например, при высоте дамбы 30 м и без гидроизоляции ложа водохранилища, может быть обеспечено покрытие водного дефицита в объёме 30 млн $м^3$, возникающего в период засух, аналогичных 1958, 1984 и 2025 гг.

Таким образом, организация МГИ РАН и СО ГОИН эпизодических, неэквидистантных наблюдений за состоянием устья р. Чёрной только частично решает проблему мониторинга и не позволяет фиксировать все особенности влияния природно-антропогенных изменений на состояние водной среды и экосистему устья при экстремальных ситуациях (паводки, засуха),

исследовать устьевые процессы взаимодействия речной и морской воды. Эта проблема могла бы быть решена путём восстановления стационарных наблюдений за солёностью воды Росгидромета на МГ-II Севастополь, а также организации автоматизированной системы наблюдений в районе г. Инкермана.

Заключение

Установлено, что в современный 35-летний период случаи аномального осолонения устьевого взморья и устьевого участка р. Чёрной при различном стоке межени и маловетрии составляют около 20 % от 147 океанографических съёмок. В условиях межени и засухи фронтальная зона в устьях малых рек может формироваться на локальных участках, протяжённостью 0,2–1,0 км, с горизонтальными градиентами солёности воды до 0,5 ‰/м. В устьях больших рек северо-западной части Чёрного моря таких существенных горизонтальных градиентов солёности воды не было зафиксировано.

Впервые получены результаты синхронных измерений расхода воды реки и солёности поверхностного слоя воды от г/п Хмельницкое до морской границы устья р. Чёрной. Оказалось, что в период засухи 2025 г. солёность устьевого взморья может достигать 20 ‰, чего в предыдущих исследованиях не отмечалось. Аномальная солёность поверхностного слоя воды относительно мелководной Севастопольской бухты в условиях повышенного испарения и низкой межени может быть выше, чем в северо-западной части Чёрного моря, которая распресняется стоком рек Дуная, Днестра и Днепра.

Процессы экстремального осолонения пресноводных и солоноводных акваторий и их влияние на состояние устьев малых рек Севастопольского региона изучено недостаточно. Однако увеличение солёности устьевых участков рек может вызывать проблемы природопользования, потому что губительно влияет не только на биотические составляющие устьевых экосистем, но и изменяет условия допустимого воздействия на окружающую среду сбросов сточных вод, рассчитанных для условий пресного водотока (например, р. Чёрной).

Отсутствие стационарных наблюдений за солёностью воды в Севастопольском регионе, критерием взаимодействия реки и моря, снижает качество мониторинга состояния морского устья р. Чёрной в условиях глобального и регионального изменения климата и уровня хозяйственной деятельности. Решением этого вопроса может быть организация автоматизированной системы наблюдений на МГ-II Севастополь и в районе г. Инкермана.

Устранение проблемы дефицита пресноводных ресурсов и его негативного влияния на водную среду устьевого взморья р. Чёрной видится в сооружении резервного водохранилища в Камышловской балке, в долине р. Бельбек. Это снизило бы нагрузку на Чернореченское водохранилище и низовья р. Чёрной в период засух. Улучшению экологического состояния устьевого участка р. Чёрной будут способствовать: усовершенствование системы водоснабжения и водопользования в Севастопольском регионе, ликвидация дамбы и сооружение на её месте моста в вершине устья, что увеличит пропускную способность русла и восстановит естественный водообмен между рекой и морем, а также усиление контроля за несанкционированными изъятиями и сбросами воды в бассейне р. Чёрной.

Полученные результаты могут быть использованы для оценки проникновения солёной воды на устьевой участок р. Чёрной, обменных процессов, разработки модели формирования экстремальных ситуаций в условиях потепления климата и увеличения антропогенной нагрузки, усовершенствования системы мониторинга опасных явлений и выработки предложений по минимизации возможных от них ущербов.

Источники финансирования

Работа выполнена за счёт средств бюджета Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» в рамках темы № FNNN-2024-0016 «Исследование пространственно-временной

изменчивости океанологических процессов в береговой, прибрежной и шельфовых зонах Черного моря под воздействием природных и антропогенных факторов на основе контактных измерений и математического моделирования» (шифр «Прибрежные исследования») и СО ГОИН по теме 3-1-2 «Разработка новых методов и моделей для учёта климатической информации при решении задач снижения рисков в отраслях экономики, связанных с климатическими факторами». Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература / References

