

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО,
ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 626/627:556

doi: 10.31774/2712-9357-2026-16-3-370-390

**Анализ гидрологических условий в нижнем течении Волги и
Волго-Каспийского морского судоходного канала**

Ксения Ивановна Ключенко

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск,
Российская Федерация, ksen.mayer2017@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-3599-942X>

Аннотация. **Цель:** системный анализ гидрологических условий в нижнем течении Волги и Волго-Каспийского морского судоходного канала. **Материалы и методы.** Базой исследования послужили данные многолетних наблюдений за уровнями воды на водомерном посту Оля (рукав Бахтемир) за период 1956–2020 гг., а также данные об уровне Каспийского моря. Применен метод статистического анализа временных рядов с построением эмпирических кривых обеспеченности. Расчет обеспеченности максимальных и минимальных уровней воды проводился согласно положениям СП 529.1325800.2023 путем построения эмпирических кривых обеспеченности. Анализ сгонно-нагонных явлений осуществлялся на основе зафиксированных экстремальных значений уровня. **Результаты.** Проанализированы многолетние и сезонные колебания уровней воды в условиях зарегулированного стока Волги. Рассчитаны отметки максимальных, минимальных и среднесуточных уровней воды различной обеспеченности (от 1 до 99,9 %). Дана количественная оценка сгонно-нагонным явлениям и их влиянию на гидродинамический режим канала. Гидрологический режим канала и прилегающего участка нижнего течения Волги характеризуется высокой степенью зарегулированности стока и значительным влиянием колебаний уровня Каспийского моря, особенно сгонно-нагонных явлений. Анализ уровней воды, расходов и скоростей течения показывает сложную динамику этих параметров, которая определяет условия переноса и аккумуляции наносов. **Выводы.** Установлено, что заносимость Волго-Каспийского морского судоходного канала является многофакторным процессом, тесно связанным со снижением транспортирующей способности потока из-за отсутствия высоких естественных пиков половодья и влияния подпора моря. Полученные расчетные гидрологические характеристики и кривые обеспеченности формируют необходимую базу для проектирования дноуглубительных работ и повышения эксплуатационной надежности канала.

Ключевые слова: заносимость, судоходный канал, Волго-Каспийский канал, гидродинамика, перенос наносов, дноуглубительные работы, сгонно-нагонные явления, мониторинг, русловые процессы

Источник финансирования: собственные средства.

Для цитирования: Ключенко К. И. Анализ гидрологических условий в нижнем течении Волги и Волго-Каспийского морского судоходного канала // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 3. С. 370–390. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-370-390>.



HYDRAULIC ENGINEERING,
HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

**Analysis of hydrological conditions in the lower reaches
of the Volga River and the Volga-Caspian Seaway Canal**

Ksenia I. Klyuchenko

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov –
branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation,
ksen.mayer2017@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-3599-942X>

Abstract. Purpose: system analysis of hydrological conditions in the lower reaches of the Volga River and the Volga-Caspian Seaway Canal. **Materials and methods.** The study is based on long-term data of water levels at the Olya gauge post (Bakhtemir arm) for the period 1956–2020, as well as data on the Caspian Sea level. The statistical analysis method of time series with the empirical probability curves construction was applied. The calculation of the probability of the highest and lowest water levels was carried out in accordance with the provisions of Sanitary Rules 529.1325800.2023 by constructing empirical probability curves. The analysis of surge phenomena was carried out on the basis of the recorded extreme level values. **Results.** Long-term and seasonal fluctuations in water levels under conditions of regulated flow of the Volga River were analyzed. The maximum, low, and average daily water levels for varying degrees of probability (from 1 to 99.9 %) were calculated. A quantitative assessment of surging and their impact on the canal's hydrodynamic regime was provided. The hydrological regime of the canal and the adjacent section of the lower Volga River is characterized by a high degree of runoff regulation and a significant influence of Caspian Sea level fluctuations, particularly surge phenomena. Analysis of water levels, discharges, and flow velocities reveals the complex dynamics of these parameters, which determines the conditions for sediment transport and accumulation. **Conclusions.** It has been determined that sedimentation of the Volga-Caspian Seaway Canal is a multifactorial process closely related to a decrease in the flow's transport capacity due to the absence of high natural flood peaks and the influence of sea backwater. The resulting calculated hydrological characteristics and probability curves form the necessary basis for designing dredging operations and improving the operational reliability of the canal.

Keywords: sediment accumulation, navigable canal, the Volga-Caspian Canal, fluid dynamics, sediment transportation, dredging, surging, monitoring, channel processes

Funding source: own funds.

For citation: Klyuchenko K. I. Analysis of hydrological conditions in the lower reaches of the Volga River and the Volga-Caspian Seaway Canal. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2026;16(3):370–390. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-370-390>.

Введение. Территориальное расположение системы Бахтемира характеризуется четкими границами: в западном направлении она граничит с подрайоном западных подстепных ильменей, а в восточном примыкает к системе рукава Старая Волга. Восточная граница начинается в междуречье Чилимного и Старой Волги, простирается до устья протока Шалбур-

кин. После этого линия границы следует по правому берегу Старой Волги и Сомовки, затем переходит к левым берегам Ямной, Чулпана, Новой протоки и Быстрой Бороздины, завершаясь у морского края дельты.

По характеру строения русловой сети в системе Бахтемира можно выделить две части – верхнюю и нижнюю. Граница между ними условно проходит по линии с. Сергиевское – с. Ямное. В верхней части системы, преимущественно в правую сторону, от Бахтемира отделяются водотоки, питающие западные ильмени; в нижней части количество узлов соединений и разветвлений примерно одинаково. Гидрографическая сеть нижней части отличается меньшей извилистостью по сравнению с верхней. По количеству русловых водотоков данная система занимает последнее место среди всех существующих [1, 2].

Примечательная черта системы Бахтемира состоит в том, что здесь главный рукав демонстрирует максимально эффективное аккумулятивное стока, что не свойственно другим русловым системам. Благодаря оптимальной разветвленности русла и эффективной концентрации потоков, Бахтемир был определен как приоритетный судоходный путь, сохраняющий свою значимость на протяжении полутора веков.

Данные о гидрологическом режиме нижнего течения р. Волги и непосредственно Волго-Каспийского морского судоходного канала являются основой для анализа процессов седиментации и разработки эффективных проектных, конструктивных и технологических решений по борьбе с наносами [3, 4]. Гидрологические параметры, такие как уровни воды, расходы и скорости течения, определяют энергетический потенциал потока, его транспортирующую способность и, следовательно, интенсивность и характер заносимости канала. Комплексный анализ этих данных позволяет выявить закономерности функционирования водной системы, оценить влияние природных и антропогенных факторов и создать необходимую базу для последующего гидродинамического моделирования и обоснования рекомендуемых мероприятий [4].

