«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА»
(«ВОЛГА-2025»)
Труды 10-й всероссийской научной конференции
Выпуск 8, 2025 г.

ISBN 978-5-901722-92-3

УДК 551.461, 556.542, 626.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЕГО НА СУДОХОДНЫЕ ГЛУБИНЫ ВОЛГО-КАСПИЙСКОГО МОРСКОГО СУДОХОДНОГО КАНАЛА

Ситнов Александр Николаевич, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой водных путей и гидротехнических сооружений
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Шестова Марина Вадимовна, доцент, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Воронина Юлия Евгеньевна, доцент, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. В ходе выполненных исследований дана оценка современного состояния Волго-Каспийского морского судоходного канала (ВКМСК) и его заносимости, препятствующей созданию устойчивых габаритов судового хода. В том числе, рассмотрены причины понижения уровня Каспийского моря и влияние этого процесса на судоходные глубины ВКМСК. На основании этого сделан вывод о возможности обеспечения проходной осадки судов 4,5м в современных условиях.

Ключевые слова: уровень воды, судоходные глубины, канал, многолетние колебания уровня воды, заносимость

Каспийское море является уникальным крупнейшим внутриконтинентальным водоемом, имеющий колоссальное экономическое и экологическое значение для региона. Его уровень находится примерно на 28 м ниже уровня воды Мирового океана. По геоморфологическим и гидрометеорологическим условиям Каспийское море обычно разделяют на три части – северную, среднюю и южную (рис.1). Северная часть моря является самой мелководной, где глубины в среднем составляют порядка 4-5 м, средняя – глубоководная часть (с глубинами 600–700 м) и южная – самая глубоководная часть моря с максимальной глубиной более 1000м.

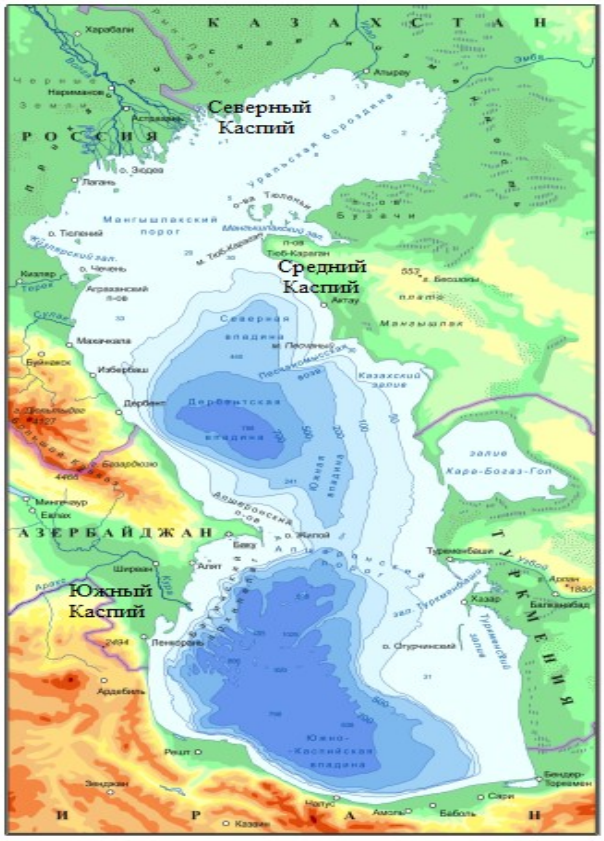

Рис.1. Ситуационный план бассейна Каспийского моря

В северной части Каспийского моря береговая линия не имеет постоянного положения и зависит от разномасштабных колебаний уровня Каспия. Наибольшие перемещения береговой линии могут достигать до десятков километров, и причиной этого являются многолетние колебания уровня воды Каспийского моря (УМК).

Одним из важных факторов, сглаживающих многолетние колебания уровня моря, является наличие на его восточном побережье обособленного мелководного залива Кара-Богаз Гол, служащего своеобразным регулятором.

Колебания уровня Каспийского моря, не имеющего связи с океаном, обусловлены в основном изменением стока впадающих в него рек. Всего в него впадает более 150 рек. При этом максимальное воздействие на гидрологический режим Каспийского моря оказывает р.Волга (80% стока всех рек).