1. Гордеев В.В. Геохимия системы река–море. М.: ООО «СамПолиграфист», 2012. 452 с.
2. Миньковская Р.Я. Комплексные исследования разнотипных морских устьев рек (на примере морских устьев рек северо-западной части Чёрного моря). Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ РАН, 2020. 364 с. DOI: 10.22449/978-5-6043409-2-9.
3. Иванов В.А., Овсяный Е.И., Репетин Л.Н. и др. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. 91 с.
4. Миньковская Р.Я., Демидов А.Н., Наривончик С.В. Влияние стока реки Чёрной (Севастопольский регион) на устьевое взморье во время паводков // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2024. Т. 6. № 2. С. 138–156. DOI: 10.34753/HS.2024.6.2.138.
Minkovskaya R.Ya., Demidov A.N., NarivonchikS.V. The effect of the runoff of the Chernaya River (Sevastopol region) on the estuarine coast during floods. Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2024, vol. 6, iss. 2, pp.138−156. (In Russian; abstract in English). DOI: 10.34753/HS.2024.6.2.138.
5. Наривончик С.В., Миньковская Р.Я., Дьяков Н.Н., Мальченко Ю.А., Щербаченко С.В. Изменчивость солёности воды устьевого взморья реки Чёрной (Севастопольский регион) в современный климатический период // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2022. Т. 4. № 4. С. 359–380. DOI: 10.34753/HS.2022.4.4.359.
Narivonchik S.V., Minkovskaya R.Ya., Dyakov N.N., Malchenko Yu.A., Shcherbachenko S.V. Variability of water salinity in the estuarine coast of the Chernaya River (Sevastopol region) in the modern climatic period. Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2022, vol. 4, iss. 4, pp. 359−380. (In Russian; abstract in English). DOI: 10.34753/HS.2022.4.4.359.
6. Макаров М.В., Витер Т.В. Пространственно-временные изменения в макрозообентосе устья реки Черной и вершины Севастопольской бухты (юго-западный Крым) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Том 7 (73). № 4 С. 92–107.
Makarov M.V., Viter T.V. Spatio-temporal changes in the macrozoobenthos of the Chernaya River estuary and the head of the Sevastopol Bay (southwestern Crimea). Scientific Notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry, 2021, vol. 7 (73), no. 4, pp. 92−107. (In Russian; abstract in English).
7. Берлинский Н.А., Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И. Проблемы антропогенного эвтрофирования и развития гипоксии в северо-западной части Черного моря // Экология моря. 2003. №. 63. С. 17–22.
8. Миньковская Р.Я., Слепчук К.А., Антоненков Д.А. Обменные процессы в устье р. Черной (Севастопольский регион) по данным комплексного мониторинга // Океанология. 2026. Т. 66. № 1. С. 28–42.

Minkovskaya R.Ya., Slepcuk K.A., Antonenkov D.A. Exchange processes in the Chernaya River estuary (Sevastopol region) based on comprehensive monitoring data. Oceanology, 2026, vol. 66, no. 1, pp. 28−42. (In Russian; abstract in English).

9. Слепчук К.А., Совга Е.Е. Уровень эвтрофирования восточного района Севастопольской бухты по результатам численного моделирования индекса E-TRIX // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. № 2. С. 53–59.
Slepcuk K.A., Sovga E.E. Eutrophication level of the eastern part of the Sevastopol Bay based on numerical modeling of the E-TRIX index. Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea, 2018, no. 2, pp. 53−59. (In Russian; abstract in English).
10. Аблязов Э.Р. Влияние межгодовой изменчивости солёности и температуры воды на структуру ихтиоцена эстуарной зоны реки Чёрная //Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2016. № 3. С. 90–94.
Abliazov E.R. Influence of interannual variability of water salinity and temperature on the structure of the fish community in the estuarine zone of the Chernaya River. Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea, 2016, no. 3, pp. 90−94. (In Russian; abstract in English).
11. Афанасьев Д.Ф., Мирзоян З.А., Мартынюк М.Л., Хренкин Д.В., Шляхова Н.А., Бычкова М.В., Жукова С.В. Раннелетний зоопланктон Азовского моря в период осолонения // Биология внутренних вод. 2019. № 2. Вып. 2. С. 51–60.
Afanasyev D.F., Mirzoyan Z.A., Martynyuk M.L., Khrenkin D.V., Shlyakhova N.A., Bychkova M.V., Zhukova S.V. Early summer zooplankton of the Sea of Azov during the salinization period. Inland Water Biology, 2019, no. 2, iss. 2, pp. 51−60. (In Russian; abstract in English).
12. Микроводоросли Чёрного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования / Под ред. Ю.Н. Токарева, З.З. Финенко, Н.В. Шадрина; НАН Украины, Институт биологии южных морей. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. 454 с.
13. Орехова Н.А., Коновалов С.К. Формирование зон дефицита кислорода и сероводородного заражения прибрежных районов в условиях антропогенного воздействия// Труды II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития». С. 503–506.
14. Дегтерев А.Х. Изменение климата Крыма за последние десятилетия // Вопросы безопасности. 2020. № 2. DOI: 10.25136/2409-7543.2020.2.32821.
Degterev A.Kh. Climate change in Crimea over recent decades. Security Issues, 2020, no. 2. (In Russian; abstract in English). DOI: 10.25136/2409-7543.2020.2.32821.
15. Дегтерев А.Х. Повторяемость сильных засух в Крыму и их связь с Эль-Ниньо // Вопросы безопасности. 2023. № 2. DOI: 10.25136/2409-7543.2023.2.40861 EDN: ESLAFEURL.
Degterev A.Kh. Recurrence of severe droughts in Crimea and their connection with El Niño. Security Issues, 2023, no. 2. (In Russian; abstract in English). DOI: 10.25136/2409-7543.2023.2.40861.
16. Кокорин А.О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК / М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. 80 с.
17. Гидрометеорологические условия морей Украины в 2 т. Том 2: Черное море / Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н. и др. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2012. 421 с.
18. Завьялов П.О. и др. Гидрофизические и гидрохимические характеристики морских акваторий у устьев малых рек российского побережья Черного моря // Океанология. 2014. Т. 54. № 3. С. 265–280.
Zavyalov P.O. et al. Hydrophysical and hydrochemical characteristics of sea areas near the mouths of small rivers on the Russian Black Sea coast. Oceanology, 2014, vol. 54, no. 3, pp. 265−280. (In Russian; abstract in English).

