



Тематический выпуск

СОДЕРЖАНИЕ

К читателям ( <i>обращение главного редактора</i> ).....	4
<b>Статьи</b>	
<i>Дивинский Б.В., Косьян Р.Д., Куклев С.Б.</i> Параметры ветрового волнения на защищенных акваториях .....	5
<i>Кантарджи И.Г.</i> Воздействия на водную среду при строительстве морских портов и сооружений на шельфе .....	17
<i>Пелиновский Е.Н., Шургалина Е.Г.</i> Аномальное усиление волны вблизи вертикальной преграды .....	29
<i>Камынин Е.Ю., Максимов В.В., Нуднер И.С., Семёнов К.К., Хакимзянов Г.С.</i> Исследование взаимодействия уединенной волны с частично погруженным сооружением .....	39
<i>Диденкулова И.И., Сергеева А.В., Пелиновский Е.Н., Гурбатов С.Н.</i> Статистические оценки характеристик наката длинных волн на берег .....	55
<i>Хабахпашева Т.И., Коробкин А.А.</i> Импульсивное воздействие обрушающихся волн на упругие береговые сооружения .....	64
<i>Леонтьев И.О.</i> Динамика профиля песчаного берега на различных масштабах времени .....	78
<i>Соомере Т., Зайцева-Пярнасте И., Рямяет А., Куренной Д.</i> О пространственно-временной изменчивости полей волнения Финского залива .....	90
<i>Гагошидзе Ш.Н.</i> К оценке воздействия вдольбереговых волн на береговые откосы открытых морских и речных каналов .....	102
<b>Рецензия на книгу</b>	
Холодова С.Е., Перегудин С.И. Моделирование и анализ течений и волн в жидких и сыпучих средах .....	114
<b>Конференции</b>	
Информация о предстоящих (международных) конференциях по гидрофизике в 2011 г. ....	115
<b>Поздравляем!</b> .....	117
<b>Хроника</b> .....	120
Тематический указатель 2008–2010 гг. ....	122
Авторский указатель за 2008–2010 гг. ....	126
Правила представления материалов в редакцию.....	127

# CONTENTS

## Articles

- Divinsky B.V., Kosyan R.D., Kuklev S.B.* Parameters of Wind Waves on the Protected Water Areas ..... 5

In the paper some aspects of mathematical modeling of wave and hydrodynamic regime at protected water areas are considered, examples of the dangerous hydrodynamic phenomena research (broken water, harbor seiche, resonant characteristics of harbor) are given. Recommendations of various wave and hydrodynamic models applicability for the decision of assigned tasks are given.

**Key words:** mathematical simulation, protected areas, wave climat, harbor seiche.

- Kantarzhi I.G.* Impacts onto the Water Environment of the Sea Ports and Continental Shelf Structures Construction ..... 17

The experience of development and environmental expert review of the sea hydro technical projects has been generalized. Construction and operation of the sea ports, as well as continental shelf structures may cause the significant impact onto sea water environment. The modern method of coastal processes modeling and the modern construction technologies can help in assessment of the environmental effects and to minimize these effects. The separation of the global project into stages may be applied if the environmental impact assessment is possible, only.

**Key words:** sea ports, continental shelf structures, construction and operation, design, environmental impact, impact assessment, expert review.

- Pelinovsky E.N., Shurgalina E.G.* Abnormal Intensification of a Wave near a Vertical Barrier ..... 29

One of the possible mechanisms of freak-waves emergence near a vertical barrier, based on the dispersive focusing of unidirectional wave packets is analyzed. This mechanism is associated with the frequency dispersion of water waves and manifested in the interference of many spectral components, moving with different group velocities. Formation of a single freak wave in a random wind wave field is considered in the frame of linear theory. The characteristic lifetime of an abnormal wave in the framework of this mechanism for typical conditions is approximately two minutes, thus such a rapid effect is difficult to predict and prepare for. A rogue wave quickly changes its shape from a high ridge to a deep depression.

**Key words:** water waves, wind waves, freak waves, dispersive focusing.

- Kamynin E.Yu., Maximov V.V., Nudner I.S., Semenov K.K., Khakimzyanov G.S.* Study of Interaction of the Solitary Wave with a Partially Submerged Stationary Construction ..... 39

The results of laboratory experiments and numerical modeling of the interaction of a solitary wave and a fixed partially submerged body of rectangular shape, located on a flat slope are presented. Carried out research allowed to determine the magnitude run-up on the body and the wave pressure on it, depending on the oncoming wave amplitude, the body length and its immersion, the angle of the slope.

**Key words:** solitary wave; partially submerged structure; run-up; pressure; laboratory experiment; numerical simulation; results.

- Didenkulova I.I., Sergeeva A.V., Pelinovsky E.N., Gurbatov S.N.* Statistical Estimates of Characteristics of Long Wave Run-up on a Beach ..... 55

The run-up of irregular long sea waves on a beach of a constant slope is studied in the framework of nonlinear shallow water theory. It is shown that the problem nonlinearity does not influence on statistical moments of the velocity of the moving shoreline, but affects statistical moments of the displacement. In particular, for weak-amplitude waves it is demonstrated that the wave run-up process has a longer duration as compared to the duration of the wave run-down process, even if the incident wave field represents Gaussian stationary

process with a zero mean. The probability of wave breaking during the process of wave run-up is calculated and conditions of the model validity are discussed.

