

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В СТВОРАХ РЕКИ ДОН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО СУДОХОДСТВА

*Е.Г. Цурикова,
А.С. Смоляниченко,
О.П. Шишова*

В данной статье оценена степень влияния дноуглубительных работ площадью 10800 м² и устройство шпунтовых ограждений на участке, примыкающем к береговой линии реки Дон, на безопасность прохождения судов. В ходе работы изучены особенности гидрологического режима р. Дон в створе базы отдыха ЗАО «Салют» и ЗАО «РФК», проведены исследования гидрометрических характеристик створа р. Дон (координаты: 47°12'35.31"СШ; 39°48'2.53"ВД) с определением глубин с использованием GPS-позиционирования, скоростей течения, расхода, а также камеральная обработка результатов измерений с построением поперечных профилей створов 1, 2, 3, произведен расчет изменения гидрометрических характеристик створов, связанных с геометрическим изменением поперечных сечений водотока (р. Дон), определен объем выемки донного грунта при глубине выемки 3,5 м. Кроме того определено изменение поперечного сечения водотока в исследуемых створах при устройстве шпунтового ряда, примыкающего к береговой линии исследуемого участка.

Ключевые слова: гидрология, донный грунт, дноуглубительные работы, водоток, шпунт, фарватер, гидрометрические характеристики, гидропост, нагон.

In this article, the degree of influence of dredging works with the area of 10,800 m² and the construction of sheet piling on the section adjacent to the Don river coastline on the safety of ships passing through is estimated. In the course of the work, the peculiarities of the hydrological regime of the r. Don in the range of the recreation center of ZAO Salyut and ZAO RFK, investigations of the hydrometric characteristics of the river section were carried out. Don (coordinates: 47° 12'35.31 "NW, 39° 48'2.53" VD) with depth determination using GPS positioning, flow velocities, flow rates, as well as desk processing of measurement results with the construction of transverse sections of alignments 1, 2, 3. The calculation of the change in the gauging characteristics of the trunks related to the geometric change in the cross sections of the watercourse (Don River) was made, the volume of excavation of the bottom soil was determined at a depth of 3,5 m. In addition, the change in the cross-section of the watercourse in the investigated sections is determined by the arrangement of a sheet pile adjacent to the shoreline of the investigated section.

Key words: hydrology, bottom soil, dredging, watercourse, dredge, channel, hydrometric characteristics, gauging station, overtaking.

Нижний Дон представляет собой природно-техногенную систему «поток-мероприятие-русло», в которой процессы формирования русла определяются не только природными, но и антропогенными факторами. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки, исследования русловых процессов этого участка реки приобретают особую актуальность [1].

Река Дон на всем своем протяжении является типично равнинной рекой и по всей протяженности судоходна. Средний годовой расход воды составляет 935 м³/с, модуль стока около 2 л/сек·км². Средняя скорость течения 0,1 м/с, дно глинистое и илистое, местами песчаное. Правый берег высокий (50-80 м), крутой (до 15 градусов), левый – низкий и пологий. Средний уклон русла в приустьевых участках 2,2 %. Амплитуда колебания уровня воды в реке значительна на всем протяжении и достигает 8-13 м.

Современная долина Нижнего Дона претерпела глубокие изменения в связи с крупномасштабным строительством промышленных и жилых сооружений, каналов, прудов, дамб и дорог. В результате сильного изменения рельефа происходит заболачивание и последующее засоление

территории. Ее современная поверхность формировалась паводковыми водами естественного режима стока до 1952 г. После зарегулирования стока (Цимлянский гидроузел), часть поверхности поймы превращена в сельскохозяйдья. На описываемом участке поймы создано около 20 нерестово-выростных и товарных прудовых хозяйств, защищенных земляными дамбами от повреждения паводковыми водами. Пойму пересекает несколько транспортных насыпей.

Средний годовой сток Дона составляет 27,9 куб.км (11,8-52,0 куб. км). В результате строительства Цимлянской плотины весенний сток сократился с 77 до 48 % [2]. Так как режим расходов воды р. Дон в нижнем течении зависит от сбросов из Цимлянского водохранилища, то такие изменения негативным образом сказались на судоходстве на данном участке.

В гидрологическом отношении Нижний Дон (участок реки от Цимлянского гидроузла до устья) изучен на достаточном уровне [3-5]. На данном участке действуют несколько гидропостов СК УГМС (табл. 1) [6-8].