19. Миньковская Р.Я., Наривончик С.В., Свищева И.А., Антоненков Д.А., Демидов А.Н. Оценка стока рек юго-западного Крыма с учетом природно-антропогенных изменений // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2025. 6(2). 191–213. DOI: 10.34753/HS.2024.6.2.191.
Minkovskaya R.Ya., Narivonchik S.V., Svishcheva I.A., Antonenkov D.A., Demidov A.N. Assessment of river runoff in southwestern Crimea taking into account natural and anthropogenic changes. Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2025, vol. 6, iss. 2, pp. 191−213. (In Russian; abstract in English). DOI: 10.34753/HS.2024.6.2.191.

20. Парубец О.В. Изменение Климата в Крыму // Ученые записки Таврического Национального университета им. В.И. Вернадского. Серия География. 2009. Т.22 (61). № 2. С. 88–96.
Parubets O.V. Climate change in Crimea. Scientific Notes of the V. I. Vernadsky Taurida National University. Series Geography, 2009, vol. 22 (61), no. 2, pp. 88−96. (In Russian; abstract in English).

21. Хлебович В.В. Критическая соленость биологических процессов. Л.: Наука, 1974. 231 с.

22. Мыслина М.А., Вареник А.В., Тарасевич Д.В. Динамика концентрации биогенных элементов в водах реки Черной (Крымский полуостров) в 2015–2020 годах // Морской гидрофизический журнал. 2024. Т.40. № 3. С. 438–449. EDN UGRJUT.
Myslina M.A., Varenik A.V., Tarasevich D.V. Dynamics of nutrient concentration in the waters of the Chernaya River (Crimean Peninsula) in 2015–2020. Marine Hydrophysical Journal, 2024, vol. 40, no. 3, pp. 438−449. (In Russian; abstract in English). EDN UGRJUT.

Поступила в редакцию / Received 19.07.2026
Принята к публикации / Accepted 18.08.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Миньковская Роза Яковлевна, доктор географических наук, старший научный сотрудник отдела гидрофизики шельфа, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь, Россия; SPIN-код: 3912-8140, ORCID: 0000-0002-7936-3490, ResearcherID IQW-1459-2023, AuthorIDScopus: 56422395100; e-mail: rosmink@yandex.ru.

Демидов Александр Никитич, научный сотрудник, Севастопольское отделение Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова», г. Севастополь, Россия; SPIN-код: 8401-4595; e-mail: sev-oazis@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Roza Ya. Minkovskaya, D. Sc. (Geography), Senior Researcher of the Shelf Hydrophysics Department, Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center "Marine Hydrophysical Institute of RAS", Sevastopol, Russia; SPIN-code: 3912-8140, ORCID: 0000-0002-7936-3490, ResearcherID: IQW-1459-2023, AuthorIDScopus: 56422395100; e-mail: rosmink@yandex.ru.

Alexander N. Demidov, research assistant, Sevastopol Branch of the N.N. Zubov State Oceanographic Institute, Sevastopol, Russia; SPIN-code: 8401-4595; e-mail: sev-oazis@mail.ru.