На гидрологические особенности Волго-Каспийского морского судоходного канала (ВКМСК) оказывают влияние изменение параметров канала и его регулярное дноуглубление. Искусственное углубление при строительстве канала и обвалование прорези с обеих сторон отвалами грунта, который со временем закрепился растительностью, привели к частичному обособлению прорези канала от водного пространства и превращению канала в продолжение рукава Бахтемир. Особенно наглядно это проявилось в период низкого уровня воды в море. Отвалы грунта постепенно превратились в острова, которые можно считать формами техногенного рельефа. Поднятие уровня воды в море привело к затоплению, а участвовавшие нагоны размывали многие из этих островов, изменив искусственно созданный рельеф [1].

Специфика рельефа исследуемого района оказала существенное влияние на формирование и развитие русловой сети. В западной зоне волжской дельты доминируют характерные геоморфологические формы и расположенные между ними понижения. Однако сведения о приуроченности водотоков к межбугровым понижениям опровергается тем, что многие водотоки системы Бахтемира прорезают бугры Бэра перпендикулярно их направлению. Вместе с тем на некоторых участках водотоки не в состоянии размывать бугры Бэра и огибают их, образуя так называемые «колена». Мощные хвалынские отложения, представленные в основном глинами и суглинками, ограничивают дробление водотоков. Именно поэтому Бахтемирская система демонстрирует минимальную степень разветвленности среди всех существующих русловых систем [1, 2].

Целью исследования является анализ статистических данных о гидрологических условиях в нижнем течении Волги и Волго-Каспийского морского судоходного канала.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проанализировать многолетние и сезонные колебания уровней воды; оха-

рактеризовать фазы половодья в современный период; оценить влияние колебаний уровня Каспийского моря и сгонно-нагонных явлений на режим ВКМСК; рассчитать уровни воды различной обеспеченности для практического использования.

Материалы и методы. Исследование базируется на методах статистического анализа временных рядов гидрологических наблюдений. Для анализа были использованы данные многолетних наблюдений за уровнями воды по водомерному посту Оля на рукаве Бахтемир за период с 1956 по 2020 г. (по имеющимся данным ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» Росгидромета) и данные о среднегодовых уровнях Каспийского моря. Выбор начальной точки периода (1956 г.) обусловлен началом зарегулированного стока Волги после ввода в эксплуатацию Волжской ГЭС, что коренным образом изменило гидрологический режим нижнего течения. Расчет обеспеченности максимальных и минимальных уровней воды проводился согласно положениям СП 529.1325800.2023¹ путем построения эмпирических кривых обеспеченности. Анализ сгонно-нагонных явлений осуществлялся на основе зафиксированных экстремальных значений уровня.

Колебания уровней воды в рассматриваемом районе формируются под влиянием сложного взаимодействия нескольких ключевых факторов. Первостепенное значение имеет сток р. Волги, который, однако, в современных условиях не является естественным, а зарегулирован каскадом гидроэлектростанций, в первую очередь Волжской ГЭС. Это приводит к сглаживанию пиков половодья и паводков, а также изменению внутригодового распределения уровней по сравнению с естественным режимом. По результатам анализа гидрологических данных построен график отметок уровней воды 97% обеспеченности на участке 117–188 км (рисунок 1).

¹Определение основных расчетных гидрологических характеристик: СП 529.1325800.2023: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 11.09.23: введ. в действие с 12.10.23. М.: РСТ, 2023. 118 с.