Каспийское море подвержено нескольким видам колебаний уровня воды, наиболее значимые из них - это многолетние, сезонные и сгонно-нагонные. В многолетних колебаниях УКМ отсутствует закономерность, при этом четко выделяются многоводные и маловодные периоды, которые сменяют друг друга с определенной цикличностью лет. Внутри каждого периода отмечаются как маловодные, так и многоводные годы.

По имеющимся данным, самый высокий уровень за последние 400 лет (минус 23 м) приходится на промежуток 1804–1805 гг., самый низкий (минус 29 м) – на 1977 г. При этом в период с 1930 по 1977 г. фиксировалось аномально продолжительное падение уровня воды, а в период с 1978 г. по 1995 г. наблюдался аномально продолжительный подъем уровня с максимальным значением минус 26,7 м БС (1995 г.). Далее последовал относительно стабильный период, когда изменения уровня моря происходили в районе отметки минус 27,0 м с амплитудой изменения не более 0,5 м. В первую очередь, это было связано с колебаниями объема речного стока. Начиная с 2005 г. и до настоящего времени, наблюдается резкое понижение уровня воды в Каспии.

Многолетний ход уровней моря по гидрологическому посту (г/п) «Махачкала» представлен на рис.2 [1].

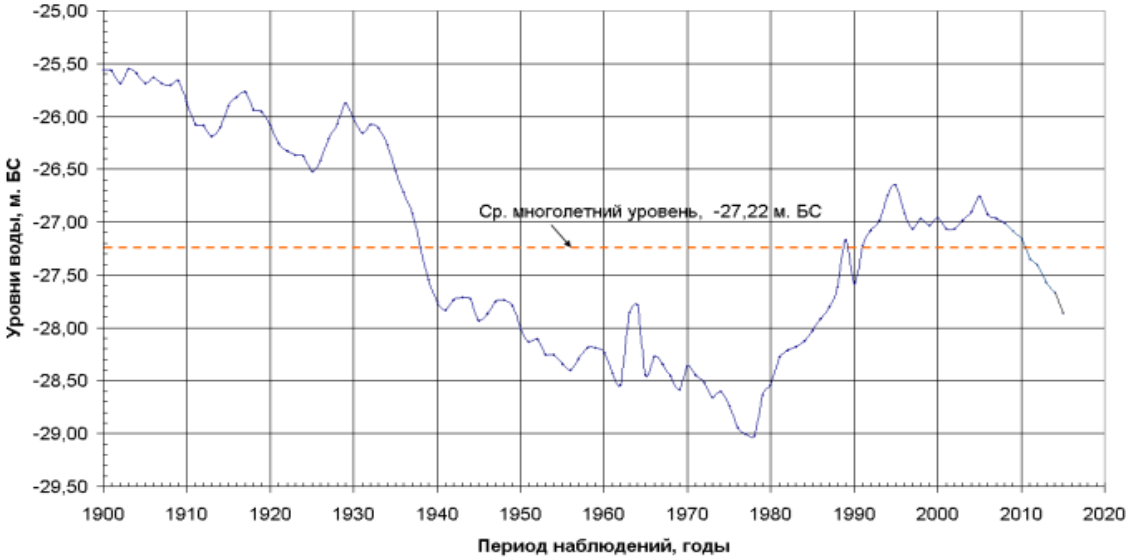

Рис.2. Многолетний ход уровней Каспийского моря по г/п «Махачкала»

Выполненные исследования показали, что в общем случае на уровень воды Каспийского моря (УКМ) оказывает влияние различные по своей природе факторы, которые целесообразно объединить в четыре большие группы: космогеофизические силы, геолого-геодинамические процессы, гидрометеорологические процессы, антропогенные факторы. Их характеристика приведена в табл.2 [2].

