

научно-технический журнал

# ВЕСТНИК



# МГУ

Спецвыпуск

**1/2010**



материалы оборудование технологии

# **Научно-технический журнал Вестник МГСУ**

**ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ**

**СПЕЦВЫПУСК №1/2010**

**Москва**

---

**Научно-технический журнал Вестник МГСУ**, Спецвыпуск № 1. 2010.

Периодическое научное издание. Москва, МГСУ.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-21435 от 30 июня 2005 г.

#### **Редакционная коллегия:**

Главный редактор – ректор МГСУ, акад. РААСН, д.т.н., проф. – **В.И. Теличенко**; зам. главного редактора – проректор по научной работе МГСУ, чл.- корр. РААСН, д.т.н., проф. – **Е.А. Король**; зам. главного редактора – проректор по учебной работе МГСУ, д.ф.-м.н., проф. – **М.В. Самохин**; зам. главного редактора – проф., к.т.н. **Н.С. Никитина**; отв. секретарь – академик РАЕН, проф., д.т.н. **А.Д. Потапов**; редактор – **Е.Н. Аникина**; верстка – **Д.А. Матвеев**.

#### **Редакционный совет:**

*Теличенко В.И.* (председатель), *Амбарцумян С.А.*, *Егорычев О.О.*, *Баженов Ю.М.*, *Дмитриев А.Н.*, *Король Е.А.* (зам.председателя), *Кошман Н.П.*, *Круглик С.И.*, *Никитина Н.С.* (зам. председателя), *Николаев С.В.*, *Маклакова Т.Г.*, *Мэрфи Анжела* (Университет Центрального Ланкашира, Англия), *Паль Ян Петер* (Технический Университет Берлина, ФРГ), *У Хой* (Пекинский Университет строительства и архитектуры, Китай), *Ян Буйнак* (Университет Жилина, Словакия), *Бегларян А.Г.* (Ереванский государственный университет архитектуры и строительства, Армения), *Потапов А.Д.* (отв. секретарь), *Пупырев Е.И.*, *Самохин М.В.* (зам.председателя), *Сидоров В.Н.*, *Тер-Мартirosян З.Г.*, *Травуш В.И.*, *Чунюк Д.Ю.* (зам. отв. секретаря)

#### **Адрес редакции:**

129337, Москва, Ярославское ш. 26. МГСУ, Тел. +7 (499) 183-56-83,

Факс +7 (499) 183-56-83

e-mail: [vestnikmgsu@mgsu.ru](mailto:vestnikmgsu@mgsu.ru), <http://www.iasv.ru>, Электронная версия

<http://www.mgsu.ru>

Подписано в печать 19.04.10

Все материалы номера являются собственностью редакции, перепечатка или воспроизведение их любым способом полностью или по частям допускается только с письменного разрешения редакции.

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Настоящий выпуск Вестника МГСУ "Водное хозяйство и морские порты" включает статьи, подготовленные по работам последнего времени на кафедре Водного хозяйства и морских портов, совместно с сотрудниками других кафедр МГСУ, а также совместно и в организациях, с которыми кафедра активно сотрудничает. Представлены работы авторов из ОАО «Гипроречтранс», ООО «Экспертный центр современных коммуникаций», ООО «ЭЦБ ГТС «Гидротехэкспертиза», ОАО «Мортранспроект», Сочинского государственного университета курортного дела и туризма и др. Среди авторов статей аспиранты кафедры ВХиМП и СГУТиКДа с результатами диссертационных исследований.



Тематически статьи условно формируют три раздела: внутренние водные пути, морские порты и берегозащита, экологические проблемы и специальные объекты. Тематика и содержание представленных статей отражает высокую актуальность соответствующих направлений развития российского водного транспорта. Это необходимость обеспечения с помощью внутреннего водного транспорта транспортировки значительных объемов грузов в таких регионах, как Каспийское море – Азово-Черноморский бассейн, или Западная Сибирь.

Для морского водного транспорта сильная мотивация развития последнего периода связана с необходимостью обеспечить в возрастающих объемах добычу и транспортировку углеводородов, других грузов, а также реализацию глобальных проектов, таких как Саммит АТЭС в 2012 г. на о.Русский и Олимпийские Игры 2014 в г.Сочи, имеющих значительную морскую гидротехническую составляющую.

Проектирование, строительство и эксплуатация объектов водного транспорта для решения поставленных задач выполняются часто в сложных условиях, требующих нестандартных решений, которые должны опираться на исследования методами численного моделирования и экспериментов. При этом особое значение уделяется экологическим аспектам реализации проектов.

Результаты таких исследований, а также соответствующие практические рекомендации и представлены в статьях настоящего сборника.