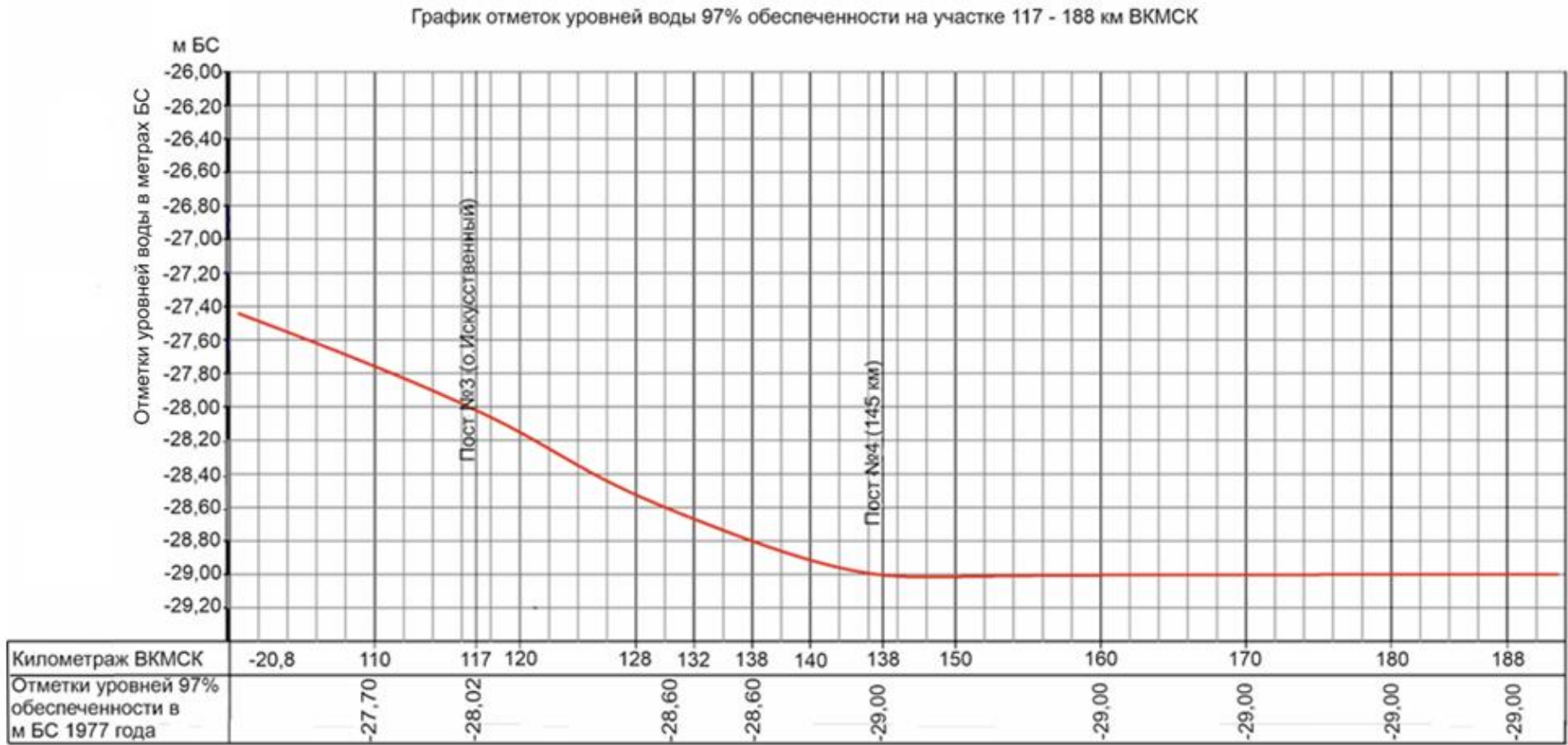


Рисунок 1 – График отметок уровней воды 97% обеспеченности на участке 117–188 км Волго-Каспийского морского судоходного канала
Figure 1 – Graph of water levels of 97% probability on the 117–188 km section of the Volga-Caspian Seaway Canal

Гидрологический режим р. Волги отличается четко выраженной сезонностью: в период с апреля по июнь наблюдается интенсивное весенне-летнее половодье, которое сменяется летне-осенней меженью. Примечательно, что в зимний период фиксируются повышенные для этого сезона уровни воды.

Начало весеннего половодья приходится на вторую декаду апреля, пик половодья – на конец мая и окончание – на первую декаду июля. В таблицах 1, 2 приводятся даты прохождения фаз половодий и отметки за период 1956–2020 гг.².

Таблица 1 – Даты прохождения фаз половодий²

Table 1 – Dates of flood phases²

Дата	Начало половодья	Пик половодья	Конец половодья
Средняя	21.04	31.05	07.07
Ранняя	02.04.1961	09.05.1983	12.06.1975
Поздняя	07.05.1976	27.06.1958	22.08.1974

Таблица 2 – Отметки фаз половодий²

Table 2 – Flood phase points²

Уровень	Начало половодья	Пик половодья	Конец половодья
Средний	–26,30 м БС	–25,10 м БС	–26,10 м БС
Минимальный	–26,75 м БС (1984 г.)	–25,48 м БС (1975 г.)	–26,59 м БС (1973 г.)
Максимальный	–25,69 м БС (1995 г.)	–24,61 м БС (1979 г.)	–25,55 м БС (1994 г.)

Обычная продолжительность стояния пика половодья 1–3 дня, самое продолжительное стояние уровней на пике половодья, 14 дней, было в 1971 г.

Средняя продолжительность половодья составляет 78 дней, самое короткое половодье, 43 дня, зарегистрировано в 1975 г., самое продолжительное – в 1974 г., 123 дня.

Годовая амплитуда колебаний уровней воды составляет 142 см, наибольшая 186 см (1995 г.), наименьшая 109 см (2006 г.)².

В таблице 3 приводятся характерные уровни для различных фаз половодья за период зарегулирования по в/п Оля, рук. Бахтемир за период 1956–2020 гг. В таблице 4 приведены зимние уровни воды².

²Отчет о результатах инженерно-гидрометеорологических изысканий для подготовки проектной документации по объекту: «Проект проведения ремонтных дноуглубительных работ на акватории Волго-Каспийского морского судоходного канала. Корректировка № 2» / ООО ПСФ «ГЕОэкспресс». Астрахань, 2022. Т. 4.

Таблица 3 – Характерные уровни воды, водомерный пост Оля, рукав Бахтемир, период 1956–2020 гг.²

В м БС

Table 3 – Specific water levels, Olya water gage, Bakhtemir arm, period 1956–2020²

In meters of the Baltic Normal Height System 1977 (BHS-1977)

Уровень	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднемесячный	–26,04	–25,92	–25,99	–26,14	–25,45	–25,46	–25,98	–26,12	–26,20	–26,27	–26,29	–26,15	–26,00
Максимальный	–25,23 1983	–25,27 2007	–25,05 1985	–24,98 1994	–24,62 1995	–24,61 1979	–24,87 1958	–25,12 1994	–25,26 1994	–25,20 1994	–25,13 1993	–24,77 2008	–24,61 1979
Минимальный	–26,98 1986	–26,65 1983	–26,78 1989	–26,79 1984	–26,75 1984	–26,61 1973	–26,69 2012	–26,65 1973	–26,70 1975	–26,74 1975	–26,73 1972	–26,73 1972	–26,98 1986

Таблица 4 – Зимние уровни воды

В м БС

Table 4 – Winter water levels

In m BHS-1977

Уровень	Появление ледовых образований	Начало ледостава	Конец ледостава	Очищение ото льда	Уровень при ледоходе	Уровень при ледоставе
Средний	–26,23	–25,90	–25,89	–26,12	–	–
Минимальный	–26,67 1975–1976 гг.	–26,53 1956–1957 гг.	–26,62 2011–2012 гг.	–26,78 1975–1976 гг.	–26,95 1985–1986 гг.	–26,62 2011–2012 гг.
Максимальный	–25,60 2012–2013 гг.	–25,02 2008–2009 гг.	–25,14 2006–2007 гг.	–25,22 1984–1985 гг.	–24,97 2008–2009 гг.	–25,02 2008–2009 гг.

Среднемноголетний годовой уровень и уровень открытого русла составляет минус 26,00 м БС. На уровненный режим рук. Бахтемир в районе с. Оля оказывают влияние морские сгонно-нагонные явления.

Как показывают данные многолетних наблюдений, сезонные колебания уровня, обусловленные попусками, остаются значительными и определяют общую водность системы в различные периоды навигации [5].

Вторым определяющим фактором для уровненного режима ВКМСК, особенно его морской части, являются колебания уровня Каспийского моря.

В XX в. состояние среднегодовых уровней Каспийского моря можно характеризовать по нескольким периодам.

