

# ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 56.545

Н. А. БЕРЛИНСКИЙ<sup>1</sup>, д-р геогр. наук, проф., М. А. САГАЙДАК<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одесский государственный экологический университет

г. Одесса ул. Львовская, 15, м. Одесса, 65016, Украина

E-mail: [nberlinsky@ukr.net](mailto:nberlinsky@ukr.net),

<https://orcid.org/0000-0002-4576-4958>

[mdzno.survey@gmail.com](mailto:mdzno.survey@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-2942-7625>

## ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ЗАИЛЕНИЯ ПОДХОДНОГО КАНАЛА ПОРТА АЗОВСТАЛЬ (Г. МАРИУПОЛЬ, УКРАИНА)

**Цель.** Физико-химические процессы устьевое взморья крупных рек, к которым относятся Дон и Кубань, лимитируют транспортные возможности основных портов Азовского моря в результате заносимости непрерывно поступающим взвешенным веществом. Падение глубин в акваториях портов и подходных каналах одна из ключевых проблем функционирования портов. С нуждами судоходства неразрывно связаны дноуглубительные работы и дампинг извлекаемого грунта также как само судоходство связано с нуждами мирового хозяйства. Как невозможно отказаться от судоходства, так невозможно отказаться и от своевременного проведения дноуглубительных работ. По этой причине цель работы состоит в возможной оценке производства дноуглубительных работ для перспектив эксплуатации устьевых портов Украины в Азовском море. Цель работы состоит в оценке заиления подходных каналов для перспектив эксплуатации устьевых портов Украины в Азовском море и планирования производства дноуглубительных работ в будущих периодах. **Методы.** Выполнен сравнительный анализ современных гидрометеорологических условий, в том числе доминирующее влияние ветровой деятельности, скорость и направление течений по фактическим данным, прозрачность морской воды, расходы р. Кальмиус. Были изучены доступные снимки спутников дистанционного зондирования Земли компании DigitalGlobe и данные результатов дноуглубления, которое периодически выполнялось для поддержки глубин на морском подходном канале в акваторию порта. Также использованы современные и ретроспективные данные батиметрических съемок с применением технологий ГИС обработки для сопоставления результатов, а также стандартные методики статистической обработки данных. **Результаты.** За рассматриваемый период были изучены снимки спутников дистанционного зондирования Земли компании DigitalGlobe. Было выявлено антропогенное влияние на глубины в исследуемом районе. Для сравнения глубин в районе эстуария реки Кальмиус были определены точки (позиции промерного поста) сравнения глубин на постоянных профилях подходного канала порта Азовсталь. Анализ данных прямых измерений и графического материала показал устойчивое падение глубин, т.е. перманентное заиление морского подходного канала. При этом, прямой статистической зависимости между падением глубин и объемом поступающих взвешенных веществ со стоком р. Кальмиус не отмечено. Достаточно очевидно, что основной вынос и седиментацию взвешенных веществ в данном районе определяет сток р. Дон, несопоставимо больший по сравнению с объемом стока р. Кальмиус, т.е. верхняя граница максимальной седиментации 5–7 % совпадает с районом исследуемой акватории, где теоретически следует ожидать аккумуляцию донных отложений. **Выводы.** При сравнении стока р. Кальмиус с глубинами на подходном канале порта Азовсталь, в районе эстуария реки, не выявлено достоверной статистической связи. Необходим более длительный период получения данных для сравнения стока р. Кальмиус с глубинами на подходном канале порта Азовсталь для выявления взаимосвязей и тенденций. Сток р. Дон значительно деформирован под воздействием антропогенных факторов и искомые закономерности могут быть определены исключительно по данным прямых измерений, которые достаточно лимитированы. Тем не менее, сокращение стока и, тем самым, прямое влияние на заносимость исследуемой акватории определяет необходимость и технологическую доступность выполнения дноуглубительных работ при значительно меньших затратах на современном этапе.

**Ключевые слова:** Азовское море, речной сток, процесс заиления устьевых портов Украины

**Berlinsky N. A., Sahaidak M. O.**

*Odessa State Environmental University*

**THE ESTIMATION OF THE MAIN SILTING FACTORS IN THE MARINE ARTIFICIAL CHANNEL OF THE PORT OF AZOVSTAL (MARIUPOL, UKRAINE)**

**Purpose.** The physico-chemical processes in river mouth area, which include the Don and Kuban rivers, limited the transport capacity of the main ports of the Sea of Azov as a result of the silting by suspended matter by the river runoff. The fall of the depths in the the ports and marine channels is one of the key problems of the functioning of the ports. Dredging works and dumping linked with shipping as well as shipping linked with the world economy. It is impossible to abandon shipping, as well it is impossible to abandon the dredging and dumping. For this reason, the purpose of the work is to assess the optimal dredging works for the exploitation of the ports of Ukraine in the Sea of Azov. **Methods.** The comparative analysis of modern hydrometeorological conditions, including the dominant influence of wind activity, the velocity and the direction of currents according to actual data, the transparency of sea water, the runoff the river Kalmius had been done. The available images of DigitalGlobe's remote sensing satellites and dredging results, which were periodically performed to support the depths on the sea marine channel to the port water area, were examined. Modern and retrospective data of bathymetric surveys using GIS processing technologies for comparing the results, as well as standard methods of statistical data processing were also used. **Results.** During the investigated period, the images of the Earth's remote sensing satellites from DigitalGlobe were studied. An anthropogenic impact to the silting in the study area was revealed (the turning point between 0 km of the marine channel of the port and the shallow water area of the port of Azovstal). For compare the depths in the investigated area which is under the the river Kalmius influence positions of the surveyed post had been established. As result of analysis of direct measurement data and graphic material the permanent silting of the marine channel was not established as well as the direct statistical relationship between the silting and the river run incoming with suspended matter with Kalmius river. The main process of sedimentation determines by the Don river. The upper limit of maximum sedimentation is 5–7 %, coincides with the investigated area, where theoretically one should expect the process of accumulation of bottom sediments. **Conclusion.** The result of comparing Kalmius river runoff with depths in the marine channel of the port of Azovstal, in the area of area of river mouth, revealed there is not representative statistical relationship. It is necessary monitoring data for a long period of data for representative comparing the runoff Kalmius river and silting processes. In modern period the runoff of the Don river is significantly deformed under the influence of anthropogenic factors and the representative statistical estimation have to be done using only the direct measurements, which are fairly limited. Nevertheless, the reduction of Don river runoff and, thus, the direct impact on the recording capacity of the studied water area determines the need for and technological accessibility of dredging at a significantly lower the cost of works at the present stage.