**Зав. кафедрой  
Водного хозяйства и морских портов д.т.н., проф.**

**Ю.П. Правдивец**

## СОДЕРЖАНИЕ

СУДОХОДНЫЙ КАНАЛ «ЕВРАЗИЯ» И ВОЛГО-ДОН 2 <b>Языков С.В., Левачев С.Н., Есиновский В.А., Мельник Г.В.</b> <i>МГСУ</i> .....	7
ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ НАХОЖДЕНИЯ МЕРГЕЛЯ В МОРСКОЙ ВОДЕ НА ЕГО ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА <b>Истомин А.Д., Мельников М.В.</b> <i>МГСУ</i> .....	15
РЕКОНСТРУКЦИЯ СУДОХОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ РЫБИНСКОГО ГИДРОУЗЛА <b>Левачев С.Н., Малаханов В.В., Правдивец Ю.П., Шурухин Л.А.</b> <i>МГСУ</i> .....	19
ВОЗДЕЙСТВИЕ МОРСКИХ ДЛИННОПЕРИОДНЫХ ВОЛН НА АКВАТОРИЮ ПОРТА <b>Пиляев С.И., Морозов Ф.В., Губина Н.А.</b> <i>МГСУ</i> .....	30
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН НА МОДЕЛЬ ПОДВОДНОГО РЫБОВОДНОГО САДКА <b>Пиляев С.И., Муравьев В.Б.</b> <i>МГСУ</i> .....	37
ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ИМЕРЕТИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОЛИМПИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ <b>Макарова И.Л., Иванов А.В.</b> <i>СГУТ И КД</i> .....	43
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОРТА МЗЫМТИНСКОГО В АДЛЕРСКОМ РАЙОНЕ Г. СОЧИ <b>Макаров К.Н., Макаров Н.К.</b> <i>СГУТ И КД</i> .....	50
ОПЫТНЫЙ ОБРАЗЕЦ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УЧАСТКА ПОБЕРЕЖЬЯ Г. СОЧИ ОТ ПОРТА ДО УСТЬЯ Р. БЗУГУ <b>Секурова З.А., Гегечкори В.А.</b> <i>СГУТ И КД</i> .....	55

<p>БЕРЕГОЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОБЕРЕЖЬЯ ИМЕРЕТИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В Г. СОЧИ <b>Мацко И.М., Макаров К.Н.</b> <i>СГУТ И КД</i>.....</p>	61
<p>ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ МОРЯ <b>Кантаржи И.Г., Дрейзис Ю.И., Прохода-Шумских Л.В.</b> <i>МГСУ</i>.....</p>	66
<p>ПЛАНИРОВАНИЕ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В РАЙОНАХ СО ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ УРОВНЯ ВОДОЕМОВ <b>Дашкевич А.В.</b> <i>СГУТ И КД</i>.....</p>	73
<p>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ СВАЙ ОТ ИСТИРАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЭСТАКАДНОГО ТИПА В ПРИУРЕЗОВОЙ ЗОНЕ <b>Литвиненко Г.И.</b> <i>ООО «Морские транспортные проекты»</i> .....</p>	78
<p>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА <b>Беляков А.А., Левачев С.Н.</b> <i>МГСУ</i>.....</p>	82
<p>ЭФФЕКТЫ НЕОДНОРОДНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОСОВ ПО КРУПНОСТИ В ЛИТОДИНАМИКЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ <b>Кантаржи И.Г., Дрейзис Ю.И., Бондарева Е.В., Вайтман В.В.</b> <i>МГСУ</i>.....</p>	90
<p>НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДОХРАНИЛИЩА МНОГОЛЕТНЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ <b>Носков Б.Д.</b> <i>МГСУ</i>.....</p>	106
<p>ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕДОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА МОРСКОЕ ДНО <b>Левачев С.Н., Новорольский К.В.</b> <i>МГСУ</i>.....</p>	108
<p>МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАНОСИМОСТИ МОРСКОГО ПОДХОДНОГО КАНАЛА <b>Губина Н.А.</b> <i>МГСУ</i>.....</p>	116

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕДОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА ПОДВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И КОММУНИКАЦИИ <b>Новорольский К. В.</b> МГСУ.....	122
ТРАНСОКЕАНСКИЙ КАНАЛ В НИКАРАГУА – ПРОЕКТ ВЕКА <b>Левачев С.Н., Шурухин Л.А., Филимонов С.В.</b> МГСУ.....	128
ВЛИЯНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ МОРСКИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА <b>Мордвинцев К.П.</b> МГСУ.....	135
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МОРСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА <b>Мордвинцев К.П.</b> МГСУ.....	145
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ АВАРИЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ <b>Алмазов В. О.</b> МГСУ.....	151

## СУДОХОДНЫЙ КАНАЛ «ЕВРАЗИЯ» И ВОЛГО-ДОН 2

**С. В. Языков, С.Н. Левачев,  
В.А. Есиновский, Г.В. Мельник**

МГСУ



*Рассматриваются вопросы строительства воднотранспортной системы, соединяющей Каспийский и Азово-Черноморский бассейны. В качестве вариантов сравниваются морской канал «Евразия» и вторая нитка канала «Волга-Дон».*

*The subject is the construction of a water transportation system connecting the Caspian and the Azov-Black Sea basins. Two options are being considered: the Eurasia Sea Canal and the second waterway of the Volga-Don Canal.*



В последнее время в прессе активизировалось обсуждение вопросов, касающихся строительства канала «Евразия», соединяющего Каспийское море с Азово-Черноморским бассейном (АЧБ) по Кумо-Маньчской впадине, и второй нитки Волго-Донского водного пути (Волго-Дон 2).