Высокое стояние уровня наблюдалось в период с 1901 по 1929 г., значения уровней находились на отметках от минус 26,53 до минус 25,55 м БС. Несмотря на значительные колебания уровней по годам, выраженных тенденций к их спаду или подъему не наблюдалось. Интенсивное падение уровня моря происходило в период с 1929 по 1941 г. (от отметки минус 25,88 м до отметки минус 27,84 м). Среднегодовой уровень моря за 12 лет понизился почти на 2 м. В последующий период падение уровня моря продолжалось, но менее интенсивно. За 36 лет уровень понизился на 1,2 м, достигнув в 1977 г. минимального значения минус 29,02 м БС. Такое значение уровня было самым низким за последние 300 лет. С 1929 по 1977 г. среднегодовой уровень моря понизился на 3,13 м. С 1978 г. начался интенсивный подъем уровня. К 1995 г. он повысился на 2,35 м, достигнув отметки минус 26,66 м БС. В период подъема происходило повторение отметок уровня 1936–1939 гг. После 1995 г. уровень Каспия имел более низкие отметки. В период 1978–1995 гг. (за 18 лет) средняя величина годового объема стока возросла до 274 км³. В эти годы наблюдается большая повторяемость лет с высокими значениями годового стока. 10 лет из 18 имели величину стока, превышающую норму на 20–90 км³, и лишь в течение четырех лет сток был на 20–40 км³ меньше среднемноголетнего. В 1979, 1990, 1991

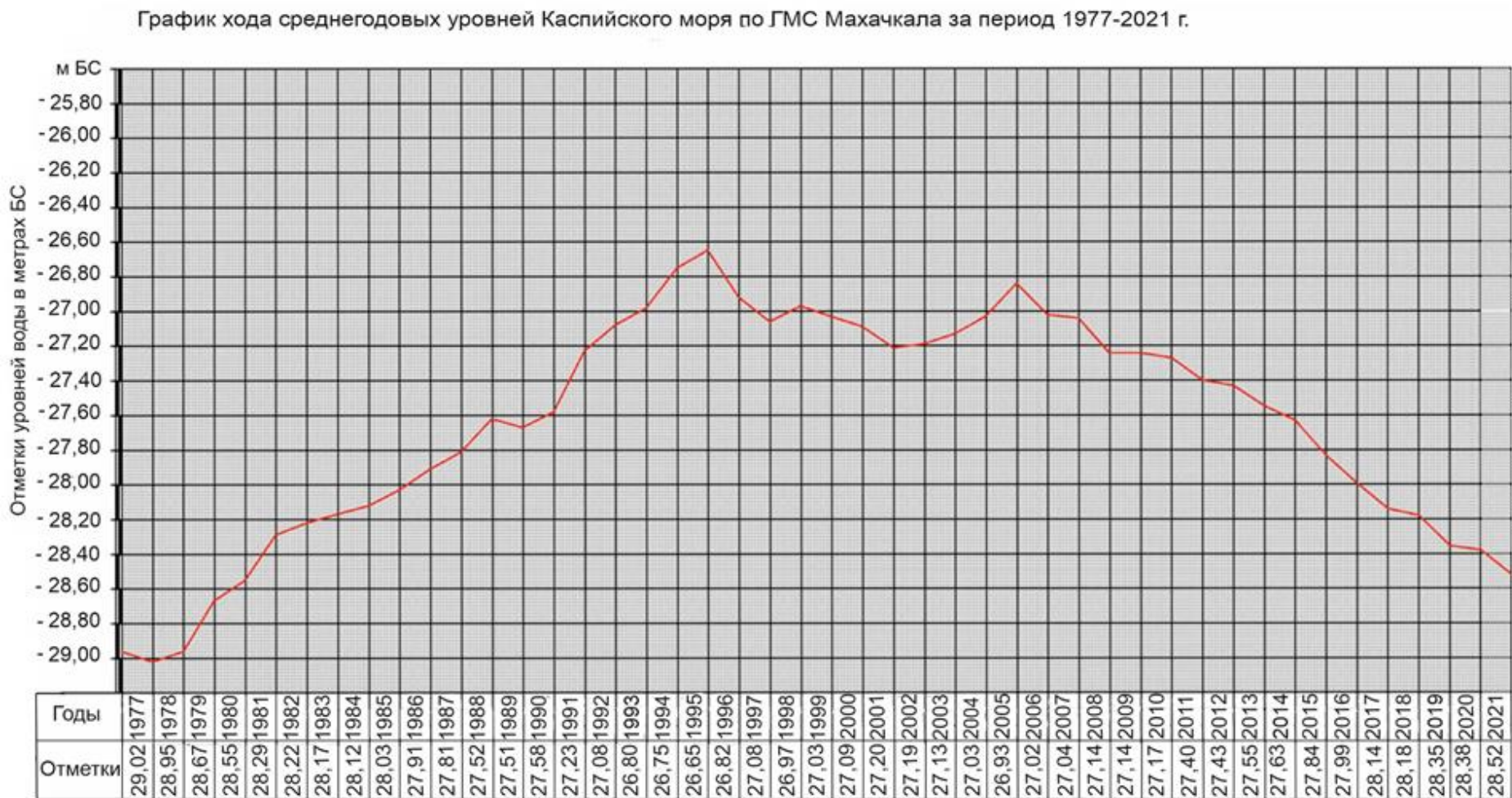
и 1994 г. наблюдались экстремально высокие значения величины стока воды (320–340 км³). За весь предшествующий 45-летний период годовой сток такой величины наблюдался лишь в 1947 г.

После 1995 г. шло понижение уровня моря, и к 2001 г. отметка уровня составила минус 27,20 м БС. Затем в течение пяти лет происходило повышение Каспия почти на 30 см (отметка в 2005 г. составила минус 26,93 м БС). Начиная с 2006 г. идет стабильное понижение уровня моря, практически на 2,5 м, и заметно продолжается в 2022 г. Отметка уровня Каспийского моря за полный год по ГМС Махачкала составила минус 28,37 м БС [5].

Многолетние циклические колебания уровня Каспийского моря, длящиеся десятилетиями, формируют базовый фон, на который накладываются сезонные и краткосрочные изменения уровня воды (рисунок 2). В периоды высокого стояния уровня Каспийского моря подпор распространяется вверх по каналу, снижая уклоны водной поверхности и скорости течения, что способствует седиментации. В периоды низкого стояния уровня моря, наоборот, уклоны и скорости возрастают, что может приводить к усилению эрозионных процессов или изменению зон аккумуляции².

Особое значение для краткосрочных и зачастую экстремальных колебаний уровня воды в морской части ВКМСК и прилегающей акватории Северного Каспия имеют сгонно-нагонные явления. Мелководность северной части Каспия и преобладающие ветры определенных направлений (восточные и западные) приводят к значительным сгонам и нагонам воды [6].

За период инструментальных измерений наиболее опасные нагоны в речной части ВКК зафиксированы 27 ноября 1910 г. В с. Бирючья Коса величина нагона составила 269 см (отметка уровня воды минус 23,04 м БС); в с. Оля – 263 см (минус 22,97 м БС); в г. Астрахани – 150 см (минус 23,82 м БС). В этом году в морской части канала наблюдения не проводились.