Таблица 2

Факторы, влияющие на уровень Каспийского моря

Космогеофизические силы	Геолого-геодинамические процессы	Антропогенные факторы	Гидрометеорологические процессы
приливообразующие силы Луны и Солнца	тектонические движения (вертикальные и горизонтальные)	строительство и заполнение водохранилищ Волжско-Камского каскада	составляющие водного баланса, ветер, атмосферное давление, изменения плотности морской воды, течения
свободные и вынужденные колебания полюсов Земли	сейсмодеформации	сельское хозяйство и прежде всего орошаемое земледелие	сток р.Волга (составляет 80% общего стока всех рек в Каспий)
неравномерные изменения скорости вращения Земли и астрономические факторы	накопление донных осадков	промышленно-энергетическое и коммунальное водоснабжение	испарение с акватории Каспийского моря
взаимосвязь с активностью Солнца		перекрытие пролива Кара-Богаз-Гол с последующим разрушением дамбы	

В целом можно отметить следующие особенности групп факторов по их влиянию на уровень Каспия [1,2,3]:

1. ***Космогеофизические силы*** – в целом вызывают деформационные колебания уровня воды, которые существенно не сказываются на колебаниях среднего уровня моря.

2. ***Геолого-геодинамические процессы*** - с одной стороны они оказывают влияние на водный баланс моря, а с другой - приводят к изменению объема самой котловины. Исследования показали, что колебания среднегодовых вертикальных смещений в 1990–2000 гг. на семи гидрологических пунктах побережья Каспийского моря составили не более 0,5 см.

3. ***Антропогенные факторы*** – являются следствием хозяйственной деятельности, проводимой в бассейне Каспийского моря, в его акватории и на побережье. Наибольшую антропогенную нагрузку из составляющих водного баланса испытывает приток речных вод. По данным проф. И.А. Шикломанова (ГГИ), на 1990 г. безвозвратные потери в бассейне Каспия составили примерно 13% от нормы притока речных вод [4].

С 1980 г. необходимо учитывать еще один антропогенный фактор — перекрытие залива Кара-Богаз-Гол глухой земляной дамбой, в результате чего отток морских вод в залив был прекращен. В 1984 г. был восстановлен незначительный регулируемый сток морских вод в залив. В целом это способствовало повышению уровня моря в 1980–1992 гг. примерно на 40 см или 20 % его современного подъема [1]. Однако в середине 1992 г. дамба была полностью разрушена, в результате чего поперечное сечение пролива увеличилось примерно в два раза по сравнению с тем, какое было до строительства дамбы. Результатом этого стало значительное снижение уровня воды, которое составило около 13 см в 1995 г. С учетом этого вклад стока в залив в падение УКМ составил 72 % и лишь 28 % приходился на все остальные компоненты водного баланса [4]. Таким образом, одной из основных причин сильного падения УКМ после 1992 г. можно назвать полное разрушение дамбы.

4. ***Гидрометеорологические процессы*** - к ним относятся составляющие водного баланса, ветер, атмосферное давление, изменения плотности морской воды, течения. Наибольшее влияние оказывает сток р.Волга, на долю которого приходится 80% общего стока всех рек в Каспий. На втором месте после стока стоит роль испарения во внутригодовых колебаниях уровня моря.

Таким образом, природа понижения УКМ разнофакторна, а само изменение уровня Каспия трудно прогнозируемо. Основными факторами, влияющим на УКМ, является изменчивость Волжского стока и испарение с акватории Каспийского моря. Анализ динамики изменения уровня воды показал, что за последние 20 лет тенденция к понижению уровня воды Каспийского моря сохраняется, при этом ее величина составила порядка 80 см.

Волго-Каспийской морской судоходный канал (ВКМСК) находится в акватории Северного Каспия, наиболее подверженного изменения уровня моря ввиду его мелководности. Его полноводность с одной стороны зависит от притока речной воды Волги, а именно сбросами Волгоградской ГЭС (речная часть канала), с другой стороны определяется колебаниями уровня воды в Каспии и положением береговой линии моря (морская часть канала).

Условное (административное) начало канала считается от поселка Красные Баррикады, расположенного на Бахтемире в 21 км ниже Астрахани, и далее - в сторону моря. Общая протяженность ВКМСК - 188 км. Канал включает в себя две части – речную (0-146 км) и морскую (146-188 км). Речная часть ВКМСК организована в самом западном рукаве устьевой области р.Волга – рукаве Бахтемир. Морская часть представляет собой искусственно созданный канал, расположенный в пределах устьевого взморья р. Волга.

Основными гидрологическими постами, на которых в том числе осуществляются наблюдения за уровнями воды, являются:

- на речной части в дельте р.Волга - Астрахань, Икряное, пост №2 (52 км), Оля;
- на морской части – о.Искусственный (пост№3) (117км), пост№4 (145 км).