**Key words:** Sea of Azov, river runoff, silting, Azovstal port, river mouth area

**Берлінський М. А., Сагайдак М. О.**

*Одеський державний екологічний університет*

**ОЦІНКА ГОЛОВНИХ ЧИННИКІВ ЗАМУЛЕННЯ ПІДХІДНОГО КАНАЛА ПОРТУ АЗОВСТАЛЬ (М. МАРІУПОЛЬ, УКРАЇНА)**

**Мета.** Фізико-хімічні процеси гирлового узмор'я великих річок, до яких відносяться Дон і Кубань, лімітують транспортні можливості основних портів Азовського моря в результаті заносимості зваженою речовиною, що безперервно надходить. Падіння глибин в акваторіях портів і на підхідних каналах одна з ключових проблем функціонування портів. З потребами судноплавства нерозривно пов'язані днопоглиблювальні роботи і дампінг ґрунту, що витягується, також як саме судноплавство пов'язане з потребами світового господарства. Як неможливо відмовитися від судноплавства, так неможливо відмовитися і від своєчасного проведення днопоглиблювальних робіт. З цієї причини мета роботи полягає в можливій оцінці виробництва днопоглиблювальних робіт для перспектив експлуатації гирлових портів України в Азовському морі. Мета роботи полягає в оцінці замулювання підхідних каналів для перспектив експлуатації гирлових портів України в Азовському морі і планування днопоглиблювальних робіт у майбутніх періодах. **Методи.** Виконано порівняльний аналіз сучасних гідрометеорологічних умов, в тому числі домінуючий вплив вітрової діяльності, швидкість і напрямок течій за фактичними даними, прозорість морської води, витрати р. Кальміус. Були вивчені доступні знімки супутників дистанційного зондування Землі компанії DigitalGlobe і дані результатів днопоглиблення, яке періодично виконувалося для підтримки глибин на морському підхідному каналі в акваторію порту. Також використані сучасні та ретроспективні дані батиметричних зйомок із застосуванням технологій ГІС обробки для зіставлення результатів, а також стандартні методики статистичної обробки даних. **Результати.** За розглянутий період були вивчені знімки супутників дистанційного зондування Землі компанії DigitalGlobe. Було виявлено антропогенний вплив на глибини в досліджуваному районі. Для порівняння глибин в районі естуарію річки Кальміус були визначені точки (позиції промірного поста) порівняння глибин на постійних профілях підхідного каналу порту Азовсталь. Аналіз даних прямих вимірювань і графічного матеріалу показав стійке падіння

глибин, тобто перманентне замулення морського підхідного каналу. При цьому, прямої статистичної залежності між падінням глибин і обсягом надходження зважених речовин зі стоком р. Кальміус не відзначено. Досить очевидно, що основний винос і седиментацію зважених речовин в даному районі визначає стік р. Дон, незрівнянно більший у порівнянні з обсягом стоку р. Кальміус, тобто, верхня межа максимальної седиментації 5–7% збігається з районом досліджуваної акваторії, де теоретично слід очікувати акумуляцію донних відкладень. **Висновки.** При порівнянні стоку р. Кальміус з глибинами на підхідному каналі порту Азовсталь, в районі естуарію річки, не виявлено достовірного статистичного зв'язку. Необхідний більш тривалий період отримання даних для порівняння стоку р. Кальміус з глибинами на підхідному каналі порту Азовсталь для виявлення взаємозв'язків і тенденцій. Сток р. Дон значно деформований під впливом антропогенних факторів і пошук закономірності можуть позначатися виключно за даними прямих вимірювань, які досить лімітовані. Проте, скорочення стоку і, тим самим прямий вплив на заносимість досліджуваної акваторії визначає необхідність і технологічну доступність виконання днопоглиблювальних робіт при значно менших витратах на сучасному етапі.