**Key words:** long waves, run-up, statistical moments, probability distributions.

*Khabakhpasheva T.I., Korobkin A.A. Impulsive Interaction of Breaking Waves with Flexible Coastal Structures* ..... 64

The problem of impact of a water wave with flat front onto an elastic vertical plate which models the surface of a coastal structure is studied. The liquid is assumed weakly-compressible; the liquid flow is described within acoustic approximation. The deflection of the plate and its vibrations caused by impact are described by a linear theory of thin isotropic plates without accounting for shear stresses. The hydrodynamic and structural parts of the problem are coupled by both dynamic and kinematic conditions imposed on the wetted part of the structure. The problem is solved by the normal mode method. By using integral transforms the problem is reduced to a system of differential and integral equations which are numerically solved. Phenomena caused by the structural damping and liquid compressibility are investigated. It is shown that the structural damping affects the global evolution of the plate behavior; however, maximum deflection and maximum bending stress can be determined without account for structural damping. New combined model of violent wave impact is proposed. Within this model only the early stage of impact is described with taking the liquid compressibility into account, the later stage is simulated by using the model of incompressible liquid.

**Key words:** breaking wave, elastic plate, wave impact, compressible liquid, structural damping, bending stresses, combined model.

*Leont'yev I.O. Shoreface profile dynamics in different time scales* ..... 78

Dynamics of the sea coast is characterized by both the short-term changes and the long-term trends manifested in the time scales of decades, centuries and milleniums. When modeling the short-term storm-induced deformations the process-based models turn out to be most successful as those simulate the suite of primary mechanisms responsible for sediment transport and bed deformations. Presented model CROSS-P is applicable to calculate the storm-induced deformations on sandy coasts of the seas, large lakes and water stores. To analyse the long-term coastal evolution the model SPELT is suggested determining the position and form of the profile depending on changes in sea level and imbalance of sediment budget.

**Key words:** coastal profile modeling, erosion, accumulation, storm-induced deformations, erosion, coastal evolution, sediment budget.

*Soomere T., Zaitseva-Pärnaste I., Räämet A., Kurennoy D. Spatio-temporal variations of wave fields in the Gulf of Finland* ..... 90

We analyse the main properties of wave fields in the Gulf of Finland and their spatial and long-term variations based on visual wave observations performed since 1954 at two locations on the southern coast of the gulf and high-resolution simulations of wave fields for the entire Baltic Sea for 1970-2007. Shown is that both long-term average and maximum wave heights in the gulf are about a half for those in the Baltic Proper. The average wave heights have insignificantly changed in the gulf since the 1970s whereas the extreme wave heights have considerably increased in the northern and in the northeastern sections of the gulf. A probable reason for the changes is the enhancement of south-western winds over the last 40 years.

**Key words:** wind waves, wave measurements, wave modelling, wave climate, Baltic Sea, Gulf of Finland.

*Gagoshidze Sh.N. To the Estimation of the Action of Longitudinal Waves on the Bank Slopes of the Open Sea and River Channels* ..... 102

One of the most characteristic properties of longitudinal waves is the growth of their height near the bank line. This property is especially observed in short longitudinal, the mathematical description of which in terms of mathematical approximation was for the first time given by Stokes. In the present paper, Stokes' solution generalized to the case of a stationary longitudinal flow is used to estimate the static stability and deformation of the sea shore slope or of the deep sea and river channel slopes. The stability of shore slopes of a shallow sea or trapezoidal or triangular channels, which have cross-section dimension commensurable with the longitudinal wave length is estimated on the basis of an approximate solution of three-dimensional wave equations by the Galerkin-Kantorovich method. This solution, while preserving the three-dimensional structure of waves over the bank slope, leads to the results which can be easily used in engineering design.

**Key words:** longitudinal waves, flow, channel depth, bank deformation.

УДК 627.2:551.465

© И.Г. Кантаржи

Московский государственный строительный университет  
kantardgi@yandex.ru

## ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНУЮ СРЕДУ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОРСКИХ ПОРТОВ И СООРУЖЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ

Обобщен опыт участия в разработке и экспертизе разделов охраны окружающей среды в проектах морских гидротехнических сооружений. Строительство и эксплуатация морских портов, а также сооружений континентального шельфа оказывают значительное воздействие на водную среду. Для оценки этих воздействий, а также разработки мер по их минимизации необходимо применять современные методы моделирования процессов береговой зоны и технологии проведения строительных работ. При проектировании глобальных проектов деление на стадии допустимо только, если это деление не делает невозможным экологические оценки.

Ключевые слова: морские порты, сооружения шельфа, строительство и эксплуатация, проектирование, воздействие на окружающую среду, оценка воздействий, экологическая экспертиза.

Последние десятилетие для России, несмотря на все сложности общей экономической ситуации, является периодом интенсивного строительства морских портов и комплексов нефте-газодобычи на морском шельфе. Российский шельф богат углеводородами, которые, как известно, составляют основную статью российского экспорта. Запущены крупные добычные комплексы на шельфе острова Сахалин (Сахалин 1 и Сахалин 2) и создаются комплексы освоения новых месторождений. Запущен комплекс на северном шельфе Каспийского моря (месторождение им. Ю. Корчагина). Проектируется комплекс добычи газа на шельфе Баренцева моря (Штокмановское месторождение).