Оценка влияния УКМ на уровенный режим гидрологических постов (№ 2,3,4) за 2010 – 2024 гг. показала на тесную связь между уровнями моря и постов на канале, в первую очередь для нижнего из рассматриваемых поста №4, где интенсивность понижения уровней, особенно в период 2017 – 2024 гг., достаточно высокая.

Также анализ результатов величин отклонений уровней воды на гидрологических постах позволил сделать вывод о преимущественном влиянии расходов в вершине дельты и незначительном влиянии моря (для верхних постов речной части Астрахань, Икряное); примерно равное влияние стока Волги и моря с перевесом в сторону УКМ (для нижних постов речной части (Оля, МКД)), основного влияния моря (о. Искусственный, пост №3). Такой вывод однозначно сказывается на условиях судоходства и, в первую очередь, глубинах канала.

В настоящее время на канале имеются участки, на которых проходная глубина (4,9 м – в речной части и 5,2 м – на морской) не выдерживается. Подтверждением этого служит полученная статистическая информация по навигационным глубинам и проходным осадкам в акваториях морских портов Астрахань и Оля, и на других участках канала (рис.3) [2].

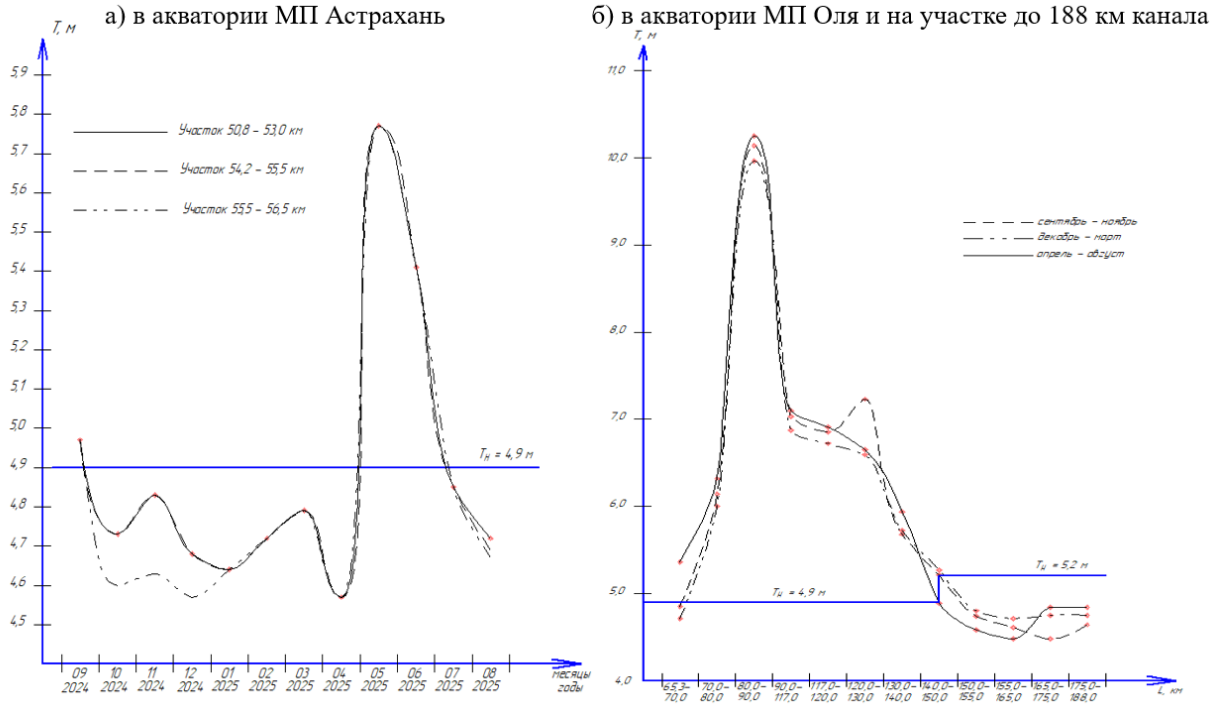

Рис.3. Соотношение навигационной T_H и среднемесячных фактических глубин на лимитирующих участках ВКМСК

На основе этих данные были сделаны следующие выводы [2]:

1) На участке 0-50 км канала обеспеченность навигационной глубины составляет 100%, фактические глубины здесь 7,5-20 м.