**Ключові слова:** Азовське море, річковий стік, процес замулення гирлових портів України

### Вступление

Процесс заиления или заносимости прибрежного мелководья, находящегося под постоянным воздействием крупной реки или рек, относится к категории важнейших при планировании и эксплуатации устьевых портов, гидротехнический сооружений, в первую очередь – подходных каналов. Действительно, согласно законам гидродинамики, к определяющим процессам, формирующих заиление относятся: седиментация взвешенных частиц стока реки, т.е. осаждение или выпадение взвеси из взвешенного состояния в донные осадки и коагуляция. Коагуляция или укрупнение тонких частиц взвеси и их быстрое выведение из водной толщи наиболее активно происходят в диапазоне солености 2–6 ‰ при наименьших значениях электрокинетического потенциала [1]. Эти процессы характерны для устьевоего взморья в зоне смешения речных и морских вод, при уменьшении скорости течения. Процессу коагуляции на взморье способствуют повышение температуры, перемешивание вод, преобладание тонких взвесей. Наряду с процессом укрупнения частиц имеет место и уменьшение их размера, за счет микробиологического распада детрита и при растворении частиц. Эти процессы зависят от pH и Eh водной среды. Наиболее тонкие частицы, оставаясь в верхнем распресненном слое воды, выносятся в открытое море; более грубые (размер 2–5 мкм) и тяжелые опускаются – седиментируют в соленый придонный слой воды и далее оседают на дно.

Кроме того, из воды при коагуляции частично выводятся ионы основного солевого состава морской воды – хлор, натрий, магний, сера, кальций, калий. Однако при определенных условиях такие ионы могут переходить из взвеси в раствор. На взморье осаждаются в

среднем до 10–60 % взвешенного в речной воде вещества, а жидкое дно, образованное плотной морской водой и наклоненное к берегу, задерживает значительную часть взвесей, приводит к появлению песчаных кос и обмелению предустьевоего взморья [1, 2].

Физико-химические процессы устьевоего взморья крупных рек, к которым относятся Дон и Кубань, лимитируют транспортные возможности основных портов Азовского моря в результате заносимости непрерывно поступающим взвешенным веществом. Падение глубин в акваториях портов и на подходных каналах одна из ключевых проблем функционирования портов. С нуждами судоходства неразрывно связаны дноуглубительные работы и дампинг извлекаемого грунта также как само судоходство связано с нуждами мирового хозяйства. Как невозможно отказаться от судоходства, так невозможно отказаться и от своевременного проведения дноуглубительных работ и дампинга грунта, разве что заменяя дампинг на морскую свалку складированием грунта на береговые отвалы (рис. 1).

Порты Мариуполь и Азовсталь находятся под влиянием р. Дон, устье которой расположено примерно в 100 км. Изменчивость солености в данной акватории от 7 до 11 ‰, т.е. на верхней границе диапазона солености активных процессов выпадения взвеси в донные осадки. Годовой сток Дона составляет около 21 км<sup>3</sup> в год, что около 50 % от общематерикового стока в море. По данным АЗНИРХ годовой сток р. Кубань, в настоящее время даже превысил сток Дона [3]. Однако, следует полагать, что перенос распресненных вод Кубани в Таганрогский залив не происходит [4].

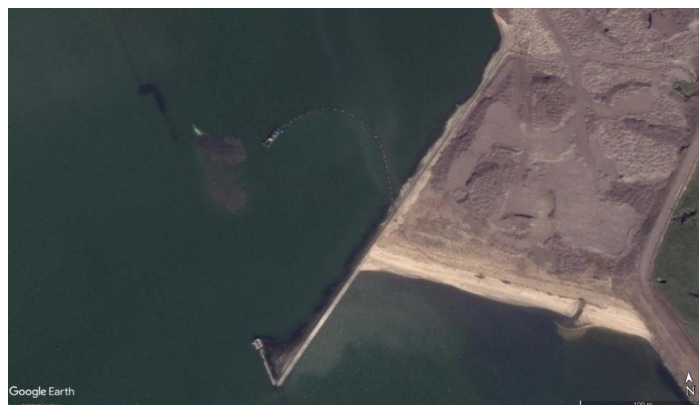


Рис. 1 – Пример (27.08.2015 и 25.09.2015 года) производства дноуглубления со складированием грунта на береговые отвалы по пульповоду на территории порта Азовсталь

Помимо этого, к определенным факторам, влияющих на заносимость прибрежных и портовых акваторий г. Мариуполь относится взвесь стока реки Кальмиус. Современный, подверженный значительной антропогенной деформации сток р. Кальмиус, составляющий около  $8 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ , может формировать значительный уровень накопления взвешенных веществ в непосредственной близости порта.

Согласно паспорту, проектная глубина на акватории морского порта Мариуполь и на подходном канале Угольной гавани составляет 9,75 м и 9,15 м соответственно. В текущее время (февраль 2019 г.) глубина по оси подходного канала порта Мариуполь составляет 7,5 м. Несмотря на прилагаемые усилия земснаряда «Меотида» Мариупольского филиала АМПУ, ситуация с глубинами на подходном канале Угольной гавани все еще остается сложной. На сегодня общий объем дноуглубления, необходимый для возвращения к проходной осадке 8,0 м, составляет более 1,5 млн  $\text{м}^3$ . Среднее ежегодное заиливание (согласно паспорту) на подходном канале

Угольной гавани Мариупольского порта составляет 820 730  $\text{м}^3$  и на акватории порта – 85 тыс.  $\text{м}^3$ .

Наименьшая глубина на подходном канале порта Азовсталь (в устье реки Кальмиус), приведенная к среднему многолетнему уровню, на апрель 1985 года составляла 5,4 м, 1990 г. – 5,6 м, август 2018 г. – 2,2 м [5]. В последние годы, до критического обмеления, в порт Азовсталь ходили суда типа Славутич (проект Д-080М) с осадкой 2,5 м и проекта 576 с осадкой 2,8 м.