Создание добычных комплексов на шельфе, как правило, сопровождается и строительством береговых баз и нефтяных портов для хранения, переработки и транспортировки добываемых ресурсов (береговая база проекта Сахалин 2 в г. Корсаков, порт в Баренцевом море для обеспечения Штокмановского месторождения). Нефтяные порты проектируются и строятся и для транспортировки углеводородов, добываемых на суше и поставляемых на берег по трубопроводам или по железной дороге (трубопроводная система Восточная Сибирь – Тихий океан и нефтяной терминал в бухте Козьмино, нефтеперерабатывающий завод и морской терминал в заливе Восток и др.).

Проектируются и строятся не только нефтяные морские порты, но и грузовые и пассажирские порты другого назначения. На Черноморском побережье России серьезной мотивацией развития морского гидротехнического строительства является обеспечение Олимпийских игр в Сочи в 2014 г. Для этого строится новый грузовой порт в устье р. Мзымта для обеспечения завоза строительных материалов, планируется перепрофилировать в пассажирский и существенно расширить существующий морской порт Сочи, построить новый грузовой порт Сочи и восемь пирсовых терминалов для организации регулярного морского сообщения в пределах Большого Сочи. На Дальнем Востоке аналогичная ситуация связана с проведением в 2012 г. саммита АТЭС на острове Русский.

Кроме того, емкость российских морских портов, по существующим официальным оценкам, исчерпана, поэтому интенсивно проектируются и строятся новые порты на

Черном, Азовском, Балтийском морях, на Дальнем Востоке и на севере. Автор принимал участие в государственной экспертизе проектных материалов следующих портов: Многофункциональный морской перегрузочный комплекс Бронка, Усть-Луга, Морской фасад Санкт-Петербурга, Балтийск (Балтика); новые и реконструируемые причалы в портах Новороссийска и Туапсе, развитие порта Тамань (Черное море).

Строительство и эксплуатация сооружений на шельфе и в береговой зоне морей вызывает загрязнение всех компонент окружающей среды. На стадии строительства загрязняется атмосфера в результате работы строительных машин и механизмов, в том числе судовых, происходит также шумовое загрязнение. Водная среда загрязняется в основном в результате производства дноуглубительных работ.

В статье рассмотрены некоторые вопросы оценки и минимизации воздействия строительства морских гидротехнических объектов на водную среду. Отдельно анализируются проблемы глобальных проектов, для которых возникают специфические сложности экологической экспертизы проектных материалов.

### **Виды воздействий на окружающую среду при строительстве морских объектов.**

Воздействия на окружающую среду при строительстве и эксплуатации морских гидротехнических объектов достаточно сложны. Однако к настоящему времени существует система расчетов и моделей, которыми пользуются в большинстве случаев при разработке раздела проектных материалов по оценке воздействий на окружающую среду.

Прежде всего воздействия делят на относящиеся к периоду строительства и относящиеся к периоду эксплуатации. Могут быть еще воздействия, относящиеся к периоду утилизации объекта. Однако проект утилизации делается в большинстве случаев схематично.

Внутри каждого периода и строительства, и эксплуатации воздействия делят по средам: атмосфера, геологическая среда, водная среда, морская биота, воздействие отходов. Во всех случаях на основе специальных, инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий, а также анализа имеющихся материалов учитывается так называемое фоновое состояние соответствующей среды.

Основными факторами воздействия на рельеф морского дна и берега в период строительства являются разработка и обратная засыпка траншей подводных трубопроводов и дноуглубительные работы. Для оценки воздействия этих работ на рельеф дна и берега необходимо знать основные литодинамические характеристики прибрежной зоны, особенно в зоне обрушения волн и действия прибойного потока рассматриваемых участков побережья, а также характеристики наносов, слагающих морское дно на участках проведения работ.

Портовые оградительные и пляжеудерживающие сооружения, так же как и подводные траншеи на участках выхода на берег, могут являться ловушками для вдольберегового перемещения наносов, изменяя литодинамический режим прибрежной зоны. В результате могут размываться отдельные участки берега, может теряться рекреационный потенциал береговой зоны и возникать опасность для устойчивости сооружений.

Существенное воздействие на водную среду при строительстве береговых сооружений заключается в переносе действующими течениями и переотложении взмученных песчано-алевритовых и пелитовых фракций грунта при его разработке, в локальном нарушении состава поверхностных осадков в зоне дноуглубления после ее засыпки инертными материалами по сравнению с фоновым распределением осадков.

При анализе повышения мутности воды в прибрежной зоне во время строительства в качестве точечных источников дополнительной мутности рассматриваются непосредственно устройства гидромеханизации – земснаряды и саморазгружающиеся баржи. В соответствии с нормативными документами, превышение концентрации взвеси над фо-

новой концентрацией на границах районов водопользования средств гидромеханизации не должно быть более чем на  $0.25 \text{ г/м}^3$ .

При строительстве морского сооружения будет происходить воздействие на водную среду, которое проявляется во временном изменении общих санитарных показателей морских вод, носящее локальный характер, вследствие их загрязнения минеральной взвесью и вторичного загрязнения веществами, содержащимися в донных осадках.

Механизм загрязнения заключается в частичном переходе грунтов во взвешенное состояние и десорбции аккумулированных поллютантов в воду. Во вторичном загрязнении моря будут принимать участие в большей степени мягкие грунты с более высоким содержанием мелких фракций. Остальные типы грунтов содержат значительно меньше мелких фракций, но их общая масса, извлекаемая при дноуглублении, намного превышает массу мягких илистых грунтов.