**Рисунок 2 – График хода уровней Каспийского моря
 по гидрометеорологической станции Махачкала за период 1977–2021 гг.**
**Figure 2 – Graph of Caspian Sea level trends according
 to the Makhachkala hydrometeorological station for the period 1977–2021**

Наиболее опасный нагон в морской части канала и северо-западной части Каспийского моря зафиксирован в ноябре 1952 г. У острова Искусственный нагон привел к подъему до отметки минус 25,13 м БС, а его величина равнялась 214 см; у острова Тюлений отметка составила минус 25,54 м БС (238 см). В речной части канала отметки нагона и его высоты были следующими: с. Оля (минус 24,80 м БС, 116 см), с. Федоровка (минус 24,80 м БС, 87 см), с. Икрыное (минус 24,41 м БС, 66 см), г. Астрахань (минус 24,10 м БС, 50 см).

Из опасных нагонов в последние 20 лет наибольший наблюдался 11–17 марта 1995 г. Отметки нагонного уровня воды и величины нагона достигали следующих значений: о. Тюлений (минус 25,68 м БС, 90 см), с. Оля (минус 25,32 м БС, 38 см), с. Икрыное (минус 24,76 м БС, 16 см) [7].

Сильные сгоны наблюдаются в морской части канала, их наиболее интенсивное проявление видим в период низкого стояния уровня моря. Наиболее значительные сгоны (по данным наблюдений метеостанции о. Тюлений) наблюдались 9 октября 1957 г. (минус 29,83 м БС); 21 января 1960 г. (минус 29,92 м БС); 26 ноября 1963 г. (минус 29,90 м БС); 29 января 1964 г. (минус 30,00 м БС); 26 октября 1965 г. (минус 29,80 м БС); 13 сентября (минус 30,04 м БС), 22 октября (минус 30,02 м БС) и 25 декабря 1977 г. (минус 29,89 м БС); 1 октября 1978 г. (минус 30,14 м БС).

Сгонно-нагонные процессы вызывают кардинальные изменения в гидродинамическом режиме. При сгонах отмечается резкое падение уровня воды в канале и осушение мелководных участков, что создает сложности для судоходства. Нагоны же приводят к повышению уровня, затоплению прибрежных зон и возникновению противотечений, что существенно влияет на перераспределение наносов.

Результаты и обсуждение. Согласно СП 529.1325800.2023¹ был вы-

полнен расчет обеспеченности максимальных и минимальных уровней воды за период с 1956 по 2020 г. по в/п Оля, рук. Бахтемир. Данный период был выбран, так как он полностью характеризует гидрологический режим реки в условиях антропогенного влияния, обусловленного работой каскада волжских гидроэлектростанций, в первую очередь Волжской ГЭС. Таким образом, полученные расчетные уровни отражают именно зарегулированный сток.

В таблице 5 приводятся данные об обеспеченности ежедневных среднесуточных уровней воды рук. Бахтемир по наблюдениям на в/п Оля с 1956 по 2020 г.

Таблица 5 – Отметки средних уровней воды различной обеспеченности
В м БС

Table 5 – Mean water levels of varying probability
In m BHS-1977

Период	Процент обеспеченности					
	1	2	5	10	25	50
Год	–24,93	–25,02	–25,19	–25,41	–25,78	–26,05
Навигация	–24,88	–24,97	–25,13	–25,28	–25,74	–26,10
Зима	–25,41	–25,48	–25,58	–25,67	–25,84	–26,02

Продолжение таблицы 5
Table 5 continued

Период	Процент обеспеченности					
	75	90	95	97	99	99,9
Год	–26,30	–26,45	–26,54	–26,60	–26,65	–26,76
Навигация	–26,33	–26,47	–26,55	–26,60	–26,66	–26,73
Зима	–26,24	–26,38	–26,49	–26,57	–26,66	–26,78

За период 1956–2020 гг. среднесуточные уровни воды 50% обеспеченности на в/п Оля, рук. Бахтемир составляют:

- в годовом разрезе минус 26,05 м БС;
- в зимний период минус 26,02 м БС.

Среднесуточные уровни воды 97% обеспеченности составляют:

- в годовом разрезе минус 26,60 м БС;

- в зимний период минус 26,57 м БС.

В таблицах 6, 7 приводятся отметки максимальных и минимальных уровней воды за периоды 1956–2020 гг.

Таблица 6 – Отметки максимальных уровней воды различной обеспеченности за период 1956–2020 гг., водомерный пост Оля

В м БС

Table 6 – The highest water levels of varying probability for the period 1956–2020, Olya water gage

In m BHS-1977

Процент обеспеченности									
1	3	5	10	25	50	75	90	95	99
–24,55	–24,67	–24,74	–24,83	–24,98	–25,12	–25,25	–25,34	–25,39	–25,48

Таблица 7 – Отметки минимальных уровней воды различной обеспеченности за период 1956–2020 гг., водомерный пост Оля

В м БС

Table 7 – The lowest water levels of varying probability for the period 1956–2020, Olya water gage

In m BHS-1977

Процент обеспеченности									
1	3	5	10	25	50	75	90	95	99
–26,07	–26,16	–26,21	–26,29	–26,41	–26,53	–26,65	–26,75	–26,80	–26,90

Из данных таблицы 6 видно, что максимальные годовые уровни 1; 5; 10% обеспеченности составляют минус 24,55; минус 24,74; минус 24,83 м БС соответственно.

В связи с тем, что уровень Каспийского моря меняется из года в год, обеспеченность в морской части канала дана в отклонениях срочных уровней от среднегодовых с учетом сгонно-нагонных явлений [7].

На основании проведенных исследований в таблицах 8, 9 представлены отметки максимальных и минимальных уровней воды в отклонениях за период 2018–2021 гг.

Таблица 8 – Отметки максимальных уровней воды различной обеспеченности в отклонениях от среднегодовых за период 2018–2021 гг., водомерный пост Искусственный

Table 8 – The highest water levels of varying probability in deviations from the annual average for the period 2018–2021, Iskuststvenny water gage

Процент обеспеченности										
1	3	5	10	25	50	75	90	95	97	99
48	39	28	22	13	0	–12	–22	–28	–33	–45

Таблица 9 – Отметки максимальных уровней воды различной обеспеченности в отклонениях за период 2018–2021 гг. (145-й километр)

Table 9 – The highest water levels of varying probability in deviations for the period 2018–2021 (145th kilometer)

Процент обеспеченности										
1	3	5	10	25	50	75	90	95	97	99
50	36	28	16	–5	–23	–44	–70	–80	–82	–100

Режим расходов воды в ВКМСК практически полностью определяется режимом пусков из Волгоградского водохранилища. Управление стоком осуществляется с учетом потребностей различных отраслей: энергетики, водного транспорта (обеспечение судоходных глубин), рыбного хозяйства (специальные пуски для нереста), сельского хозяйства (обводнение поймы и лиманов) и водоснабжения [8]. Данные о среднемесячных и среднесуточных расходах показывают, что режим пусков создает специфический гидрограф стока, отличающийся от естественного. Максимальные расходы обычно приходятся на весенне-летний период (рыбохозяйственный и (или) навигационный пуск), а минимальные – на зимнюю межень. Величина и продолжительность этих пусков год от года варьируются в зависимости от водности года и оперативных задач управления каскадом. Расходы воды по прорези ВКМСК приведены в таблице 10.