Целесообразность строительства любого транспортного пути в первую очередь определяется наличием тяготеющей к нему грузоформирующей базы и перспективными грузопотоками. В тезисах доклада Руководителя Федерального агентства морского и речного транспорта А. Давыденко на 3-м международном отраслевом форуме «ЮГ-ТРАНС-2008. Портовые мощности Азово-Черноморского бассейна. Развитие и конкуренция» сказано, что «По оценке Южного научного центра Российской академии наук к 2015 году потребность в перевозках грузов по Волго-Донскому водному пути возрастет до 30 миллионов тонн. Реализация проекта строительства вторых линий шлюзов Волго-Донского судоходного канала даст возможность увеличить грузопоток в 3 раза. Хочу отметить, что вся грузовая база для ВДСК формируется в бассейне реки Волги. А грузопоток с Каспия для канала «Евразия» по самым оптимистичным прогнозам оценивается в 7 млн. тонн. Таким образом, канал «Евразия» имеет исключительное значение только для прикаспийских государств» /1/. В 2007 году по Волго-Донскому судоходному каналу (ВДСК) было перевезено 8,74 млн. тонн грузов, в том числе на Волгу 1,05 млн. тонн, и на Дон 7,69 млн. тонн, большую часть которых составили нефть и нефтепродукты (4,14 млн. тонн). Думается, что в ближайшей перспективе тенденция преобладания односторонних грузоперевозок сохранится, и оценивать грузопропускную способность воднотранспортной системы надо с учетом направления грузопотоков. Если даже предположить, что отношение грузопотоков по встречным направлениям увеличится в три раза до соотношения 1/3, грузопропускная способность системы должна составить 45-50 млн. тонн (23-25 млн. тонн в одном направлении), то есть она будет исчерпана уже к моменту возможного наиболее раннего срока окончания строительства Волго-Дона 2.

Перспективные (к 2020 году) грузоперевозки по каналу «Евразия» оценивались в 2005 году специалистами ЦНИИЭВТ в 40-45 млн. тонн. В значительном количестве это



будут транзитные грузы прикаспийских государств (в первую очередь Казахстана), Западного Китая, стран ЕС. Около половины грузов, так же как и для Волго-Донского водного пути, составят нефть и нефтепродукты. Приняв то же соотношение между объемами грузоперевозок по встречным направлениям, получим, что грузопропускная способность канала должна составлять 60-70 млн. тонн в год. Мнение некоторых ученых о том, что нефть и нефтепродукты из каспийского региона следует транспортировать только по нефтепроводам, звучит не очень убедительно. Во-первых, по химическому составу нефть с разных месторождений сильно отличается и во многих случаях ее смешение в нефтепроводе нежелательно. Во-вторых, имеет место тенденция увеличения объемов переработки нефти на местах и поставки на экспорт готовых нефтепродуктов. Учитывая их широкую номенклатуру, потребуются строительство большого количества продуктопроводов, и далеко не все продукты переработки нефти поддаются перекачке по трубопроводам. В-третьих, финансовая сторона вопроса. В первую очередь это касается ОАО «Лукойл» и АО НК «Казмунайгаз», намеренных в ближайшие годы начать промышленную добычу нефти на Каспийском шельфе и имеющих свои нефтеперерабатывающие заводы в европейских странах на побережье Черного моря (Болгария, Румыния, Украина) общей мощностью по нефти более 20 млн. тонн в год. Для них бесперевальная доставка нефти непосредственно от шельфовых месторождений до портов назначения на Черноморском побережье танкерами грузоподъемностью около 10 тысяч тонн выглядит весьма привлекательно. То же можно сказать и о транспортировке из Каспийского региона к черноморским портам нефти, предназначенной для дальнейшей транспортировки в Средиземноморский бассейн в обход турецких проливов по нефтепроводам Бургас – Александрополис, Бургас – Влера, Самсун – Джейхан.

Таким образом, ориентировочная суммарная грузопропускная способность воднотранспортной системы, соединяющей АЧБ с Волгой и Каспийским морем должна составлять к 2020 году 100-120 млн. тонн в год, что Волго-Донской водный путь и после строительства второй нитки не сможет обеспечить.

Обратимся к техническим характеристикам и судоходным условиям воднотранспортных соединений. Поскольку во многих публикациях под Волго-Донем 2 подразумеваются только вторые нитки шлюзов Волго-Донского судоходного канала, что в контексте рассматриваемого вопроса неверно, прежде всего определимся с этим понятием. С позиции соединения Каспийского моря с Азовским, Волго-Дон 2 (как внутренний водный путь) включает в себя Волго-Каспийский канал, р. Волгу от Астрахани до Волгограда, Волго-Донской судоходный канал, Цимлянское водохранилище, р. Дон от Волгодонска до Азова, Азово-Донской морской канал. Его протяженность составляет около 1300 км /2, 3, 4/. На водном пути расположено 18 средне и низконапорных шлюзов (13 на ВДСК и 5 на Нижнем Дону). Разность отметок водораздела (Варваровское водохранилище) и Волги составляет 86,5 м, водораздела и Цимлянского водохранилища 41,5 м. В настоящее время существует несколько вариантов реализации проекта Волго-Дона 2.

Канал «Евразия» предлагается проложить по Кумо-Мангычской впадине. Выход в Каспийское море возможен на участке от Лагани до Кизлярского залива, в Азовское море – в Таганрогский залив. Протяженность канала, в зависимости от вариантов выхода в Каспийское море, изменяется в пределах 670 – 750 км, то есть в среднем 720 км. К этому расстоянию надо прибавить еще около 100 км морских каналов. Разность отметок водораздела (Чограйское водохранилище) и Каспийского моря 51-54 м (в зависимости от схемы реконструкции Чограйского водохранилища) предлагается преодолеть при по-

мощи 5-6 шлюзов с напором около 10 м, а разность отметок водораздела и Азовского моря 24-27 м – при помощи 3-4 шлюзов с напором до 10 м.

Схема Волго-Донского водного пути и одного из возможных вариантов трассы канала «Евразия» представлена на рисунке 1.