При расчете вторичного загрязнения учитываются фракции механического состава грунта диаметром менее  $0.05 \text{ мм}$ . В грунтах на глубинах моря  $5\text{--}10 \text{ м}$  содержание таких фракций составляет обычно  $25\text{--}32 \%$ , в среднем  $28 \%$ . На глубинах  $20, 30$  и  $50 \text{ м}$  содержание фракций с диаметром частиц менее  $0.05 \text{ мм}$  в верхнем слое донных отложений составляет соответственно  $76 \%$ ,  $40 \%$  и  $84 \%$ , в среднем  $67 \%$ . При стандартной технологии дноуглубления практически вся масса мелких фракций грунта ( $28 \%$ ) может перейти во взвешенное состояние и распространиться за пределы площадки строительства.

Воздействия на атмосферу на этапе эксплуатации определяются работающими машинами и механизмами, однако состав их по сравнению с этапом строительства будет, естественно, отличаться.

Строительство морских портов может приводить к недопустимым нагрузкам на окружающую среду, в частности к разрушению прилегающих берегов. Такие разрушения, как известно, увеличивают опасность разрушений самих сооружений порта, а на рекреационных участках снижают рекреационный потенциал береговой зоны.

Большинство проектируемых портов требуют строительства достаточно мощных оградительных сооружений, обеспечивающих защиту акватории порта от волн и других внешних воздействий. Оградительные сооружения, выходя на значительные глубины, перехватывают вдольбереговой поток наносов, что приводит к низовым размывам, заносимости подходов каналов и акватории порта. Как правило, оградительные сооружения проектируются непроницаемыми для наносов, поскольку защита акватории порта от заносимости является одной из задач строительства оградительных сооружений.

Близкие проблемы возникают при проектировании пересечений морских трубопроводов с берегом, что актуально для современного этапа развития транспортировки углеводородов в России и мире. Поперечные оградительные сооружения в виде дамб применяются чаще всего в технологии «коффердам» для выхода морского трубопровода на берег. Пример строительства дамбы на участке пересечения береговой линии представлен на рис. 1.

Дамбы возводятся перед началом строительства трубопроводов на мелководных участках с целью защиты от замыва подготовленной траншеи в прибрежной зоне вследствие волнового воздействия. Как правило, на период проведения работ сооружаются 2 дамбы (по одной с внешней стороны каждой нитки). Эти сооружения используются также для разработки траншеи на участке пересечения береговой линии с помощью наземного оборудования (экскаваторов с дамб), что позволяет в значительной степени ускорить разработку траншеи на прибрежном участке.

На Балтийском море ведутся работы по строительству газопровода «Северный поток», на Черном море проводятся изыскания, проектируются и строятся газопроводные системы «Джубга-Лазаревское-Сочи» и «Южный поток», на Дальнем востоке развивается система трубопроводов транспортировки нефти по проектам «Сахалин 1» и «Сахалин 2». Часто для выхода морского трубопровода на берег применяется технология «коффердам» с попереч-

ными оградительными сооружениями, обеспечивающими защиту участка выхода от заносимости на период проведения работ. Эти сооружения, как и портовые оградительные сооружения, являются препятствиями для вдольберегового перемещения наносов.



Рис. 1. Разработка траншеи с дамбы на участке пересечения береговой линии.

При штатном режиме эксплуатации объектов воздействия на большую часть морской биоты наблюдаться не будет. После восстановления сообществ, нарушенных при строительстве, воздействия на микро- и макрофитобентос, фитопланктон, бактерио-, мезо-, макро- и ихтиопланктон, бактерио-, микро- и мейобентос, а также на орнитофауну будут отсутствовать.

Для морских млекопитающих (дельфинов) возможно отпугивающее акустическое воздействие сооружения. Согласно имеющимся данным, для района строительства, где отсутствуют места откорма и щенения, воздействие можно считать несущественным.

**Методы оценки воздействий.** Основным видом негативного воздействия дноуглубительных работ при строительстве морских объектов на состояние водной среды будет образование зон повышенной мутности на акватории в районе дноуглубления и дампинга грунта и химическое загрязнение.

Воздействие на водные ресурсы будут вызывать:

- временное возникновение зоны мутности в период проведения работ на участках дноуглубления;
- нарушение отметок дна на площади дноуглубления;
- возникновение временных полей мутности при разгрузке шаланд и самоотвозных землесосов на подводном отвале.

Увеличение мутности при дноуглубительных работах временное – на период производства работ.

Математическая модель, используемая часто для прогноза шлейфов взвеси при дноуглубительных работах, разработана в Вычислительном центре РАН [1] и предназначена для прогноза распространения взвешенных веществ в шельфовой области океана. Модель учитывает следующие существенные особенности рассматриваемого явления:

- мультидисперсность загрязняющей акваторию минеральной взвеси и возможность дифференциального осаждения ее различных твердых фракций;
- турбулентный характер переноса взвеси в рассматриваемой области, приводящий к явной зависимости коэффициента горизонтальной диффузии от линейного размера «облака» загрязнения (закон «4/3», обнаруженный Ричардсоном и теоретически обоснованный Колмогоровым и Обуховым);
- временную изменчивость скорости течения по величине и по направлению;
- возможность перемещения источника взвеси в процессе проведения работ.