Геолого-геоморфологические условия прибрежных регионов и факторы, лимитирующие природно-хозяйственное развитие в условиях изменения климата описаны в [6].

Таким образом, на современном этапе оценка использования возможностей украинских портов Азовского моря и перспектив их эксплуатации в результате многофакторного анализа заносимости портовых акваторий и морских подходных каналов относится к важной и актуальной задаче развития экономического потенциала государства.

### **Материалы и методика**

В качестве исходных использованы физико-географические и геоморфологические данные района исследований к которому относится акватория п. Мариуполь и канал порта Азовсталь, и прилегающая часть прибрежного мелководья, находящаяся под непосредственным влиянием р. Кальмиус. Выполнен сравнительный анализ современных гидрометеорологических условий, в том числе доминирующее влияние ветровой деятельности, скорость и направление течений по фактическим данным, прозрачность мор-

ской воды, расходы р. Кальмиус. Были изучены доступные снимки спутников дистанционного зондирования Земли компании DigitalGlobe и данные результатов дноуглубления, которое периодически выполнялось для поддержки глубин на морском подходном канале в акваторию порта. Также использованы современные и ретроспективные данные батиметрических съемок с применением ГИС технологий для сопоставления результатов, а также стандартные методики статистической обработки данных.

### Обсуждение и анализ результатов

Азовское море – полужамкнутое море Атлантического океана на востоке Европы, омывающее побережье Украины и России. Самое мелкое море в мире (максимальная глубина составляет 13,5 м). Крайние точки Азовского моря лежат между  $45^{\circ}12'30''$  и  $47^{\circ}17'30''$  с. ш. и между  $33^{\circ}38'$  (оз. Сиваш) и  $39^{\circ}18'$  в. д. Наибольшая длина составляет 380 км, наибольшая ширина – 200 км; длина береговой линии – 1472 км; площадь поверхности –  $37\,800\text{ км}^2$  (без учета островов и кос, занимающих  $107,9\text{ км}^2$ ). В зимний период возможно частичное или полное замерзание моря, при этом лёд выносится в Чёрное море через Керченский пролив. Морские течения зависят от северо-восточных и юго-западных ветров и весьма изменчивы по направлению. При этом принято считать генеральным, т.е. доминирующим – циркуляционное течение вдоль берегов моря по часовой стрелки.

Гидрохимические особенности Азовского моря формируются в первую очередь под влиянием обильного притока речных вод (до 12 % объёма воды) и ограниченного водообмена с Чёрным морем. Под влиянием пресного стока р. Дон и р. Кубань воды северной и юго-восточной части Азовского моря значительно распреснены. К примеру, в Таганрогском заливе соленость составляет – менее 7 ‰. В период штормов вариации солености во фронтальной зоне Таганрогского залива достигают 2 – 3 ‰. Напротив, в глубоководной котловине моря эти вариации не превышают 0,2 ‰ [4]. По этой причине море быстро замерзает, а северная часть моря до использования ледоколов была несудоходна с декабря до середины апреля. Южная часть моря не замерзает [7]. Кроме того, в течение XX века практически все крупные реки, впадающие в Азовское море, были зарегулированы. Это привело к сокращению поступления пресной воды и взвешенных веществ в море.

Материковый сток рек, впадающие в Азовское море можно условно разделить на реки, расположенные на северо-западе – на территории Украины: это: Малый Утлюк, Молочная, Корсак, Лозоватка, Обиточная, Берда, Кальмиус, Грузский Еланчик и реки, расположенные на северо-востоке – на территории России: Мокрый Еланчик, Миус, Самбек, Дон, Кагальник, Мокрая Чубурка, Ея; и на юго-востоке: Протока и Кубань.

Водосборная площадь Азовского моря составляет около 570 тыс. км<sup>2</sup>, причем основной объём стока поставляют реки Дон и Кубань, на долю которых приходится около 85 % всей водосборной площади. Остальные реки Приазовья представляют собой небольшие маловодные водотоки [8].

Берега моря отмельные, сложены в основном из ракушечника, центральная котловина заилена. В северной части моря – пять узких кос. Здесь преобладают восточные и северо-восточные ветры. Водные массы подвержены постоянному горизонтальному и вертикальному ветровому перемешиванию.

К району исследований относится устьевая область р. Кальмиус, которая ограничена следующими координатами:  $47^{\circ}04'28''$  и  $47^{\circ}05'20''$  с. ш. и  $37^{\circ}34'12''$ ,  $37^{\circ}34'56''$  в. д. В данном районе прозрачность, как и по всему заливу и морю, зависит от наличия взвеси в воде и колеблется в пределах 0,5 – 1 м. По данным прямых наблюдений с ноября 2016 г. по август 2018 г. скорость течения в поверхностном слое моря не превышала 4 – 13 см/с, в придонном – 26 – 36 см/с. По данным прямых наблюдений с ноября 2016 г. по август 2018 г. основным направлением ветра является северо-восточное. По наблюдениям с июня 2015 г. по октябрь 2017 г. месячный расход воды р. Кальмиус составил от минимального  $5,10\text{ м}^3/\text{с}$  (сентябрь, 2017 г.) и до максимального  $10,1\text{ м}^3/\text{с}$  (май, 2016 и 2017 гг.), где соответственно объём стока составил – 13.219 млн. м<sup>3</sup> и по 27.052 млн. м<sup>3</sup>.

К основному фактору прямой техногенной нагрузки на окружающую среду следует отнести металлургический комбинат «Азовсталь», который был построен в Мариуполе в 1933 г. в месте впадения р. Кальмиус в Азовское море.