Таблица 1– Сведения о гидропостах на Нижнем Дону

Водоток - пункт	Расстояние от устья, км	«0» графика, м БС	Площадь водосбора, км ²	Период наблюдений		Принадлежность
				за уровнями	за стоком	
р. Дон –станция Николаевская	253	6,34	257000	1956 – 80	1954 – 80	СК УГМС
р. Дон – г. Константи-новск	207	4,41	257000	1952 – 80		СК УГМС
р. Дон – станция Кочетовская (верхний бьеф)	179	2,60	357000	1952 – 80		НДРГС
р. Дон – станция Раздорская	151	1,21	378000	1952 – 80	1952 – 80	СК УГМС
р. Дон – станция Мелиховская	140	1,35	378000	1952 – 64 1971 – 80		СК УГМС
р. Дон – пгт. Багаевский	112	0,84	378000	1952 – 80		СК УГМС
р. Дон – станция Старочеркасская	76	– 0,50	416000	1952 – 80		СК УГМС
р. Дон г. Аксай	60	- 0,90	420000	1952 – 80		СК УГМС
р.Дон г. Ростов-на-Дону	44	- 0,13	421000	1952 – 80		СК УГМС

Увеличение судоходной глубины спровоцировано необходимостью создания благоприятных условий для эксплуатации крупнотоннажных судов и составов. Для обеспечения судоходства на Нижнем Дону построены гидроузлы: Николаевский, Константиновский и Кочетковский.

В этой ситуации особую значимость приобретает проблема согласованности между габаритами судов и судового хода. Здесь значителен вклад ученых Волжской академии: Ваганов Г.И. [9] и др., Новосибирской академии - Дегтярев В.В. [10], Зачесов В.П. и многие другие. Однако работы ученых в большей степени были связаны с обоснованием возможных плановых габаритов

толкаемых составов, учет параметров глубины рассмотрен не в полной мере.

По визуальным наблюдениям поток на участке реки Дон, примыкающем к береговой линии базы отдыха ЗАО «Салют» и ЗАО «РФК», находится в условиях динамического равновесия, характеризуется статистической стабильностью основных показателей руслового режима.

Для исследования гидрометрических характеристик участка дноуглубления были выбраны 3 створа – 2 по краям участка и 1 – в центре. Плановое расположение створов представлено на рис. 1.



Рисунок 1 – Плановое расположение створов

В выбранных створах с лодки производились прямые инструментальные измерения глубин, средних скоростей водного потока на назна-

ченных вертикалях, вычислялся расход воды косвенным методом «скорость-площадь». Для привязки отметок дна в соответствии с глубинами к

отметкам местности (левого берега) использовалось геодезическое оборудование.

Средний объем выемки донного грунта составляет $\omega=16866,6 \text{ м}^3$. Известна плотность аллювия $\rho=2,77 \text{ т/м}^3$, следовательно, объем добычи аллювия составит $W=46720 \text{ т}$. Среднегодовой объем твердого стока [6] составляет $V = 2,8 \text{ млн. т в год}$.

Оценку влияния дноуглубительных работ на судоходство необходимо начинать с определения величины изменений, составляющих потока руслового участка [15].

В соответствии с рекомендациями Г.Л. Гладкова степень изменений гидравлики потока (основных характеристик речного потока) от образования карьера при дноуглублении будет равна $K=0,0167$.

Полученные результаты гидрологических исследований ($K<0,35$) позволяют сделать вывод о том, что карьер образованный при дноуглублении влияет на изменение гидравлических характеристик потока в незначительной мере, т.е. процесс судоходства на исследуемом участке реки, будет проходить в том же режиме, что и до дноуглубления.

Сооружение шпунтовой стенки может изменить распределение скоростей в русловом потоке вдоль этой стенки. Для оценки влияния создания шпунтовой стенки на русловую поток, необходимо сравнить скорость распространения (как положительных, так и отрицательных волн), до устройства стенки и после этого мероприятия.

Для первого створа скорость возможного распространения волн до устройства шпунтовой стенки будет $C = 4,85 \text{ м/с}$, после $C = 5,17 \text{ м/с}$.

$B = 371 \text{ м}$ – ширина по поверхности воды в первом створе для обоих случаев: до устройства стенки и после него.

До устройства стенки живое сечение потока было $\Omega = 892,2 \text{ м}^2$.

После устройства стенки живое сечение потока стало $\Omega = 1013,71 \text{ м}^2$.

Изменение скорости возможного распространения волны при судоходстве в первом створе составит $6,6 \%$, что укладывается в допустимую норму.