При описании распространения взвешенных веществ выделяются две качественно различные области: ближняя зона, размеры которой определяются характеристиками источника взвеси, и дальняя зона. Концентрации взвеси в ближней зоне велики, в дальней – существенно уменьшаются как за счет процесса турбулентного перемешивания, так и в результате осаждения частиц твердых фракций. Перенос каждой из фракций при этом осуществляется независимо от остальных, причем скорости горизонтального переноса всех фракций определяются лишь величиной скорости течения и интенсивностью турбулентной диффузии в акватории. Различными оказываются лишь скорости их осаждения. Таким образом, в дальней зоне применимо диффузионно-дрейфовое приближение, связанное с пренебрежением динамическими и инерционными эффектами относительного движения загрязняющих компонент среды, а также взаимодействием этих компонент.

При малых объемных концентрациях взвеси (в дальней зоне) распространение загрязнения представляется в виде движения совокупности отдельных невзаимодействующих «облаков», порождаемых мгновенными источниками массы, моделирующими поступление вещества из ближней зоны в дальнюю. Эти облака движутся сквозь водную толщу под воздействием местных течений и, возможно, осаждаются на дно. В процессе движения они увеличиваются в размере за счет турбулентной диффузии, а концентрации в них падают. Концентрация взвеси в произвольной точке акватории при этом представляется в виде суммы концентраций в отдельных облаках, включающих данную точку в рассматриваемый момент времени.

Размер ареала загрязнения оказывается значительно больше глубины акватории. Поэтому используется двухмерная (осредненная по глубине) модель переноса взвешенного вещества. В то же время, горизонтальные размеры области, в которой изучается перенос взвеси, как правило, малы по сравнению пространственными масштабами, на которых компоненты  $U$  и  $V$  скорости течения (а также параметры горизонтальной турбулентности) претерпевают существенные изменения. Вследствие этого далее принимается, что компоненты скорости течения не зависят от рассматриваемой точки акватории, но являются функциями времени  $t$ . В этом случае концентрация  $i$ -й фракции загрязнителя  $C_i$  в отдельном облаке и масса  $m_i$  этой фракции, осаждающаяся на единицу поверхности дна, будут удовлетворять уравнениям:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + U(t) \frac{\partial C_i}{\partial x} + V(t) \frac{\partial C_i}{\partial y} + \frac{W_i}{H} C_i = K \left( \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} \right); \quad \frac{\partial m_i}{\partial t} = W_i C_i, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент горизонтальной турбулентной диффузии,  $H$  – местная глубина водоема, а  $W_i$  – гидравлическая крупность частиц с учетом отличия в скорости осаждения взвеси в потоке по сравнению со стоячей водой.



Решение уравнения (1) для любой  $i$ -й фракции из отдельного облака взвеси представляется в виде:

$$C_i = \frac{M_i}{H} G(x, y, t) \exp\left(-\frac{W_i}{H} t\right). \quad (2)$$

Здесь  $M_i$  – начальная масса  $i$ -й фракции в облаке, а функция  $G$ , не зависящая от номера фракции, описывает консервативное распространение облака единичной массы. Она удовлетворяет уравнению:

$$\frac{\partial G}{\partial t} + U(t) \frac{\partial G}{\partial x} + V(t) \frac{\partial G}{\partial y} = K \left( \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G}{\partial y^2} \right)$$

с условием нормировки  $\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} G(x, y, t) dx dy = 1$ .

Мультидисперсность состава взвешенных веществ проявляется в дифференциальном характере осаждения различных фракций загрязнителя. В случае сброса загрязнителя сложного фракционного состава суммарная концентрация взвеси, очевидно, будет равна  $C = \sum_i C_i$ , где  $C_i$  удовлетворяет уравнению (1). После суммирования (1) по всем фракциям определяют, что суммарная концентрация  $C$  также будет удовлетворять уравнению (1), если эффективную гидравлическую крупность  $W$  рассчитать следующим образом:  $W = \sum_i W_i C_i / \sum_i C_i$ . При этом каждая из величин  $C_i$  удовлетворяет соотношению (2). В результате:

$$W = W(t) = \frac{\sum_i M_i W_i \exp\left(-\frac{W_i}{H} t\right)}{\sum_i M_i \exp\left(-\frac{W_i}{H} t\right)}.$$

Таким образом, задача моделирования распространения облака мультидисперсной взвеси в двухмерной постановке сводится к расчету распространения монодисперсного вещества, но со скоростью осаждения, зависящей от времени.

**Методы минимизации воздействий.** Для обеспечения минимизации воздействий предполагаемых строительства и эксплуатации объекта разделы проектных материалов по охране окружающей среды должны отвечать следующим основным принципам:

- соответствие экологическому законодательству;
- полнота согласований и разрешений;
- качество входной информации;
- высокий научный уровень исследований;
- удовлетворительность предлагаемых мер по защите окружающей среды.

Большое значение имеет также разработка программы производственного контроля и мониторинга, которая гарантирует возможность принятия оперативных мер защиты в непрогнозируемых случаях.

В частности, мероприятия по охране водных ресурсов исключают возможность сброса в воду строительных отходов, горюче-смазочных материалов, сточных вод и токсичных веществ при строительстве. С этой целью предусматривается:

- прием нефтесодержащих, хозяйственно-фекальных сточных вод и мусора с плавающих строительных механизмов и транспортных средств в специальные аккумулирующие емкости с последующим их удалением из района строительства ;
- запрещение нарушения дна акватории, не предусмотренное проектом;

– применение контейнеров, специальных транспортных средств для перевозки и отсыпки скального грунта.