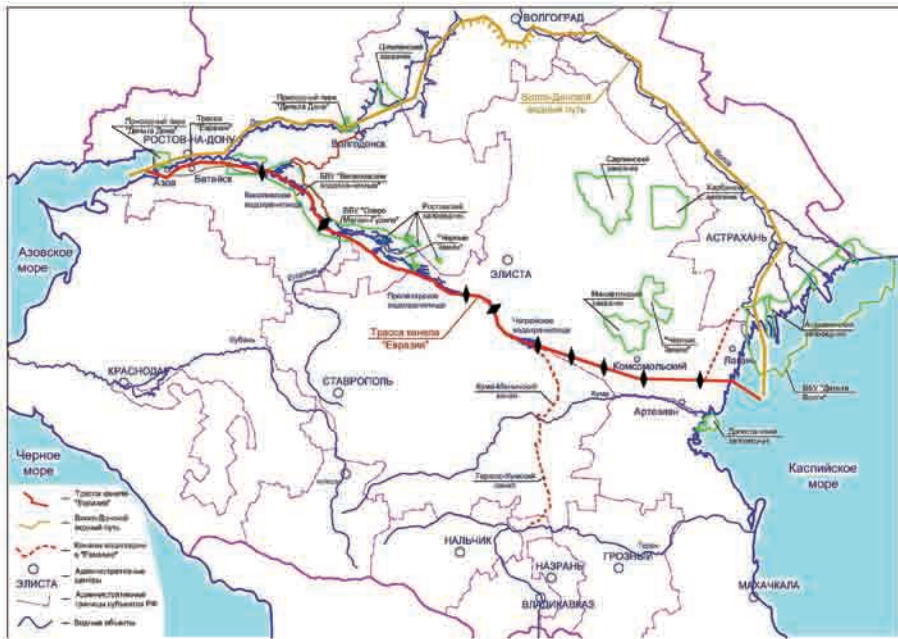


Рис.1. Схема Волго-Донского водного пути и одного из возможных вариантов трассы канала «Евразия»

Габариты пути определяются гарантированными габаритами судового хода (глубина, ширина, радиус закругления) и габаритами камер шлюзов (длина, ширина, глубина на порогах), которые напрямую связаны с габаритами расчетного судна (длина, ширина, статическая осадка в грузу). Обеспечить желаемые габариты пути Волго-Дона 2 и «Евразии» на канальных и водохранилищных участках вполне реально. Но, в отличие от «Евразии», Волго-Дон 2 состоит не только из шлюзов, каналов и водохранилищ, но и из зарегулированных и свободных участков рек, что негативно сказывается на возможности обеспечения необходимых габаритов судового хода. В этом плане наиболее проблемной является река Дон, особенно на участке Кочетовский гидроузел – Ростов-на-Дону. «Программой категорий средств навигационного оборудования и сроков их работы, гарантированных габаритов судовых ходов в навигации 2008-2010 годов по Федеральному государственному учреждению «Азово-Донское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства» установлена глубина судового хода на этом участке 3,4 м при расходах ниже Кочетовского гидроузла не менее 510 м<sup>3</sup>/с. При этом обеспеченность расхода 510 м<sup>3</sup>/с за навигационный период по разным источникам составляет 75-85%. Расход воды требуемой для данного класса водного пути обеспеченности составляет всего 330-340 м<sup>3</sup>/с. Можно предположить, что реальная гарантированная глубина на данном участке водного пути не превышает 3,0-3,1 м, а указанные 3,4 м при расходе 510 м<sup>3</sup>/с – всего лишь абстрактное точечное значение. Неудивительно, что

проходные глубины здесь периодически объявляются равными 3,1 – 3,3 м, а то и 2,9 м (при сгонных ветрах). При таких глубинах суда типа «Волго-Дон» с осадкой 3,6 м и грузоподъемностью 5000 тонн могут взять на борт только около 3400 тонн груза.

Той же программой минимальные радиусы закругления судового хода определены в 300 м, в то время как в соответствии с «Правилами плавания по внутренним водным путям Российской Федерации» /5/ радиус закругления судового хода должен быть в 3 раза больше длины судна и в 3,5 раз больше длины толкаемого состава. Применительно к судну типа Волго-Дон длиной 136 м радиус закругления должен составлять не менее 400 м. Как следствие, на Нижнем Дону насчитывается 24 затруднительных для судоходства участка, в пределах которых обгон и расхождение судов и составов запрещен /4/. Большинство затруднений связано с малыми радиусами закругления судового хода, значения которых определяются формой русловых извилин. При этом их спрямление, равно как и увеличение глубины судового хода землечерпанием, может привести к недопустимым посадкам уровня. Для северного варианта Волго-Дона 2 проблемным также является участок от выхода канала в Дон до Цимлянского водохранилища с проходными глубинами немногим более 1 м.

В свете выше сказанного, необоснованным выглядит предложение по расчетному судну для Волго-Дона 2, представленное в презентационном материалах Федерального агентства морского и речного транспорта Минтранса России «Infrastructural project of development of Volga-Don waterway» /6/. Предлагаемое судно (состав) длиной около 300 м, и грузоподъемностью 10000 тонн потребует обеспечения минимальных радиусов закругления судового хода на речных участках порядка 1000 м, что практически недостижимо для Дона. Целесообразным для Волго-Дона 2 следует в качестве расчетного рассматривать судно длиной до 140 м с осадкой до 3,7 м. При этом на Дону необходимо будет обеспечить принятой для Единой глубоководной системы европейской части России глубину 4,0 м.

