

ГИДРОТЕХНИКА

Гидроэнергетика. Северный морской путь. Внутренние водные пути.
Континентальный шельф. Отечественный трубопункт. Морские ГТС.
Гидроизоляция. Антикоррозионная защита

№ 4 2014

Октябрь — декабрь



ООО «Русская горно-металлургическая компания»
121087 г. Москва, ул. Барклай,
д. 6, стр. 3, оф. 401
телефон: +7 (495) 287-98-52
факс: +7 (495) 287-98-54
e-mail: info@rgmk.ru

Филиал г. Санкт-Петербург
197022 г. Санкт-Петербург,
Аптекарский пр., д. 10, лит. Б, пом. 1Н,
тел./факс: +7 (812) 450-00-00
e-mail: info-spb@rgmk.ru

www.rgmk.ru



Шпунт Л4, Л5, Л7, Л5Д



РГМК
РУССКАЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

На правах рекламы

Член Ассоциации «МОРПОРТЭКСПЕРТИЗА»

Журнал размещен в Национальной электронной библиотеке и включен в Российский индекс цитирования

Архив журнала размещен в Электронной библиотеке нормативов NormaCS www.normaCS.ru

www.hydroteh.ru

Оформите подписку на журнал «ГИДРОТЕХНИКА»

Учредитель: издательство «ТАНДЕМ» (ООО)

Издатель: ООО «Издательский дом «ГИДРОТЕХНИКА»

Адрес редакции:

192007, Санкт-Петербург, Тамбовская ул., д. 8, лит. Б

Т./ф.: (812) 712-90-66, 712-90-48

Тел.: (812) 640-03-34 (многокан.), 640-19-84

Для макетов: gts2005@yandex.ru

Главный редактор:

Ильина Татьяна Владимировна

(812) 712-90-48, 8 921 961 79 62, info@hydroteh.ru

Зам. главного редактора:

Павлова Виктория Михайловна

(812) 640-03-34, vp@hydroteh.ru

Отдел рекламы:

Ковалевич Елена Валентиновна

(812) 712-90-66, evk@hydroteh.ru

Афанасьева Нина Евгеньевна

(812) 640-19-84, gidroteh2008@yandex.ru

Руководитель отдела подписки и доставки:

Трофимушкина Татьяна Викентьевна

(812) 640-03-34, dostavka@hydroteh.ru

Дизайн и верстка: **Евгения Морозова**

Корректор: **Мария Доброва**

Перевод: **Нина Ломако**

Фотокорреспондент: **Евгений Елинер**

Отпечатано в типографии «Три Зет Принт»,

Санкт-Петербург, Заставская ул., 33.

Распространяется по подписке, целевой адресной рассылкой, на конференциях, выставках, семинарах отраслевой тематики

Уст. тираж 8 000 экз.

Подписано в печать 14.10.2014 г.

Редакционно-экспертный совет:

Алексеев М. И., д. т. н., профессор, академик РААСН, зав. кафедрой водоотведения и экологии СПбГАСУ

Беллендир Е. Н., д. т. н., генеральный директор ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»

Ватин Н. И., д. т. н., проф., директор Инженерно-строительного института СПбГПУ, зав. каф. «Строительство уникальных зданий и сооружений» СПбГПУ

Волосухин В. А., д. т. н., проф., засл. деятель науки РФ, ректор Академии безопасности гидротехнических сооружений

Глаговский В. Б., д. т. н., первый заместитель генерального директора, научный руководитель ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

Гуткин Ю. М., к.т.н., главный специалист «Союзпроектверфь» ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», Заслуженный строитель РФ

Жигульский В. А., к. т. н., директор ООО «Эко-Экспресс-Сервис»

Макаров К. Н., д. т. н., проф., зав. каф. городского строительства Сочинского государственного университета, академик Академии транспорта РФ

Маркович Р. А., ведущий специалист-консультант по вопросам антикоррозионной защиты, преподаватель АСИ, Учебный центр Русского регистра

Меншиков В. Л., к. т. н., президент Ассоциации «Морпортэкспертиза»

Пятаков В. Г., д. т. н., начальник отдела ГТС и РРМ ОАО «ИРГИРЕДМЕТ»

Улицкий В. М., д. т. н., профессор, зав. кафедрой оснований и фундаментов СПбГУПС, председатель международного технического комитета «Взаимодействие оснований и сооружений»

Хазиахметов Р. М., директор по технической политике и развитию ОАО «РусГидро», исполнительный директор НП «Гидроэнергетика России»

Цернант А. А., д. т. н., профессор, академик РАН, РАЕН; зам. генерального директора по науке, главный инженер ЦНИИС

Шилин М. Б., д. г. н., профессор, зав. кафедрой экологии РГГМУ

Шуйский В. Ф., д. б. н., профессор, академик РАЕН, нач. отд. ООО «Эко-Экспресс-Сервис»