Одним из основных видов защиты акватории на период строительства морского объекта является установка бонов из водонепроницаемой завесы в районе производства работ по образованию территории, забивке свай и установке оболочек, вызывающих подъем ила, песка со дна моря, размыв грунта и т.д. [2]. Благодаря установке водонепроницаемых завес предотвращается вынос грунтовых частиц, поднятых со дна моря морским течением, волновыми воздействиями по всей акватории в период строительных работ. Водонепроницаемая завеса изготавливается из специального материала геотекстиля-стабиленка, представляющего собой ткань, обладающую высокой прочностью на растяжение, которая изготавливается из высокомолекулярного полиэстера, вследствие чего может выдерживать большие растягивающие нагрузки при незначительном относительном удлинении, или может изготавливаться из прочной полиэтиленовой пленки.

Установка водонепроницаемой завесы производится при помощи вспомогательного буксира, один конец устанавливается на береговой линии, а второй – буксиром отводится по дуге с обхватом подветренной стороны района строительства (рис. 2).

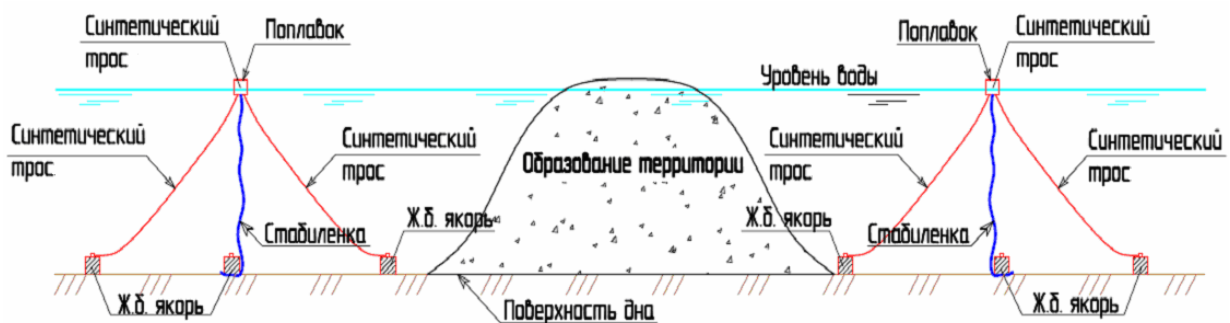


Рис. 2. Схема устройства завесы на акватории строительства.

Боны-завесы удерживаются на поверхности воды при помощи поплавков, а специальные железобетонные якоря, прикрепленные к поплавкам с помощью синтетических тросов, крепят их в заданном положении.

**Глобальные береговые проекты.** Строительство глобальных объектов в береговой зоне моря является общей тенденцией развития современной гидротехники. За последнее столетие в мире создан ряд таких объектов: Панамский судоходный канал (официальный пуск в 1920 г.), международный аэропорт Гонконга на искусственном острове Чеп Лэп Кок (1998 г.), искусственные (пальмовые) острова для рекреации и туризма в ОАЭ (2005 г.).

К глобальным можно отнести и многие проекты, планируемые или реализуемые в России, например, трубопровод «Северный поток» по дну Балтийского моря, комплексный морской порт Усть-Луга на Балтике, комплексы добычи и транспортировки нефти на шельфе острова Сахалин, комплекс добычи природного газа Штокмановского газоконденсатного месторождения в Баренцевом море и др. К глобальному масштабу можно отнести и планируемые гидротехнические проекты в береговой зоне Черного моря в Сочином регионе.

Как показывает международный опыт, глобальные инженерные проекты в береговой зоне обладают некоторыми характерными особенностями, среди которых:

– сокращение сроков строительства. Если сроки строительства Панамского судоходного канала составили около 16 лет, то искусственный остров для аэропорта Гонконг-

га был построен примерно за 5 лет, а пальмовые острова в Дубае возводятся со скоростью 1–2 года на очередь строительства;

– возрастание роли экологической составляющей обеспечения строительства, так как для глобальных проектов степень воздействия на окружающую среду выше, а возможность адаптации природной среды, в связи с высокой скоростью строительства, ниже по сравнению с менее масштабными проектами.

Реализация проекта Олимпийских игр 2014 г. неразрывно связана с существенным развитием гидротехнических комплексов в береговой зоне моря в районе г. Сочи. Это расширение существующего пассажирского морского порта Сочи, строительство нового грузового порта Сочи для транспортировки строительных материалов для олимпийских объектов, создание постоянного нового грузового порта Сочи, создание новых крупных береговых рекреационных комплексов, прокладка морских трубопроводов для обеспечения региона природным газом. Планируются крупные объекты, строительство и введение в эксплуатацию которых необходимо выполнить в крайне ограниченные сроки, в течение нескольких лет.

В соответствии с законодательством РФ (федеральный закон РФ «Об экологической экспертизе» №174-ФЗ от 23.11.1995 г в редакции от 08.05.2009 г.) все проекты должны подвергаться государственной экологической экспертизе (ГЭЭ). При этом глобальные проекты, естественно, относятся к сфере действия федеральной ГЭЭ.