2) Лимитирующими являются участки Харбайского колена (50,8-56,5 км), где обеспеченность почти по всем месяцам составляет менее 100%, и участок 65,3-70 км, где навигационная глубина 4,9 м выдерживается только в апреле-августе.

3) На участке 70-140 км навигационная глубина 4,9 м выдерживается.

4) Смежный участок 140-150 км в его речной части (до 146 км) имеет среднемесячные фактические глубины, превышающие навигационную глубину 4,9 м, за исключением периода апрель-июнь. На участке ниже 146 км фактические глубины в основном ниже навигационной 5,2 м.

Таким образом, по материалам соотношений фактических и навигационных глубин отчетливо прослеживается влияние стока р.Волга и УКМ на глубины канала, а также показано, что на канале имеются перекаты, где проходная глубина 4,5 м фактически не выдерживается. В результате суда идут по каналу с неполной загрузкой – до 70%-80% грузоподъемности. Отчасти это стало причиной того, что доля судов с осадкой от 4,2 до 4,5 м (по данным ФГУП «Росморпорта») в настоящее время не превышает 6% от общего числа

судов, обеспечивающих грузооборот на ВКМСК. Так в 2024 году в порты Астрахань и Оля было осуществлено всего два захода судов с осадкой 4,5 м [2].

Другим важным фактором, влияющим на судоходные глубины в морской части канала – это сгонно-нагонные явления, точнее сгоны, которые существенно могут понизить уровень воды локально (по направлению сгона), при этом величина сгона может достигать до 2,5 м.

На общую картину с колебаниями уровня воды накладывается фактор высокой заносимости канала, что в свою очередь определяется с одной стороны стоком наносов, выносимых с обширной дельты р.Волга, с другой стороны перемещением донных наносов и размывом многочисленных островов и отвалов от дноуглубительных работ в морской части.

В совокупности все вышеперечисленные факторы определяют ситуацию с судоходными глубинами в акватории канала. Современное состояние ВКМСК требует проведения дальнейших исследований возможных путей решений проблемы поддержания его судоходного состояния.

Список литературы:

1. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз. – М.: Триада лтд, 2016. – 378 с.
2. Отчет о НИР «Оценка причин заносимости Волго-Каспийского морского судоходного канала в условиях проводимых работ по обеспечению проходной осадки судов 4,5 м и разработка научно-обоснованных предложений по повышению устойчивости канала». I этап: Оценка современного состояния ВКМСК и причин заносимости канала в условиях проводимых работ по поддержанию судоходства, в том числе выполнение гидрологических исследований по материалам предоставленных исходных данных от п. Стрелецкое до 188 км ВКМСК /ФГБОУ ВО «ВГУВТ», Нижний Новгород, 2025 г.
3. Гинзбург А.., Костяной А. Г. Тенденции изменений гидрометеорологических параметров Каспийского моря в современный период (1990-е — 2017 гг.) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15, № 7. 195—207. doi : 10.21046/2070-7401- 2018-15-7-195-207.
4. Малинин В.Н. Грозит ли Каспию судьба Арала? // Гидрометеорология и экология. 2022. № 69. 746—760.

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF CHANGES IN THE WATER LEVEL OF THE CASPIAN SEA AND ASSESSMENT OF ITS IMPACT ON THE NAVIGABLE DEPTHS OF THE VOLGA-CASPIAN SEA SHIPPING CHANNEL

Aleksandr N. Sitnov, Marina V. Shestova, *Yulia E. Voronina,*

Abstract. In the course of the performed research, an assessment of the current state of the Volga-Caspian Sea shipping Channel and its drift, which prevents the creation of stable dimensions of the ship's course, is given. In particular, the reasons for the lowering of the Caspian Sea level and the impact of this process on the navigable depths of the channel are considered. Based on this, it is concluded that it is possible to ensure a 4.5 m draft of vessels in modern conditions.

Keywords: water level, navigable depths, channel, long-term fluctuations in water level, drift.

Шестова Марина Вадимовна, e-mail: shestowam@yandex.ru, тел.8-903-604-21-79

Секция 6. Проблемы гидротехнических сооружений и гидрология