Юркевич Б. Н., к. т. н., первый зам. генерального директора — главный инженер ООО «Ленгидропроект»

Раздел 1

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА	4–23
Тетельмин В. В., Даниелов Э. Р. Конвективный теплообмен в основаниях высоких бетонных плотин как одна из причин их нестационарного состояния	5
Георгиевская Е. В., Смелков Л. Л. Упрощенный анализ вибрационного состояния на основе измерения вибраций и боев направляющих подшипников гидроагрегата	10
Мойсейчик Е. А. Работа шпилек крепления крышки гидроагрегата ГЭС и возможности мониторинга их работоспособности на основе деформационного теплообразования	15
3D-моделирование: технология, которая объединяет. Опыт ОАО «Силовые машины»	20
Бочкарев Д. К. Мобильный водолазный комплекс для гидроэлектростанций	22

Раздел 2

ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО. ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ	24–51
Минина Л. И., Лобченко Е. Е., Ничипорова И. П., Сонова Г. С. Экологические проблемы поверхностных вод Крыма	25
Баженов В. И., Петров В. И., Божьева С. М. Перераспределение пресных вод Крыма насосными станциями легкого монтажа	32
Мельник Г. В. Нормативные требования по оснащению шлюзов предохранительными устройствами от навала судов на ворота шлюза и по установке аварийно-ремонтных ворот	38
Сохряков Д. И. Примеры использования современных технологий при обследовании судоходных гидротехнических сооружений	44
Технологии лазерного сканирования при проведении инженерных изысканий и гидрографических исследований	48

Раздел 3

СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГТС	52–81
Отечественный трубошпунт как гарант экономической безопасности: итоги симпозиума	52
Елицур Д. В. Вопросы проектирования речных портовых и берегоукрепительных сооружений из трубчатого сварного шпунта	54
Калинина А. В., Калинин А. Л. Рюмочные шпунтовые стены — безконнекторные балочные шпунтовые стены с внутренним анкером и нащельником из классических шпунтов	58
Перельгин А. И., Белов А. В. Бестраншейные способы реконструкции подземных трубопроводов	63
Истомин В. И. Проблемы и технические решения при проектировании гидротехнических сооружений промышленных объектов	66
Маркович Р. А., Кан М. К., Михайлов С. В. Коррозия и методы защиты зоны переменного смачивания металлоконструкций гидротехнических сооружений эстакадного типа	73

Раздел 4

МОРСКИЕ ГТС. КОНТИНЕНТАЛЬНЫЙ ШЕЛЬФ	82–119
Артюхин Ю. В. Некоторые аспекты оптимального встраивания крупных хозяйственных объектов в береговые зоны Керченского пролива и бухты Панагия-Кишла	83
Жигульский В. А., Шуйский В. Ф., Максимова Е. Ю. Перспективные количественные методы морского пространственного планирования (экологический аспект)	90
Смирнов В. М. Будущее причалов рыбных терминалов морских портов	98
Минин М. В. Перспективы развития береговой инфраструктуры Северного морского пути на основе опыта проектирования морского порта в губе Териберская и морского порта Сабетта	101
Шибакин С. И., Ямбаев А. Ф. Искусственные грунтовые острова, оконтуренные массивами-гигантами, для мелководной части замерзающих морей	108
Комаровский Ю. А. Сезонные изменения точности координат дифференциального режима работы GPS-приемника на морском шельфе	111
Гаджиев Э. Т. О. Модульные понтонные системы для строительства объектов береговой инфраструктуры	114
Качество оборудования из Китая подтверждено Российским морским регистром судоходства	117
ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ 2015	120

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ МОРСКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ (ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)



Жигульский В. А.,
канд. техн. наук, директор
ООО «Эко-Экспресс-Сервис»



Шуйский В. Ф.,
доктор биол. наук, профессор,
рук. отдела
ООО «Эко-Экспресс-Сервис»



Максимова Е. Ю.,
аспирант Института экологии
Волжского бассейна РАН, ведущий
специалист
ООО «Эко-Экспресс-Сервис»

Аннотация. Статья посвящена морскому пространственному планированию (МПП) и детально рассматривает его экологический аспект. К наиболее актуальным задачам МПП относится разработка его эффективных методов. В статье дается краткий обзор некоторых количественных методов выбора местоположения гидротехнических сооружений (ГТС), позволяющих минимизировать соответствующие экологические издержки. Методы разработаны и апробированы в эколого-проектной компании «Эко-Экспресс-Сервис» с более чем 20-летним стажем и богатейшим опытом проектирования морских ГТС. Они вполне могут быть использованы в качестве «инструментов» МПП — для количественного выражения, оценки и управления его природоохранной составляющей. Это многомерный кластерный анализ ожидаемого антропогенного воздействия, анализ эколого-экономического риска и экспресс-оценка ожидаемой «экологической стоимости» гидростроительства. Каждый из этих методов обосновывается, описывается и иллюстрируется конкретным примером. Их использование позволяет решить важные задачи квантификации, классификации и количественной сравнительной оценки намечаемых воздействий на морскую среду. Тематические публикации находятся на сайте компании «Эко-Экспресс-Сервис»: <http://ecoexp.ru/page/34>.