На экологическую экспертизу представляются материалы проекта, включающие раздел «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС) и мероприятия по снижению нагрузки на окружающую среду при реализации намеченной деятельности. При разработке материалов ОВОС должны быть учтены следующие вопросы:

- характеристика состояния окружающей среды, социально-экономической и демографической ситуации в районе намечаемого строительства;
- выявление и анализ всех возможных источников воздействия и видов хозяйственной деятельности, оказывающих влияние на окружающую среду района реализации проекта;
- прогнозирование и оценка изменений окружающей среды, которые произойдут в результате оказанных на нее воздействий в результате намечаемой деятельности.

Раздел ОВОС в составе проектной документации на строительство объектов различного назначения должен разрабатываться в соответствии с требованиями «Инструкции о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений», СП 11-101-1995. При этом на стадии разработки ТЭО (рабочего проекта) оценка воздействия на окружающую среду проводится с максимальной детализацией. В частности для стадии строительства источники воздействия учитываются в соответствии с разработанным планом организации строительства (ПОС).

Опыт участия в проведении государственной экологической экспертизы показывает, что имеются существенные особенности такой экспертизы для глобальных проектов. В частности, иногда глобальные проекты делятся на отдельные проекты, проектная документация по которым представляется на экспертизу отдельно. Глобальные проекты требуют значительных инвестиций. И при их недостатке возникает необходимость разделения проекта на очереди, этапы, реализуемые последовательно. Например, в проекте острова Федерация (ГП 23 ГМПИ МО РФ, Санкт-Петербург) была выделена в качестве самостоятельного проекта первая очередь образования территории площадью 80,2 Га. Проектная документация на полное развитие образования территории искусственного острова предполагается разрабатывать в рамках отдельных самостоятельных проектов. Отметим, что такой подход не совпадает с принятым в организации строительства разделением на пусковые очереди, которые входят в единый проект.

Встречаются ситуации, когда финансирование проекта делится по источникам. Например, в проекте «8 морских терминалов морского порта Сочи. Объекты федеральной собственности» (ООО Мортранспроект) финансирование строительства морской части (пирсов) предусмотрено из федерального бюджета, а береговой части – частными инвесторами. Причем иногда сроки финансирования частными инвесторами не определены, а иногда не определен и сам инвестор к моменту проектирования части проекта, финансируемого из бюджета. Похожая ситуация с портом Усть-Луга, где инфраструктура порта создается в рамках ФЦП развития транспорта, а отдельные терминалы финансируются частными инвесторами.

Иногда единый проект делится на отдельные проекты в связи с их расположением в пространстве, например, проекты строительства в береговой зоне Имеретинской бухты: «Инженерная защита территории Имеретинской низменности», «Создание грузового района порта Сочи в устье реки Псоу», терминал Имеретинка из упомянутого выше проекта «8 морских терминалов ...».

Наконец, если речь идет о глобальных международных проектах, то границами отдельных проектов могут быть государственные границы. Например, проект газопроводной системы «Северный поток», соединяющий двумя нитками трубопровода бухту Портовая в районе г. Выборг с районом Грайфсвальд на северном побережье Германии, проходит по территориальным водам и исключительным экономическим зонам девяти государств. И проекты для каждого участка выполнялись национальными субподрядчиками компании-оператора Nord Stream.

Проблема разделения глобальных проектов на отдельные проекты, разнесенные в реализации по времени, состоит в том, что экологическая экспертиза материалов отдельных проектов не позволяет часто ответить на вопрос о допустимости предполагаемого воздействия на окружающую среду, именно потому, что неизвестно воздействие следующих этапов реализации глобального проекта, а также суммарный эффект.

В качестве примера может служить объект «Остров «Федерация», представляющий собой искусственный остров, который располагается на северо-восточном берегу Черного моря, в прибрежной акватории примерно напротив горы Малый Ахун Хостинского района города Сочи в Краснодарском крае Российской Федерации.

Для обеспечения защиты и независимости острова от внешних природных условий предусматривается ограждение острова по периметру волнозащитными сооружениями, рассчитываемыми на максимальную расчетную волну, в сочетании с возможными сейсмическими нагрузками (рис. 3).

Комплекс гидротехнических сооружений «Объект «Остров Федерация». Образование территории. Первая очередь строительства» относится к сооружениям, проектирование и строительство которых связано с выполнением значительных объемов работ в короткий срок (директивно за 1.5 года) впервые в отечественной практике.

Естественно, что одной из основных проблем охраны окружающей среды, сохранения природных ресурсов является обеспечение достаточного водообмена и качества воды в прибрежной полузамкнутой акватории, огражденной существующим берегом и островом. В первой очереди строительства эта акватория имеет вдольбереговую протяженность около 1200 м и ширину от 200 до 450 м (см.рис. 3). С проблемой промывки полузамкнутых акваторий в береговой зоне приходится сталкиваться при проектировании многих береговых объектов. При этом принудительная промывка может быть использована в исключительных случаях, в большинстве случаев необходимо обеспечить промывку естественными факторами.

В проектных материалах объекта выполнено моделирование поля течения в этой акватории. Расчет течений с учетом строительства гидротехнических сооружений острова выполнен «для характерных скоростей течений на границе расчетной области

0.15–0.20 м/с». С этим трудно согласиться, так как моделироваться должен не характерный, а расчетный сценарий или несколько расчетных сценариев. По результатам моделирования поля течений делается вывод о достаточности промывки акватории. На самом деле, моделирование поля течений – это только часть ответа на вопрос о достаточности водообмена [4].