Габариты камер шлюзов Волго-Дона 2 (предлагаются  $L_k \times V_k \times S_k = 300 \times 30 \times 5,5$  м /6/, и  $L_k \times V_k \times S_k = 150 \times 18 \times 5,5$  м) должны быть выбраны на основании уточненных грузопотоков и с учетом оценки допустимой интенсивности судоходства на Нижнем Дону, особенно на участке Ростов-на-Дону – Азово-Донской морской канал.

Для канала «Евразия» ориентировочно можно принять шлюзы с габаритами камер  $L_k \times V_k \times S_k = 300 \times 30 \times 6,5$  м. Глубина на порогах 6,5 м позволит, в отличие от Волго-Дона 2, эффективно эксплуатировать большую серию строящихся и проектируемых судов смешанного «река-море» плавания грузоподъемностью 8-10 тыс т, имеющих осадку до 5,0 м.

Одним из ключевых вопросов является вопрос обеспечения каналов водой для шлюзования.

В настоящее время вода в водораздельный бьеф ВДСК подается из Цимлянского водохранилища тремя последовательно расположенными насосными станциями в объеме около 1 км<sup>3</sup> в год. На шлюзование уходит около половины этого объема. Остальная часть расходуется на водопотребление, испарение, инфильтрацию. Потребность в воде на шлюзование Волго-Дона 2 при плановых габаритах камер шлюзов  $L_k \times V_k = 300 \times 30$  м около 1 км<sup>3</sup> в год. Поскольку площадь водной поверхности при строительстве Волго-Дона 2 практически не увеличится, то дополнительными потерями на испарение и инфильтрацию можно пренебречь. Таким образом, необходима суммарная ежегодная подача воды в водораздельный бьеф в объеме 2 км<sup>3</sup>. При продолжительности навигации в 240-260 дней средний расход составит 90-95 м<sup>3</sup>/с. При этом сброс воды с водораздела в Дон и Волгу будет примерно одинаков, по 0,75 км<sup>3</sup> в год. Дополнительное изъятие части стока р. Дон на

нужды Волго-Дона 2 недопустимо. Остается вариант – забор воды из Волги. Для Волги изъятие даже в самый маловодный месяц сентябрь (в засушливые годы сток не падает ниже  $14,5 \text{ км}^3$ )  $0,1 - 0,15 \text{ км}^3$  воды (1% стока) не является критичным и вряд ли может существенно отразиться на экологическом состоянии дельты, как утверждают некоторые экологи. В то же время дополнительная подача воды в Дон явно желательна. Технически вопрос также разрешим. Не следует исключать вариант полного перевода Волго-Донского судоходного канала на питание волжской водой из Волгоградского водохранилища. Это повысит стоимость проекта и эксплуатационные расходы, но увеличение стока на  $1,5 \text{ км}^3$  и соответственно среднего расхода в навигационный период на  $70 \text{ м}^3/\text{с}$  несколько улучшит экологическую и судоходную обстановку на Нижнем Дону.

Потребность канала «Евразии» в воде на шлюзование оценивается примерно в  $1,3 \text{ км}^3$  в год. Поскольку на значительном своем протяжении он проходит по территории с семиаридным климатом, то создание новых водохранилищ и значительный подъем уровня воды в существующих водохранилищах может привести, помимо затопления и вывода из сельскохозяйственного оборота обширных территорий, к существенным потерям воды на испарение и инфильтрацию. Во избежание этого целесообразно сохранить отметки уровня воды в Веселовском и Пролетарском водохранилищах, трассу канала «Евразия» проложить южнее озера Маныч-Гудило и восточного отсека Пролетарского водохранилища вдоль склона Кумо-Манычской впадины. Что касается западного отсека Пролетарского водохранилища и Веселовского водохранилища, то возможны варианты прохождения трассы непосредственно по этим водохранилищам, либо южнее в обход них в канальном варианте. От этого зависит расположение шлюзов на западном склоне канала «Евразия». Однако в любом случае потребуются реконструкция Чограйского водохранилища (водораздельный бьеф) с целью увеличения его полезного навигационного объема до  $0,5-0,6 \text{ км}^3$  из-за ограничения подачи воды в водохранилище в течение четырех месяцев в году по условиям рыбоводства. Здесь возможны различные варианты, наиболее вероятные из которых – подъем отметки НПУ водохранилища с  $24,20 \text{ м}$  примерно до  $27,00 \text{ м}$ , либо перенос Чограйской плотины на  $10-12 \text{ км}$  восточнее с сохранением отметки НПУ. Принимая ширину канала по урезу  $110 \text{ м}$ , годовой слой испарения со свободной поверхности  $850 \text{ мм}$ , годовую потерю на инфильтрацию в объеме 7% от объема воды в водоеме, получаем дополнительные (по отношению к ныне существующим) потери воды в объеме около  $0,25 \text{ км}^3$ . Таким образом, годовая потребность канала «Евразия» в воде для обеспечения судоходства, в зависимости от принимаемых технических решений, может быть оценена в объеме  $1,5 - 1,6 \text{ км}^3$ .