Работы проводились 31.08.2022 при уровне воды минус 25,90 м БС. Ширина русла – 272 м, средняя глубина – 4,09 м, максимальная – 6,7 м.

Поперечное сечение симметричное, с обширным мелководьем в прибрежных зонах. Расход воды составил 734 м³/с при максимальной скорости 0,87 м/с.

Таблица 10 – Расходы воды по прорези Волго-Каспийского морского судоходного канала

Table 10 – Water flow through the Volga-Caspian Seaway Canal

№ гидроствора	Дата измерения	Состояние канала	Протяженность, км	Расход воды, м ³ /с	Площадь водного сечения, м ²	Скорость течения, м/с		Ширина, м	Глубина, м	
						Средняя	Наибольшая		Средняя	Наибольшая
1	31.08.2022	чисто	137,8	880	1427	0,61	0,89	305	4,61	6,2
2	31.08.2022	чисто	141,0	734	1112	0,66	0,87	272	4,09	6,7

Полученная кривая обеспеченности ежедневных среднесуточных уровней воды по в/п Оля приведена на рисунке 3, кривая обеспеченности уровней воды в отклонениях от среднегодовых по в/п 4 – на рисунке 4.

Именно величина расхода воды является определяющей для транспортирующей способности потока. Теоретически расход наносов (Q_s) пропорционален расходу воды (Q) в определенной степени ($Q_s \approx k \cdot Q^m$, м³/с), что подчеркивает прямую зависимость интенсивности переноса наносов от режима попусков [9, 10]. Резкие изменения расхода, характерные для регулируемого стока, могут приводить к нестабильности русловых процессов и активизации переформирований дна канала. Отсутствие высоких естественных пиков половодья, которые выполняли основную работу по промывке русла, в условиях зарегулированного стока способствует постепенному накоплению наносов.

Скорости течения в канале являются производными от расходов воды и уровней, а также зависят от морфометрических характеристик русла (ширины, глубины, шероховатости дна и берегов) [10, 11]. Скорости течения измерялись в восьми створах по прорези канала и в проранах.

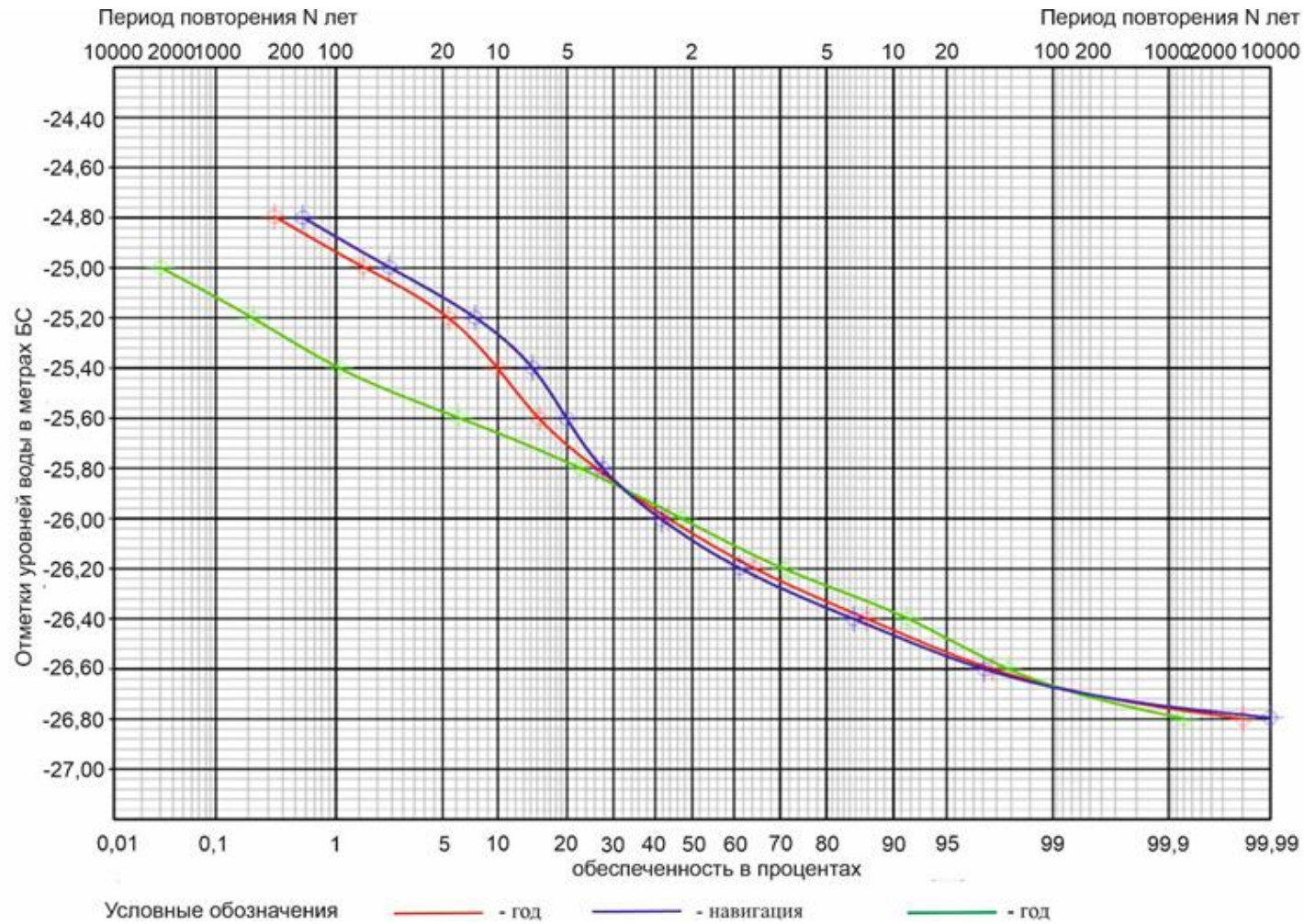


Рисунок 3 – Кривые обеспеченности ежедневных среднесуточных уровней воды рукава Бахтемир по водомерному посту Оля за период 1956–2020 гг.