Акватория порта создана искусственно. Землечерпание началась в 1932 г. и было завершено в 1935 г. Постоянное функционирование порта имеет важное значение для экономики страны, поэтому следует привести некоторые примеры его деятельности. Первоначально порт строился для приемки из Керчи горячего агломерата (сырьё для производства чугуна). Для этих целей была создана специальная серия судов. Агломерационные причалы действовали до 1994 г., до закрытия Керченского производства. Сейчас причалы выведены из эксплуатации, агломерат по-

ставляется по железной дороге. В 80-е гг. были построены еще 2 причала: шлаковый (для отправки шлака) и листовой (для отправки продукции комбината морем, прежде всего крупногабаритного листа) (рис. 2) [9].

За рассматриваемый период (2010 – 2017 гг.) были изучены снимки спутников дистанционного зондирования Земли компа-

нии DigitalGlobe. Было выявлено антропогенное влияние на глубины в исследуемом районе (поворотный участок между 0 км подходного канала порта и акваторией порта Азовсталь) – работа землесосного снаряда 27.08.2015 и 25.09.2015 года с транспортированием пульпы на территорию металлургического комбината «Азовсталь» (рис. 1).



Рис. 2 – Спутниковый снимок акватории порта Азовсталь, 2011 г. [9].

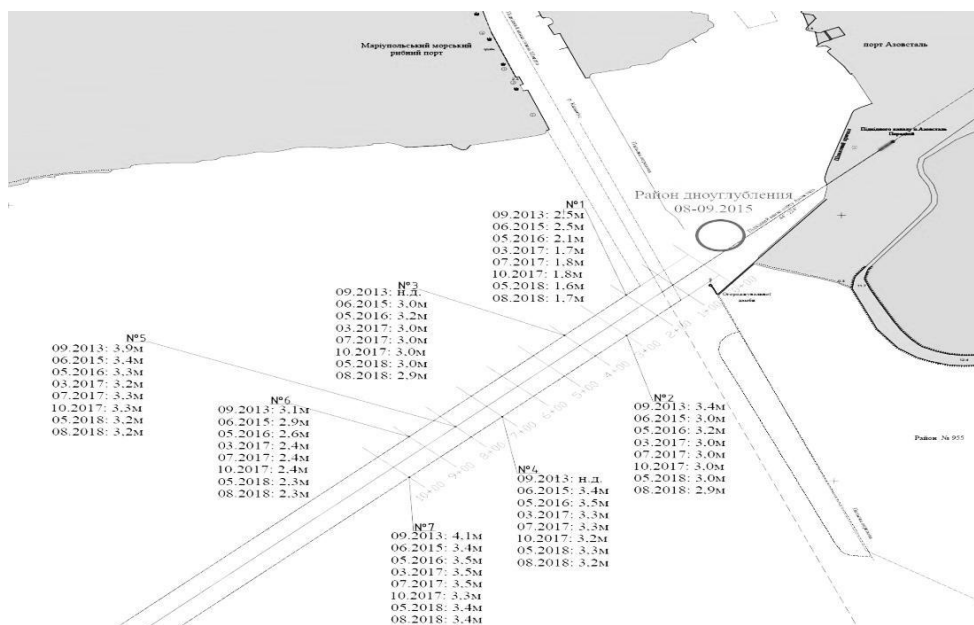


Рис. 3 – Динамика глубин на подходном канале порта Азовсталь

Предыдущие дноуглубительные работы на подходном канале порта Азовсталь проводились летом 2008 года. В настоящее время именно лимитирование глубин может приостановить работу порта. Из-за отсутствия регулярных наблюдений за состоянием

устьевой области, где расположен порт, следует, на основании современных данных оценить перспективные возможности дальнейшей деятельности порта. Для сравнения глубин в районе эстуария реки Кальмиус были определены точки (позиции промерного по-

ста) сравнения глубин на постоянных профилях подходного канала порта Азовсталь.

Для исследования заносимости подходного канала порта Азовсталь, в районе эстуария реки Кальмиус, использовались материалы промеров трех промерных групп. В связи с разностью нуля глубин у промерных групп и разными способами округления глубин, все данные приводились к единой точке

отсчета и могут иметь погрешность не более 0,1 м.

В результате приведения к единому нулю глубин и сортировки данных была получена следующая схема (рис. 3).

Построены графики сопоставления объемов стока р. Кальмиус и динамикой глубин по точкам (промерным постам) (рис. 4).