Район, по которому проходит трасса «Евразии», вододефицитен. Для его функционирования требуется переброска воды из других бассейнов. В частности рассматривается вариант переброски части паводкового стока рек Терек и Кубани с его аккумуляцией в реконструированном Чограйском водохранилище. Такая схема водообеспечения позволяет подавать воду в канал самотеком, но требует существенных затрат на создание дополнительных регуляционных водохранилищ на самих реках, организацию мероприятий по перераспределению и переброске стока. При этом Чограйское водохранилище должно быть многолетнего регулирования. По предварительной оценке дополнительно можно осуществить переброску в Кумо-Манычскую впадину  $0,5-1,2 \text{ км}^3$  воды этих рек, что явно недостаточно.

Ряд специалистов высказывает мнение о целесообразности возрождения идеи подачи воды в Чограйское водохранилище из Волги по каналу Волга-Чограй протяженно-

стью около 350 км и пересекающего Калмыкию с севера на юг, проект которого был разработан и начал реализовываться в прошлом веке. Проект дорогой, однако его осуществление позволяет обеспечить пресной водой не только канал «Евразия», но и существенно улучшить экологическую ситуацию в Калмыкии, повысить эффективность сельскохозяйственного освоения земель.

Но есть другой менее затратный вариант подачи воды из Волги, учитывающий, в отличие от канала Волга-Чограй, наличие судоходного канала «Евразия». Отвод воды из Волги может быть осуществлен (ориентировочно из района порта Оля) по каналу, подводящему воду к нижнему бьефу последнего гидроузла на восточном склоне канала «Евразия». Его протяженность при выходе «Евразии» в Каспийское море в районе Лагана составит 70-90 км. Подача воды в Чограйское водохранилище осуществляется по судоходному каналу при помощи насосных станций, входящих в состав каждого гидроузла восточного склона, аналогично схеме подъема воды из Ивановского в Икшинское водохранилище канала им. Москвы. При этом потребность в электроэнергии может быть обеспечена установкой ветроэлектростанций (единичной мощностью 1,5-3,0 МВт) в рамках расширения реализуемой Калмыкией программы использования нетрадиционных источников энергии. Сопоставимые энергетические затраты потребуются и для подачи воды из Волги в Варваровское водохранилище для питания Волго-Дона 2. Нужды сельского хозяйства на значительной территории Калмыкии могут быть удовлетворены подачей дополнительного объема пресной воды в Чограйское водохранилище и из него в Черноземельскую оросительную систему.

Особое место занимают экологические вопросы. Реализация любого транспортного мегапроекта неизбежно оказывает воздействие на окружающую среду. Особенностью воднотранспортных проектов является то, что они могут изменить экологическую ситуацию как в худшую, так и в лучшую сторону. Например, можно ожидать, что забор воды для питания Волго-Дона 2 из Волги и частичный сброс ее в Дон положительно скажется на экологической обстановке в его нижнем течении при слабом отрицательном воздействии на экосистему Нижней Волги. В то же время увеличение интенсивности судоходства, объема дноуглубительных работ окажет отрицательное воздействие на флору, фауну и ихтиофауну Нижней Волги и Нижнего Дона, в том числе на водно-болотные угодья (ВБУ) «Дельта Волги» и природный парк «Дельта Дона», через которые проходит Волго-Дон 2.

Более неоднозначная ситуация складывается вокруг канала «Евразия». Современное положение земель и водных объектов в районе прохождения трассы канала с экологической точки зрения достаточно сложно. Естественные водные ресурсы Кумо-Манычской впадины к настоящему времени исчерпаны. Природохозяйственный комплекс в решающей степени развивается за счет дотаций речного стока из смежных бассейнов рек Кубань, Дон и Терек. Водохозяйственный баланс остается напряженным, дефицит водных ресурсов имеет тенденцию дальнейшего роста, повышается минерализация водных объектов, в первую очередь за счет сброса коллекторно-дренажных вод. Экспедиционные наблюдения ЮНЦ РАН и АФ ММБИ КНЦ РАН в 2004 и 2005 г.г. показали, что минерализация вод Чограйского водохранилища колеблется от 1,5-1,8 г/л до 3-4 г/л, что делает его воду малопригодной для орошения и непригодной для питьевого водоснабжения. Вода в Пролетарском водохранилище непригодна для орошения, в Веселовском и Усть-Манычском она приемлема только в отдельные месяцы. В Веселовском водохранилище и в западном отсеке Пролетарского минерализация находится на экологически предельно-допустимом для рыб уровне, а на большей части акватории оз. Маныч-Гуди-

ло - за его пределами. Регресс экологической обстановки продолжается ускоренными темпами. Водохранилища уже потеряли свое рыбопромысловое значение. Для стабилизации и улучшения состояния водоемов, сельскохозяйственного освоения земель требуется подача в них дополнительных объемов пресной воды, которая в необходимых количествах может быть взята только из Волги.

Учитывая расположение природоохранных территорий (водно-болотные угодья «Веселовское водохранилище» и «Пролетарское водохранилище»), являющихся местом гнездовья ряда редких видов птиц, местом отдыха перелетных птиц при их миграции, предпочтение следует отдать варианту трассы, проходящему вне этих водохранилищ. В то же время не надо забывать, что эти водно-болотные угодья рукотворные, образованы в результате строительства Веселовского и Пролетарского гидроузлов. И если в середине прошлого века условия для развития флоры и фауны были действительно благоприятные, то сейчас наблюдается упадок, основной причиной которого является засоление водоемов, и не факт, что при сохранении существующей ситуации редкие виды водной и околотовной фауны не прекратят свое существование. Поэтому, в любом случае следует предусмотреть подачу в них дополнительного объема пресной воды.