В соответствии с уравнением неразрывности водного потока

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = \text{const}$$

при увеличении площади живого сечения за счет дноуглубления исследуемого участка и устройства шпунтовых ограждений незначительно уменьшатся средние скорости: в створе 1 на вертикалях 1-5 в среднем на $0,058 \text{ м/с}$;

На остальных вертикалях створов 1-3 скорости водного потока останутся неизменными.

Такие изменения скоростного режима русла не считаются значительными и поэтому никак не могут повлиять на возможности судоходства.

На основании последовательного решения поставленных задач можно сделать следующие выводы:

В результате дноуглубительных работ и устройства шпунтовых ограждений в створах 1-3 (объем выемки донного грунта - $16866,6 \text{ м}^3$) площадь живого сечения водного потока р. Дон увеличится в створе 1 на $11,99 \%$; в створе 2 - на $10,0 \%$; в створе 3 - на $6,68 \%$, а также в них незначительно уменьшатся средние скорости. Таким образом, предполагаемые мероприятия по дноуглублению и устройству шпунтовых ограждений не окажут влияния на уровенный режим р. Дон в исследуемых створах 1-3 (базы отдыха ЗАО «Салют» и ЗАО «РФК»), горизонтального смещения «оси» фарватера прохождения судов не произойдет.

Литература

1. Тимофеева В. В. Русловые процессы Нижнего Дона и их антропогенные изменения [Текст]: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.25: защищена 31.10.07: утв. 29.11.07 /Тимофеева Валентина Владимировна. – М., 2007. – 154 с. – Библиогр.: с. 153-154. 003160487.
2. Миноранский, В.А. Дельта Дона [Электронный ресурс] / В.А. Миноранский // Водно-болотные угодия России. – (http://www.fesk.ru/wetlands/313.html)
3. Баев О.А. Моделирование процесса водопроницаемости противofiltrационных экранов из геомембран [Электронный ресурс] (2015). Инженерный вестник Дона, №1 (часть 2) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818.
4. Косиченко Ю.М. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах [Электронный ресурс] / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев, А.В. Ищенко (2014) // Инженерный вестник Дона.– №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2593.
5. Семенова Е.А. От экологически ответственного хозяйствования к сохранению водных и энергетических ресурсов [Электронный ресурс] / Е.А. Семенова, М.Ф. Маршалкин, С. Г. Саркисова (2014). Инженерный вестник Дона, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/ archive/n2y2014/2375.
6. Тимофеева В.В. Условия формирования русла Нижнего Дона [Текст] / Эрозия почв и русловые процессы. – М., 2005. – Вып.15. С. 207-218.
7. Olmstead, S. M. Comparing price and nonprice approaches to urban water conservation / S.M. Olmstead , R. N. Stavins / Water Resources Research, 2009. V.45, N4. pp. W04301. DOI: 10.1029/2008WR007227.