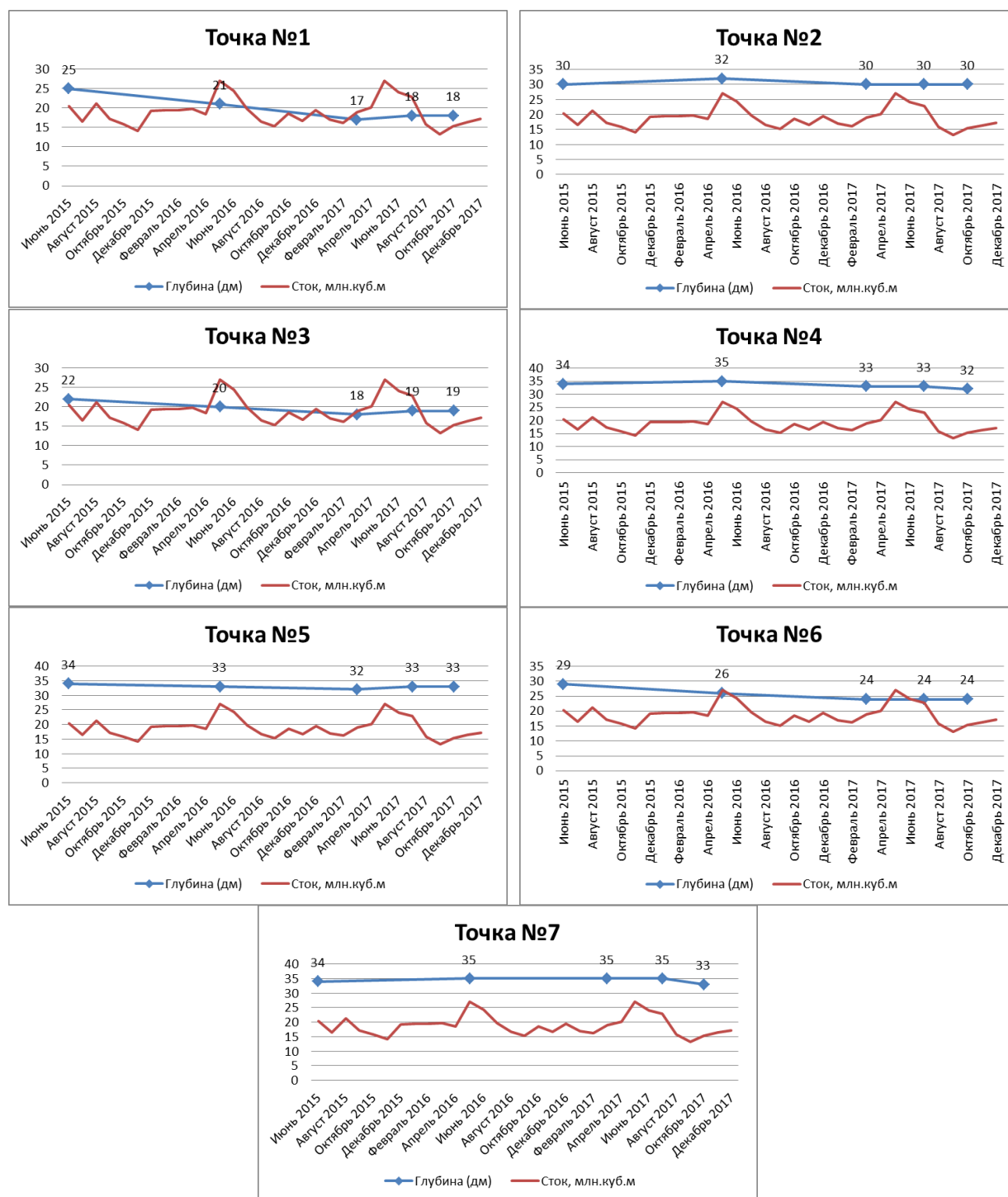
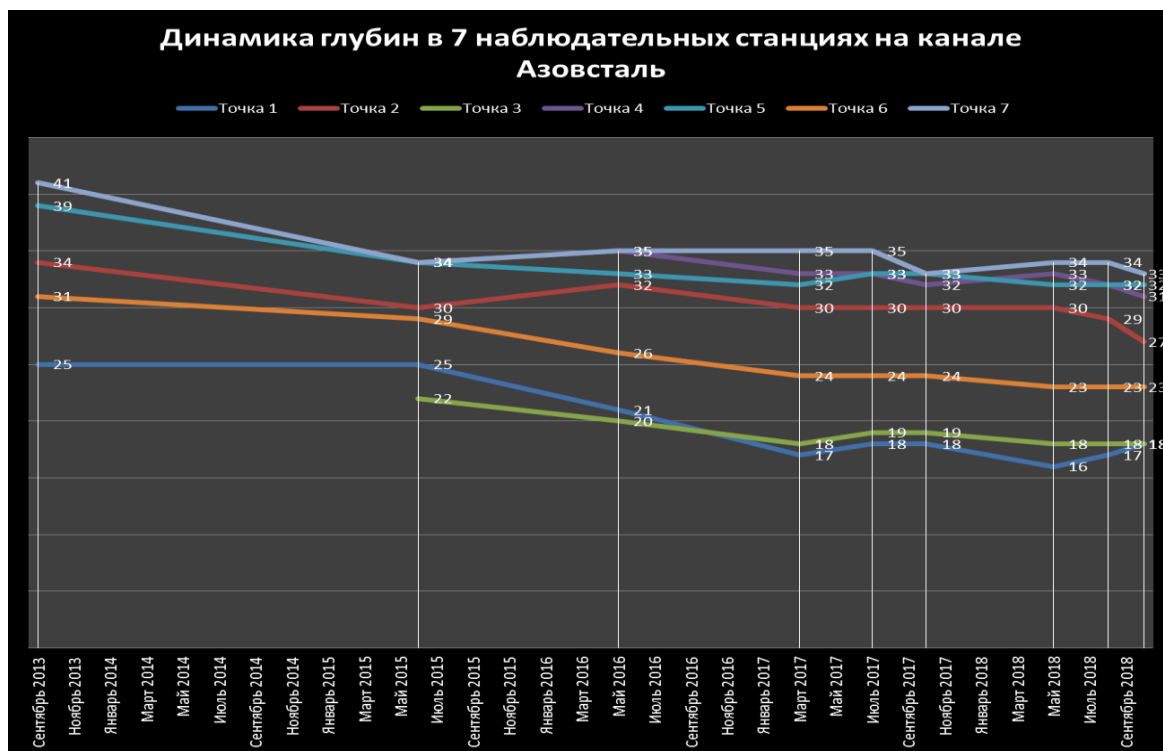