Еще один существенный момент – техногенные катастрофы. В случае аварии танкера и разлива нефти ниже Волгоградского (Цимлянского) водохранилища загрязнение распространится до низовий Волги (Дона). Локализация очага загрязнения при больших ширинах русла и скоростях течения практически невозможна. А ведь Волга и Дон являются источниками промышленного и питьевого водоснабжения таких крупных городов как Астрахань и Ростов-на-Дону. Трасса канала «Евразия» минует крупные населенные пункты, скорость течения в нем составит не более 0,2 м/с и оперативно может быть снижена практически до нуля остановкой шлюзования и подачи воды в Чограйское водохранилище по восточному склону, что способствует быстрой локализации и ликвидации последствий аварии. Следует также отметить, что транспортировка легковоспламеняющихся и взрывоопасных (нефть, некоторые виды нефтепродуктов, сжиженные углеводородные газы) грузов через крупные населенные пункты опасна и может иметь катастрофические последствия.

Разработка природоохранных мероприятий при проектировании, применение современных материалов и технологий при строительстве воднотранспортных соединений позволят минимизировать отрицательное антропогенное воздействие на экосистему. Однако без детальной проработки всего комплекса экологических вопросов (современная экологическая ситуация в районах воздействия воднотранспортных соединений, тенденция ее изменения, вероятные экологические последствия реализации проектов с учетом возможных компенсационных мероприятий, прогноз последствий техногенных аварий и т. д.) делать какие-либо окончательные выводы недопустимо.

Таким образом, оба варианта воднотранспортного соединения Каспийского моря с Азово-Черноморским бассейном с технической точки зрения вполне реалистичны и реализуемы. Волго-Донской водный путь в силу своего географического положения в значительно большей степени ориентирован на перевозку российских экспортно-импортных и транзитных грузов в направлении Север-Юг, чем в направлении Каспийское море – Азово-Черноморский бассейн. К тому же его грузопропускная способность с учетом направления грузопотоков даже в случае строительства вторых ниток шлюзов не будет удовлетворять суммарным перспективным грузопотокам из/в бассейна Волги и Каспийского моря.

С позиции же воднотранспортного соединения Каспийского моря с Азово-Черноморским бассейном канал «Евразия» имеет неоспоримые преимущества перед Волго-Доном 2. Он более привлекателен для грузовладельцев и грузоперевозчиков возможностью прохода современных судов «река-море» плавания с осадкой до 5,0 м и грузоподъ-

емностью до 8-10 тысяч тонн в полном грузу, значительно меньшим транзитным временем прохода за счет меньшей протяженности пути и меньшего количества шлюзований (2,5-3 суток по сравнению с 5-6 сутками по Волго-Дону 2), возможностью и целесообразностью применения контейнерных, накатных, лихтерных и других современных технологий доставки грузов водным транспортом. Наличие второго, параллельного Волго-Донскому водному пути, соединения Каспийского и Азовского морей значительно снижает экономические риски доставки грузов водным транспортом, позволяет существенно повысить реализацию транзитного потенциала России и государств Центральной Азии. Канал «Евразия» в значительно большей степени, нежели Волго-Дон 2, будет способствовать социально-экономическому развитию Юга России.

Не следует забывать и о геополитической значимости канала «Евразия», на базе которого может быть сформирован трансконтинентальный судоходный маршрут Европа-Центральная Азия, который станет серьезным противовесом транспортному коридору ТРАСЕКА, реализуемому в обход России с целью снижения ее экономического и политического влияния на страны Центральной Азии и Закавказья. Предоставляя прикаспийским государствам удобный выход на международные водные пути через свою территорию, Россия будет не только иметь экономическую выгоду от международного транзита, но и существенно укрепит свое влияние в Центрально-Азиатском регионе.

Исходя из выше сказанного, просматривается целесообразность строительства как канала «Евразия», так и Волго-Дона 2, причем в указанной последовательности, так как ввод в эксплуатацию канала «Евразия» полностью снимает существующие ограничения по транспортировке грузов между Каспийским морем и Азово-Черноморским бассейном, частично снимает нагрузку с Волго-Донского водного пути за счет переориентации на себя грузопотоков с Нижней Волги, тем самым давая временную фору для строительства Волго-Дона 2.

*Список использованных источников:*

1. «О перспективах развития портовой деятельности в Азово-Черноморском бассейне» Тезисы доклада Руководителя Федерального агентства морского и речного транспорта Александра Давыденко на 3-м международном отраслевом форуме «ЮГТРАНС-2008. Портовые мощности Азово-Черноморского бассейна. Развитие и конкуренция» 21 марта 2008 г.
2. Атлас единой глубоководной системы европейской части РФ, Т 7, Река Волга от Волгоградского гидроузла до Астрахани. Откорректировано 26.09.2007.
3. Атлас единой глубоководной системы европейской части РФ, Т 8, ч. I, Волго-Донской водный путь от Волгограда до Волгодонска. Откорректировано 26.09.2007.
4. Атлас единой глубоководной системы европейской части РФ, Т 8, ч. II, Волго-Донской водный путь от Волгодонска до устья Дона. Откорректировано 26.09.2007.
5. Правила плавания по внутренним водным путям Российской Федерации. Утв. Приказом Минтранса России № 129 от 14.10.2002. Зарегистрированы в Минюсте России №4088 от 30.12.2002.-М.: РКонсульт, 2004, -33 с.
6. Infrastructural project of development of Volga-Don waterway. Federal agency of maritime and river transport of the Ministry of transport of the Russian Federation. Москва, 2007, - 12 с.