8. Kirkwood, J. P. Report on the filtration of river waters: for the supply of cities, as practised in Europe, made to the Board of water commissioners of the city of St. Louis / J. P. Kirkwood / Forgotten Books, 2015. – 182 p.
 9. Ваганов, Г.И. О соотношении габаритов судового хода и толкаемых составов [Текст] / Г.И. Ваганов; под ред. проф. Кустова Л.И. – М.: «Реч. транспорт», 1962. – 24 с.
 10. Дегтярев, В.В. Опыт проектирования мероприятий по капитальному улучшению судоходных условий с использованием сооружений грунта. // Сборник статей по пути технического прогресса [Текст] / В.В. Дегтярев // Сборник статей по пути технического прогресса. – Омск, 1960.
 11. МИ 1759-87. Методические указания. ГСИ. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость-площадь» [Текст] / Государственный комитет СССР по стандартам; ВНИИР. – М.: Издательство стандартов, 1987.
 12. Гладков Г. Л. Обеспечение устойчивости русел судоходных рек при дноуглублении и разработке карьеров [Текст]: дис. ... д-ра тех. наук: 05.22.17: защищена 29.04.96 / Гладков Геннадий Леонидович. – СПб.: СПбГУВК, 1996. – 310 с.
 13. Барышников, Н.Б. Антропогенное воздействие на русловые процессы: Учебное пособие [Текст] / Н.Б. Барышников / – Л.: ЛГМИ, 1990. – 140 с.
 14. Кузьмин, И. А. Русловые процессы и их изменение под воздействием гидротехнических сооружений [Текст] / И. А. Кузьмин // Русловые процессы. – Труды Гидропроекта. – М.: 1973. – № 30. – С. 37-73.
 15. Tsurikova, E.G. Possibility of conducting flow structure studies on a large-scale hydraulic test bench / E.G. Tsurikova, A.S. Smolyanichenko, O.P. Shishova (2018). Materials Science Forum, Vol. 931, pp. 970-973
- References**
1. Timofeeva, V. V. *Ruslovyie processy Nizhnego Dona i ih antropogennye izmeneniya*. Diss. cand. geogr. nauk [Channel processes of the Lower Don and their anthropogenic changes Cand. geogr. Sci. diss.]. Moscow, 2007. 154 p.
 2. Minorskij, V. A. *Del'ta Dona* [The Delta of Don]. Wetlands of Russia (In Russ.). Available at: <http://www.fesk.ru/wetlands/313.html>
 3. Baev, O.A. *Modelirovanie processa vodopronicaemosti protivofil'tracionnyh jekranov iz geomembran* [Modeling the process of water permeability of anti-filtration screens from geomembranes]. Inzhenernyj vestnik Dona [The engineer's messenger of the Don]. 2015, no. 1. (In Russ.). Available at: ivdon.ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818.
 4. Kosichenko, Ju.M. *Sovremennye metody bor'by s fil'traciej na orositel'nyh sistemah* Ju.M. Kosichenko, O.A. Baev, A. V. Ishhenko Inzhenernyj vestnik Dona [The engineer's messenger of the Don]. 2015, no. 1. (In Russ.). Available at: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2014/2593.
 5. Semenova, E.A. *Ot jekologicheskij otvetstvennogo hozjajstvovanija k sohraneniju vodnyh i jenergeticheskij resursov* E.A. Semenova, M.F. Marshalkin, S. G. Sarkisova Inzhenernyj vestnik Dona [The engineer's messenger of the Don]. 2015, no. 1. (In Russ.). Available at: 2014, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2375.
 6. Timofeeva, V. V. Conditions for the formation of the channel of the Lower Don. *EHroziya pochv i ruslovyie processy* [Soil erosion and channel processes]. 2005; (15): 207-218. (In Russ.).
 7. Olmstead, S. M. Comparing price and nonprice approaches to urban water conservation / S. M. Olmstead, R. N. Stavins / Water Resources Research, 2009. V.45, N4. pp. W04301. DOI: 10.1029/2008WR007227.
 8. Kirkwood, J. P. Report on the filtration of river waters: for the supply of cities, as practised in Europe, made to the Board of water commissioners of the city of St. Louis / J. P. Kirkwood / Forgotten Books, 2015. – 182 p.
 9. Vaganov, G.I. *O sootnoshenii gabaritov sudovogo hoda i tolkaemyh sostavov* [On the ratio of the dimensions of the ship's run and the pushed convoys]. Moscow, Rech.Transport, 1962. 24 p.
 10. Degtarev, V.V. [Experience in designing measures for the capital improvement of navigational conditions using soil structures]. *Sbornik statej po puti tekhnicheskogo progressa* (Collection of articles on the way of technical progress). Omsk, 1960. (In Russian).
 11. МИ 1759-87. *Metodicheskie ukazaniya. GSI. Raskhod vody na rekah i kanalah. Metodika vypolneniya izmerenij metodom «skorost'-ploshchad'»* [Measurement procedure 1759-87. Methodical instructions. GSI. Water flow on rivers and canals. Method for performing measurements by the velocity-area method]. Moscow, 1987.
 12. Gladkov, G. L. *Obespechenie ustojchivosti rusel sudohodnyh rek pri dnouglublennii i razrabotke kar'erov*. Diss. cand. tekhn. nauk [Ensuring the sustainability of the channels of navigable rivers in dredging and quarrying Cand. techn. Sci. diss.]. St. Petersburg, 1996. 310 p.
 13. Baryshnikov, N.B. *Antropogennoe vozdejstvie na ruslovyie processy* [Anthropogenic impact on channel processes]. Leningrad, 1990. 140 p.
 14. Kuz'min, I. A. [Channel processes and their change under the influence of hydraulic structures]. *Trudy Gidroprojekta «Ruslovyie processy»* [Proceedings of Hydroproject «Channel processes»]. Moscow, 1973, no. 30, pp.37-73. (In Russian).
 15. Tsurikova, E.G. Possibility of conducting flow structure studies on a large-scale hydraulic test bench / E.G. Tsurikova, A.S. Smolyanichenko, O.P. Shishova (2018). Materials Science Forum, Vol. 931, pp. 970-973