Рис. 4 – Графики сопоставления объемов стока р. Кальмиус и динамикой глубин по точкам (промерным постам)

Анализ данных прямых измерений и графического материала (рис. 4, 5) показал устойчивое падение глубин, т.е. перманентное заиление морского подходного канала. При этом, прямой статистической зависимости между падением глубин и объемом поступающих взвешенных веществ со стоком р. Кальмиус не отмечено, с учетом оценки мно-

голетнего характера и тенденций изменений среднего годового уровня Азовского моря по более, чем вековому ряду лет [10, 11].

Таким образом, основной вынос и седиментацию взвешенных веществ в данном районе определяет сток р. Дон, несопоставимо больший по сравнению с объемом стока р. Кальмиус (рис. 6).





Отмечена тенденция на точке (промерном посту) №1, самой ближайшей к речному руслу, что при повышении объема стока происходит увеличение глубины. Это свидетельствует об отсутствии закономерной связи между изменчивостью глубин и стоком р. Кальмиус. Прежде всего это подтверждает доминирующую роль источника заносимости

со стороны речного стока Дона и выносе взвешенного вещества рекой.

Как было отмечено выше, верхняя граница максимальной седиментации, 5–7 ‰ совпадает с районом исследуемой акватории, где теоретически следует ожидать аккумуляцию донных отложений (рис. 7).

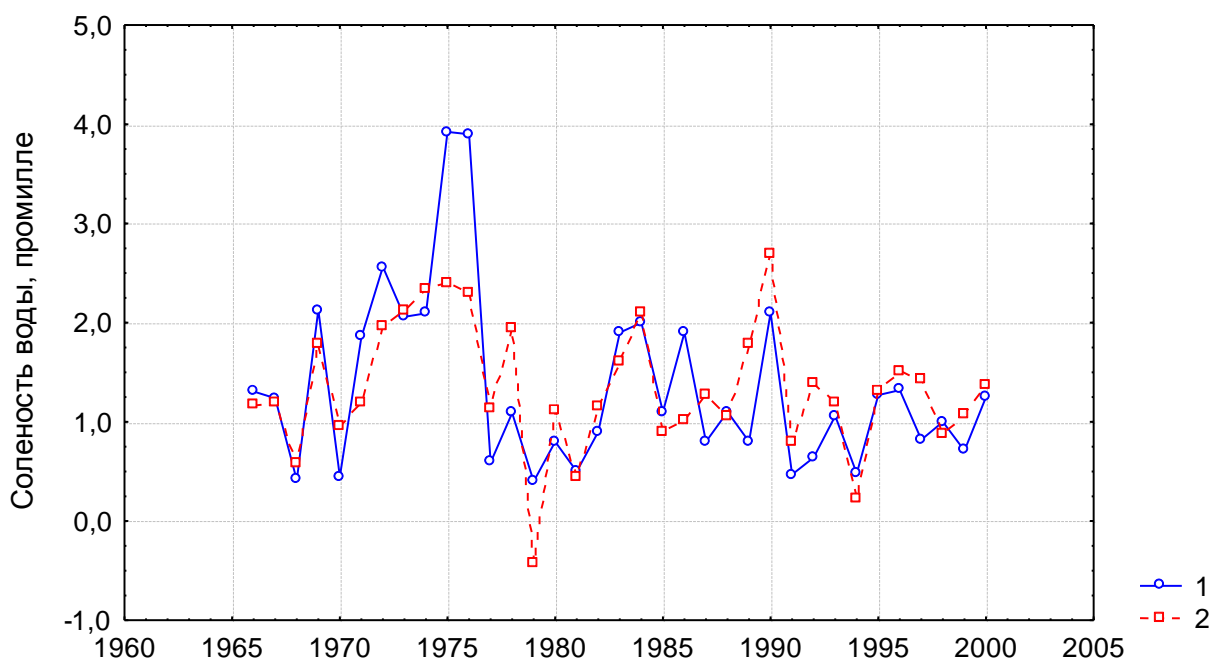


Рис. 7 – Фактична (1) і розрахована (2) середньомісячна солоність води для Таганрозького залив, по [12]

В [12] відзначається, що досліджуєму ряд умовно-естественного стока р. Дон являється однорідним з точки зору середнього і дисперсії стока. Але аналізований ряд фактичного річного стока р. Дон, на відміну від умовно-естественного ряду, в результаті посилення антропогенного впливу на сток набуває рис нестационарності в частині математичного очікування і дисперсії. Крім того, для даного часового ряду можна констатувати наближення кореляції між стоком сусідніх років до нуля.

Слідовательно, сток р. Дон значно деформований під впливом антропогенних факторів, і шукані закономірності можуть бути визначені виключно за даними прямих вимірювань, які достатньо лімітовані. Тем не менше, скорочення стока і, тим самим, пряме вплив на заносимість досліджуєму акваторії, визначає необхідність і технологічну доступність виконання дноуглубительних робіт при значно меншій витраті на сучасному етапі.

### Выводы

При порівнянні стока р. Кальмиус з глибинами на підходному каналі порту Азовсталь, в районі естуарія річки, не виявлено достовірної статистичної зв'язі.