**Ключевые слова**

Канал, воднотранспортная система, шлюз, гидравлическая система питания, экология, защита окружающей среды

Channel, water transportation system, lock, hydraulic water system, environmental engineering, environmental protection

Адрес: levachev@inbox.ru

## ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ НАХОЖДЕНИЯ МЕРГЕЛЯ В МОРСКОЙ ВОДЕ НА ЕГО ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА

А.Д. Истомин, М.В. Мельников

МГСУ

*В связи со строительством в Краснодарском крае морских гидротехнических сооружений рассматриваются возможности использования местного строительного материала мергеля в условиях взаимодействия с водой в процессе эксплуатации.*

*The subject is the usage of marl, a local building material, in the context of its interaction with water during its exploitation, in connection with the implementation of hydrotechnical constructions in Krasnodar region*

В настоящее время в Краснодарском крае осуществляется или планируется строительство ряда морских гидротехнических сооружений, включая порты. Основным каменным строительным материалом в морском гидротехническом строительстве являются скальные и полускальные породы. Они широко используются при устройстве постелей, разгрузочных призм, при образованиях портовых территорий. Кроме этого, скальные породы и продукты из них (щебень) используются при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций.

Одним из путей снижения стоимости сооружений является использование местных строительных материалов. Известно, что Кавказские горы в данном районе сложены различными разновидностями мергеля. Недостаточно изученное поведение мергеля в морской воде сдерживает его применение в гидротехническом строительстве. Тем не менее, как показывает опыт, мергель использовался при строительстве морских гидротехнических и берегозащитных сооружений на кавказском побережье.

В связи с этим, в лаборатории кафедры ВХ и МП МГСУ были проведены комплексные исследования физико-механических и прочностных характеристик мергеля, который добывается в карьерах города Новороссийска, а также находившегося в составе постели оградительного сооружения гравитационного типа в течение сорока лет.

Результаты исследований позволили дать рекомендации по использованию мергеля, как местного строительного материала при строительстве морских гидротехнических сооружений на кавказском побережье России.

В данной работе представлены результаты исследований по влиянию длительного нахождения мергеля в морской воде на его прочностные характеристики и минералогический состав. В 60-70-х годах прошлого века на кафедре ВХ и МП были проведены исследования изменения минералогического состава мергеля и его прочности во время эксплуатации гидросооружений порта Новороссийска в течение 8 лет (Смирнов Г.Н., Фальк М.А., Дудик Э.Ф. и др.). Результаты этих исследований и проведенных в настоящее время позволили проследить изменения минералогического состава мергеля и изменение его прочности при сжатии, отобранного непосредственно из эксплуатирующегося гидротехнического сооружения в течение 40 лет.



### Методика исследований

В качестве исследуемых образцов мергеля были приняты кубики с размерами 50×50×50 мм, которые изготавливались из камня, отобранного из карьера, а также из постели мола гравитационного типа, отсыпанной в 1965 г. Предел прочности образцов на одноосное сжатие определялся путем их испытания на гидравлическом прессе. Коэффициент водостойкости (размягчаемости) мергеля вычислялся как частное от деления предела прочности на сжатие образцов, испытанных в водонасыщенном состоянии на предел прочности образцов в высушенном состоянии. Водонасыщение образцов осуществлялось в соответствии с требованиями ведомственных норм /1/ в течение 6 суток. Критерием морозостойкости образцов мергеля являлась потеря их массы при попеременном замораживании и оттаивании /2/. Средняя плотность мергеля определялась путем измерения массы единицы объема образцов породы, в соответствии с требованиями /2/. Водопоглощение определяли путем сравнения массы образцов горной породы в насыщенном водой состоянии и после высушивания в соответствии с рекомендациями /2/. Влажность мергеля определялась путем сравнения массы образцов в воздушно-сухом, во влажном состоянии и после их высушивания.

За результат принимали среднеарифметическое значение не менее пяти параллельных испытаний горной породы.

Кроме этого были выполнены исследования минерало-петрографического состава мергеля и определено процентное содержание по массе химических элементов – Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, а также их оксидов. Исследования проводились на растровом электронном микроскопе (РЭМ) CAMSCAN (Англия) методами электронно-зондового микроанализа и растровой электронной микроскопии одновременно с выводом результатов исследований на компьютер.

### Результаты исследований и их анализ

Результаты исследований 1960–1970-х годов и проведенных в 2005 году позволили проследить изменения минералогического состава мергеля и изменение его прочности при сжатии, отобранного непосредственно из эксплуатирующегося гидротехнического сооружения в течение 40 лет.

В результате исследований было установлено, что с течением времени в мергеле уменьшается содержание кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ). Содержание кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ) в образцах мергеля из карьера и из постели мола в зависимости от времени нахождения в морской воде представлены в таблице.

Результаты исследований мергеля, отобранного из гидротехнических сооружений порта г. Новороссийска

t, годы	0 лет	3 лет	6 лет	8 лет	40 лет
$P = \text{CaCO}_3, \%$	97,28	95,71	88,29	88,40	76,42
$K_p = P_t/P_0$	1,00	0,98	0,91	0,91	0,78
$R_w,$ МПа	96,7	95,5	69,8	80,0	76,7
$K_R = \frac{R_w}{K_w R_0}$	1,0	0,99	0,93	0,83	0,79

Примечание:  $P$  – количество кальцита  $\text{CaCO}_3$  в мергеле;  $R_w$  – прочность водонасыщенного мергеля на сжатие