Рис. 3. Положение первой очереди строительства острова [3].

Проблема оценки водообмена не заключается только в прогнозировании входящих и выходящих в/из акватории течений. Поскольку «промывка» акватории зависит также от соотношения расхода, создаваемого этими течениями, и объема воды в акватории – интенсивность промывки или водообмена. Интенсивность промывки представляет собой обратное время полной замены воды в рассматриваемой акватории расходами обмена. В некоторых случаях удастся оценить влияние сооружений на водообмен, сравнивая интенсивность промывки для полузамкнутой акватории с открытой акваторией, интенсивность промывки для которой принимается равной 100 %.

Кроме того, достаточность промывки зависит от степени и характера загрязнения акватории. Оценка водообмена требует, кроме моделирования расчетных течений, моделирования динамики качества воды в акватории при заданной интенсивности промывки и источниках загрязнений. Здесь мы возвращаемся к основной идее статьи, состоящей в том, что для требуемой природоохранным законодательством оценки допустимости воздействия на водную среду гидротехнических сооружений не всегда можно разделить проект объекта в целом на части. В данном случае нет возможности рассматривать проект гидротехнических сооружений без проекта рекреационной инфраструктуры острова:

отелей, ресторанов, жилых домов, транспортных сетей и пр., поскольку именно инфраструктура и определяет характер и степень загрязнения рассматриваемой акватории.

В качестве решения на стадии проектирования острова можно предложить разработку эскизного проекта инфраструктуры острова, которая позволила бы сделать оценку источников загрязнения.

Характерной особенностью данного участка берега является то, что он находится в зоне максимального расположения вдоль берега санаториев, домов отдыха и пансионатов. Для создания пляжей и рекреационных комплексов весь берег застроен различного рода гидротехническими и берегозащитными сооружениями.

На данном участке в целом построено почти 200 бун. Буны, в среднем, располагаются через каждые 67 м. Кроме бун, здесь имеются волноломы, в том числе и прерывистые, временные бетонные ограждения из блоков, бетонные бермы, а в некоторых случаях – так называемые волноломы с траверсами, т.е. межбунные отсеки, перекрытые волноломами (рис. 4).



Рис. 4. Буны на участке строительства [3].

Промывка этих полузамкнутых береговых акваторий осуществляется в естественных условиях волновыми течениями во время штормов и собственно прибойным потоком. Способ оценки интенсивности водообмена для традиционных берегозащитных сооружений предлагается в [5, 6].

Возможное решение для соотношения проекта глобального объекта в целом и его отдельных частей, с точки зрения экологической экспертизы, дает опыт разработки ОВОС и экологической экспертизы проекта «Северный поток», где разработка ОВОС велась на национальных уровнях для участков отдельных стран национальными субподрядными организациями и проводилась национальная экологическая экспертиза. Гармонизация достигалась благодаря разработке ОВОС проекта в целом с учетом национальных экспертиз и трансграничных эффектов на основе Конвенции Эспо.

Подобный подход может быть применен к экспертизе других глобальных проектов, для чего должны быть сделаны изменения в соответствующих нормах.

\*\*\*

Интенсивность строительства морских объектов на морях Российской Федерации на современном этапе требует высокого научного уровня разработки разделов охраны окружающей среды.

Заказчики и проектировщики для сокращения сроков реализации крупных проектов стремятся разделить их на стадии. При этом последующие стадии стремятся не связывать с проектируемыми стадиями. Возникает проблема оценки воздействия на водную среду и соответствующей экологической экспертизы, которая может быть решена при проектировании объекта в целом.

Исследования, изложенные в настоящей статье, были поддержаны проектом 3.2.09 Аналитической ведомственной целевой программы МОиН «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009–2010).

### Литература

1. *Архинов Б.В., Котеров В.Н., Солбаков В.В.* Модель АКС для прогноза распространения промышленных сбросов с морских буровых платформ // Сообщения по прикладной математике. Вычислительный центр РАН. 2000. 71 с.
2. Разработка проектной документации Приморского нефтеперерабатывающего завода мощностью 20 млн т/г. Морской терминал. Проект организации строительства. Кн.5.8.1. ОАО «НК «Роснефть». 2009.
3. Проект «Объект «остров Федерация». Образование территории. Первая очередь строительства». Прил.2, кн.4 «Комплексные исследования геоморфологических и литодинамических процессов», «ЭкоПроект». Геленджик, 2009.
4. *Goshaw C.K., Hosseini S., O'Neil S.* Waterfront developments in the Gulf region: A review and examination of flushing and its relevance to water quality // COPEDEC VII. 2008. No.59. С.117–118.
5. *Кантаржи И.Г.* Естественные механизмы промывки полузамкнутых береговых акваторий. Оценка типовых берегозащитных сооружений // Водное хозяйство, порты и портовые сооружения, объекты строительства на шельфе // Сб. науч. тр. М.: Московский государственный строительный университет. Ассоциация строительных вузов. 2004. С.35–39.
6. *Кантаржи И.Г.* Естественные механизмы промывки полузамкнутых береговых акваторий. Использование трехмерных и двухмерных численных моделей // Водное хозяйство, порты и портовые сооружения, объекты строительства на шельфе. Сб. науч. тр. М.: Московский государственный строительный университет. Ассоциация строительных вузов. 2004. С.40–43.

Статья поступила в редакцию 08.09.2010 г.