Figure 3 – Daily average water level probability curves for the Bakhtemir branch at the Olya water gage for the period 1956–2020

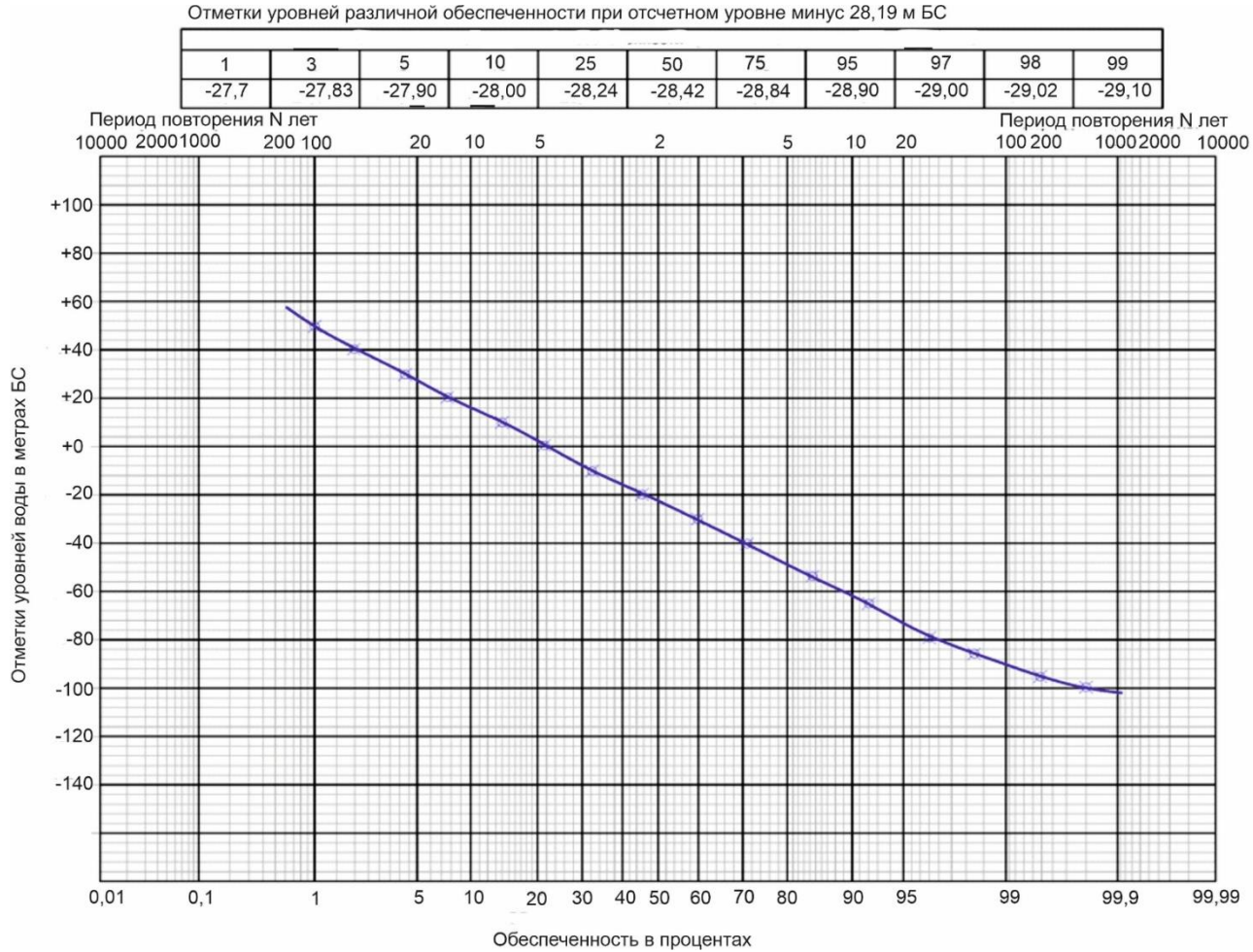


Рисунок 4 – Кривая обеспеченности уровней воды в отклонениях от среднегодовых по водомерному посту 4 (145-й километр Волго-Каспийского морского судоходного канала) на период 2018–2021 гг.
Figure 4 – Water level probability curve in deviations from the annual average at water gage 4 (145th kilometer of the Volga-Caspian Seaway Canal) for the period 2018–2021

Выводы. Выполнен системный анализ гидрологических условий в нижнем течении Волги и ВКМСК, который показал их значительную изменчивость как во времени (в зависимости от фазы гидрологического режима), так и по сечению потока. Установлено, что распределение скоростей имеет решающее значение для процессов седиментации. При снижении скорости ниже критических значений происходит осаждение взвешенных наносов и прекращение движения донных наносов. Сгонно-нагонные явления не только изменяют скорость течения, но и вызывают его реверс (обратное течение) в морской части канала, что приводит к сложному перераспределению наносов, их затягиванию с морского мелководья в канал.

Морфометрические характеристики, в частности отношение ширины к глубине (B/H), также влияют на скоростной режим. Участки с большим значением B/H (широкие и относительно мелкие) характеризуются меньшими средними скоростями по сравнению с более узкими и глубокими участками при том же расходе, что может создавать предпосылки для аккумуляции наносов.

Гидрологический режим ВКМСК и прилегающего участка нижнего течения Волги характеризуется высокой степенью зарегулированности стока и значительным влиянием колебаний уровня Каспийского моря, особенно сгонно-нагонных явлений. Анализ уровней воды, расходов и скоростей течения, представленный в материалах изысканий, показывает сложную динамику этих параметров, которая определяет условия переноса и аккумуляции наносов.

Перспективным является создание на основе системного анализа известных гидрологических и технологических факторов целостной модели управления заносимостью ВКМСК. Данная модель, сочетающая проактивные конструктивные меры и оптимизированные технологические решения, будет представлять собой практический инструмент для повышения эффективности эксплуатации канала.

Список источников

1. Русанов Н. В., Бухарицин П. И., Беззубиков Л. Г. Волго-Каспийский морской судоходный канал – современное состояние проблемы и пути их решения // Междуна-

родный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 4–5. С. 863–871. EDN: VSJRLX.

2. Чалов Р. С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. 232 с.

3. Ржаницын Н. А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 238 с.

4. Волго-Каспийский канал в XVIII в.: историко-географическая реконструкция судоходного маршрута / С. А. Котеньков, Р. Р. Макшаев, Д. М. Лобачева, Е. Ю. Матлахова // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2024. Т. 79, № 3. С. 149–161. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.3.12. EDN: KKYAQU.