Необхідно більш тривалий період отримання даних для порівняння стока р.

Кальмиус з глибинами на підходному каналі порту Азовсталь для виявлення взаємозв'язі і тенденцій.

Сток р. Дон значно деформований під впливом антропогенних факторів, і шукані закономірності можуть бути визначені

лены исключительно по данным прямых измерений, которые достаточно лимитированы. Тем не менее, сокращение стока и, тем самым прямое влияние на заносимость исследуемой

акватории определяет необходимость и технологическую доступность выполнения дноуглубительных работ при значительно меньших затратах на современном этапе.

### Литература

1. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М.: Наука, 1983. 160 с.
2. Berlinsky N., Bogatova Yu., Garkavaya G. Estuary of the Danube. *The Handbook of Environmental Chemistry*. – Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 2006. Vol. 5, Part H (Estuaries). P. 233–264.
2. Распределение стока. URL: <http://azniirkh.ru/wp-content/uploads/2017/08/RaspredelenieStokovStokov.jpg> (дата звернення: 05.01.2019).
3. Фомин В.В., Полозок А.А., Фомина И.Н. Моделирование циркуляции вод Азовского моря с учетом речного стока. *Морской гидрофизический журнал*, 2015. No 1. С. 17–28.
4. Министерство обороны СССР. Лотия Азовского моря. М., 1985. 159 с.
5. Современные опасные экзогенные процессы в береговой части Азовского моря: монография под ред. Л.А. Беспаловой. Южный федеральный университет. Ростов Дон, 2015. 323 с.
6. Чепурна В.Ю., Гаврилюк Р.В. Зміни льодового режиму в Азовському морі в останній кліматичний період. Матеріали III міжнародної конференції молодих вчених ОДЕКУ від 22 березня 2018 р. Одеса. ТЕС, 2018. С. 245–246.
7. Азовское море. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Азовское\\_море](https://ru.wikipedia.org/wiki/Азовское_море) (дата звернення: 15.01.2019).
8. Морской порт «Азовсталь». URL: <https://graintrade.com.ua/ru/port/morskij-port-azovstal-id1904> (дата звернення: 15.01.2019)
9. Еремеев В.Н., Андрианова О.Р., Скипа М.И. Особенности колебаний уровня внутренних морей Атлантического океана. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*, 2017. Т. 22, вип. 2. С. 11–28.
10. Permanent Service for Mean Sea Level. URL: <http://www.psmsl.org/> (Дата звернення 25.09.2017)
11. Мурашченкова Н.В. Оценка характеристик речного стока в изменяющихся природно-хозяйственных условиях. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2007. 28с.

### References

1. Gordeev, V.V. (1983). Rechnoj stok v okean i cherty ego geohimii. [River flow into the ocean and the features of its geochemistry]. M. Nauka, 160. [In Russian]
2. Berlinsky, N., Bogatova, Yu., Garkavaya, G. (2006). Estuary of the Danube. The Handbook of Environmental Chemistry. Springer-Verlag: Berlin-Heidelberg, 5, Part H (Estuaries), 233-264.
3. <http://azniirkh.ru/wp-content/uploads/2017/08/RaspredelenieStokovStokov.jpg> (electronic resource)
4. Fomin, V.V., Polozok, A.A., Fomina, I.N. (2015). Modelirovanie cirkulyacii vod Azovskogo morya s uchetom rechnogo stoka [Modeling the circulation of the waters of the Sea of Azov, taking into account the river flow]. *Marine Hydrophysical Journal*. (1), 17-28. [In Russian]
5. Ministerstvo oborony SSSR. Lotiya Azovskogo morya (1985). [Ministry of Defense of the USSR. Lotiya Azov Sea]. M., 159. [In Russian]
6. Bespalova, L.A.(Ed.). (2015). Sovremennye opasnye ehkzogennye processy v beregovoj chasti Azovskogo morya [Modern dangerous exogenous processes in the coastal part of the Sea of Azov]. Monograph . South Federal University. Rostov Don, 323. [In Russian]
7. Chepurna, V.Yu., Gavrilyuk, R.V. (2018). Zminy` l`odovogo rezhymu v Azovs`komu mori v ostannij klimaty`chny`j period [Changes in the ice regime in the Azov Sea in the last climatic period]. Materials of the 3rd International Conference of Young Scientists, ODEKU dated March 22, Odesa. TES 2018, 245-246. [In Ukrainian]
8. Azovskoye more [Azov Sea]. (2019). Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Азовское\\_море](https://ru.wikipedia.org/wiki/Азовское_море) [In Russian]
9. Morskoy port "Azovstal" (2019). [Seaport "Azovstal" ].Available at: <https://graintrade.com.ua/ru/port/morskij-port-azovstal-id1904> [In Russian]
10. Eremeev, V.N., Andrianova, O.R., Skipa, M.I. (2017). Osobennosti kolebanij urovnya vnutrennih morej Atlantskogo okeana [Features fluctuations in the level of the internal seas of the Atlantic Ocean] *Visnyk ONU. Ser. Geographical and geological science* 22(2), 11-28. [In Russian]
11. Permanent Service for Mean Sea Level. Available at: <http://www.psmsl.org/>
12. Murashchenkova, N.V. (2007). Otsenka kharakteristik rechnogo stoka v izmenyayushchikhsya prirodno-khozyaystvennykh usloviyakh [Assessment of river flow characteristics in a changing natural and economic conditions]. Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences. M., 28. [In Russian].

Надійшла до редколегії 14.02.2019