5. Yazdanpanah Dero Q., Yari E., Charrahy Z. Global warming, environmental security and its geo-economic dimensions case study: Caspian Sea level changes on the balance of transit channels // Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2020. Vol. 18, № 2. P. 541–557. DOI: 10.1007/s40201-020-00481-0. EDN: FQIAKI.

6. Корчагин А. А. Поддержания навигационных глубин Волго-Каспийского морского судоходного канала // Прикаспийский регион: международные отношения, экономика, логистика, право, экология и социокультурные аспекты: материалы V Международ. круглого стола (конф.), г. Астрахань, 30 мая 2024 г. Астрахань: Сорокин Р. В., 2024. С. 87–88. EDN: PGPWBF.

7. Леви И. И. Динамика русловых потоков. Л. – М.: Госэнергоиздат, 1957. 251 с.

8. Акутуганов М. М. Особенности выполнения дноуглубительных работ на Волго-Каспийском морском судоходном канале // Гидротехника. 2024. № 1(74). С. 31–35. EDN: MXQBIX.

9. Ломинога Д. С., Гилетин Е. Г. Натурные исследования состояния Волго-Каспийского морского судоходного канала // Актуальные вопросы практических исследований гидротехнических сооружений: монография. Новочеркасск: Лик, 2023. С. 62–78. EDN: KVIUCZ.

10. Ткачев А. А. О необходимости определения проектной заносимости Волго-Каспийского морского судоходного канала // Гидротехника. 2022. № 4(69). С. 19–22. DOI: 10.55326/22278400_2022_4_19. EDN: QWUTEB.

11. Ткачев А. А., Ключенко К. И. Анализ мероприятий по борьбе с заносимостью Волго-Каспийского канала // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 333–348. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-333-348. EDN: WDWFAG.

References

1. Rusanov N.V., Bukharitsin P.I., Bezzubikov L.G., 2016. *Volgo-Kaspiyskiy morskoy sudokhodnyy kanal – sovremennoe sostoyanie problemy i puti ikh resheniya* [Volga-Caspian navigable canal – a modern condition of the problem and way of their decision]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], no. 4-5, pp. 863-871, EDN: VSJRLX. (In Russian).

2. Chalov R.S., 1979. *Geograficheskie issledovaniya ruslovykh protsessov* [Geographical Studies of Channel Processes]. Moscow, Moscow State University Press, 232 p. (In Russian).

3. Rzhaniysyn N.A., 1960. *Morfologicheskie i gidrologicheskie zakonomernosti stroeniya rechnoy seti* [Morphological and Hydrological Regularities of the Structure of the River Net]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 238 p. (In Russian).

4. Kotenkov S.A., Makshaev R.R., Lobacheva D.M., Matlakhova E.Yu., 2024. *Volgo-Kaspiyskiy kanal v XVIII v.: istoriko-geograficheskaya rekonstruktsiya sudokhodnogo marshruta* [The Volga-Caspian canal in the 18th century: historical and geographical reconstruction of a shipping route]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography], vol. 79, no. 3, pp. 149-161, DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.3.12, EDN: KKYAQU. (In Russian).

5. Yazdanpanah Dero Q., Yari E., Charrahy Z., 2020. Global warming, environmental

security and its geo-economic dimensions case study: Caspian Sea level changes on the balance of transit channels. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, vol. 18, no. 2, pp. 541-557, DOI: 10.1007/s40201-020-00481-0, EDN: FQIAKI.

6. Korchagin A.A., 2024. *Podderzhaniya navigatsionnykh glubin Volgo-Kaspiyskogo morskogo sudokhodnogo kanala* [Maintaining the navigational depths of the Volga-Caspian navigable canal]. *Prikaspiyskiy region: mezhdunarodnye otnosheniya, ekonomika, logistika, pravo, ekologiya i sotsiokul'turnye aspekty: materialy V Mezhdunar. kruglogo stola (konf.)* [Caspian Region: International Relations, Economics, Logistics, Law, Ecology and Sociocultural Aspects: Proc. of the V International Round Table (Conf.)]. Astrakhan, Sorokin R.V., pp. 87-88, EDN: PGPWBF. (In Russian).

7. Levi I.I., 1957. *Dinamika ruslovykh potokov* [Dynamics of Channel Flows]. Moscow, Leningrad, Gosenergoizdat Publ., 251 p. (In Russian).

8. Aktuganov M.M., 2024. *Osobennosti vypolneniya dnouglubitel'nykh работ na Volgo-Kaspiyskom morskoye sudokhodnom kanale* [Some aspects of dredging on the Volga-Caspian navigable canal]. *Gidrotekhnika* [Hydraulic Engineering], no. 1(74), pp. 31-35, EDN: MXQBIX. (In Russian).

9. Lominoga D.S., Giletin E.G., 2023. *Naturnye issledovaniya sostoyaniya Volgo-Kaspiyskogo morskogo sudokhodnogo kanala* [In-kind studies of the state of the Volga-Caspian navigable canal]. *Aktual'nye voprosy prakticheskikh issledovaniy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy: monografiya* [Actual Issues of Practical Studies of Hydraulic Structures: monograph]. Novocherkassk, Lick Publ., pp. 62-78, EDN: KVIUCZ. (In Russian).

10. Tkachev A.A., 2022. *O neobkhodimosti opredeleniya proektnoy zanosimosti Volgo-Kaspiyskogo morskogo sudokhodnogo kanala* [On the need to determine the design sediment accumulation of the Volga-Caspian navigable canal]. *Gidrotekhnika* [Hydraulic Engineering], no. 4(69), pp. 19-22, DOI: 10.55326/22278400_2022_4_19, EDN: QWUTEB. (In Russian).

11. Tkachev A.A., Klyuchenko K.I., 2022. *Analiz meropriyatiy po bor'be s zanosimost'yu Volgo-Kaspiyskogo kanala* [Analysis of measures to combat the Volga-Caspian canal sedimentation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 12, no. 4, pp. 333-348, DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-333-348, EDN: WDWFAG. (In Russian).

Информация об авторе

К. И. Ключенко – аспирант, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), ksen.mayer2017@yandex.ru, ORCID: 0009-0001-3599-942X.

Information about the author

K. I. Klyuchenko – Postgraduate Student, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov – branch of the Don State Agrarian University (346428, Rostov region, Novocherkassk, Pushkinskaya st., 111), ksen.mayer2017@yandex.ru, ORCID: 0009-0001-3599-942X.

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 05.09.2025; одобрена после рецензирования 23.06.2026; принята к публикации 09.09.2026.
The article was submitted 05.09.2025; approved after reviewing 23.06.2026; accepted for publication 09.09.2026.*