Ключевые слова: морское пространственное планирование, проектирование гидротехнических сооружений, анализ экологического риска, гидростроительство, морские экосистемы.

Abstract. The most urgent tasks of maritime spatial planning (MSP) include the development of its effective methods. A short review about some quantitative methods of hydraulic structures (GTS) location allowing minimization of corresponding environmental costs is given in the article. These methods are developed and approved by the ecological-design company «Eco-Express-Service» with more than twenty years of experience and a wealth of marine GTS designing experience. They can be well used as «tools» of MSP for quantification, assessment and management of its environmental component. It is a multidimensional cluster analysis of anthropogenic influence, analysis of environmental and economic risk and express-estimation of expected «environmental cost» of hydroconstruction. Each of these methods is justified, described and illustrated by a specific example. Its usage allows to solve important problems of quantification, classification and quantitative comparative evaluation of planned impacts on the marine environment. Thematic publications are on the site of «Eco-Express-Service»: <http://ecoexp.ru/page/34>.

Keywords: maritime spatial planning, design of hydraulic structures, environmental risk analysis, hydroconstruction, marine ecosystems.

«Если вы можете измерять и выразить в числах то, о чем говорите, то об этом предмете вы кое-что знаете; если же вы не можете сделать этого, то ваши познания скудны и неудовлетворительны».

У. Томсон, лорд Кельвин

Введение

Согласно определению UNESCO, морское пространственное планирование (МПП) — «процесс анализа и дислоцирования специфического использования (или неиспользования) тех или иных частей трехмерных морских пространств (экосистем) с целью достижения экологических, экономиче-

ских и социальных целей, которые обычно определяются в результате политического процесса» (по: Douvere F., Ehler C., 2007 [1]). Тема МПП широко обсуждается с 90-х гг. XX в. и становится в наши дни особенно актуальной и популярной. МПП призвано обеспечивать наиболее рациональное, эффективное и экологически безопасное комплексное исполь-

зование морских и прибрежных экосистем. В разработке и реализации согласованных принципов МПП вполне обоснованно видится залог разрешения и предотвращения международных и национальных межотраслевых конфликтов интересов, связанных с многоцелевым использованием морского пространства. Весьма существенным достоинством концепции является примат «экосистемного подхода» (ecosystem approach). В отличие от общепринятого значения этого термина классической экологии, понятийный аппарат МПП трактуется его шире: подразумевается сочетание экологических, экономических и социальных исследований, обосновывающих оптимальное решение по использованию акваторий с приоритетом защиты морской природной среды.

МПП ориентировано на различные масштабы многоцелевого использования морской среды, в том числе и на глобальный. Исследования в этой области ведутся в различных странах мира, принципы МПП успешно внедряются в мировую практику системного морепользования. Однако основным модельным объектом для разработки и апробации методов МПП является Балтийское море. Здесь общее руководство процессом осуществляет ряд международных организаций, в которых состоит и Россия: HELCOM (касательно экологических и природоохранных вопросов), VASAB (Vision and Strategies around the Baltic Sea Region, непосредственно в сфере пространственного планирования) и ICES (интересы промысла и рациональной эксплуатации морских биоресурсов), а также OSPAR (страны-участницы конвенции о защите морской среды в Северо-Восточной Атлантике; Россия в OSPAR не входит). По-видимому, наиболее важным, основополагающим тематическим документом применительно к Балтике является программа «Видение и стратегии вокруг региона Балтийского моря 2010» (VASAB 2010), принятая на конференции в Таллине в 1994 г. министрами стран региона Балтийского моря, ответственными за пространственное планирование и развитие. К Балтийскому региону при этом отнесены: Дания, Швеция, Норвегия, Финляндия, Литва, Латвия, Эстония, Польша, Белоруссия, приморские земли Германии (Шлезвиг-Гольштейн, Мекленбург — Передняя Померания, Бранденбург) и города Берлин и Гамбург, в Российской Федерации — Санкт-Петербург, Ленинградская, Псковская, Новгородская, Мурманская, Калининградская области и Республика Карелия. Вскоре, в 1996 г., в продолжение развития VASAB-10 был опубликован доклад «От видения к действию» (From Vision to Action) [2].

Предложенный HELCOM в 2007 г. «План действий в Балтийском море» (Baltic Sea Action Plan — BSAP) [3] подробно детализировал характер МПП по координированному управлению различными видами антропогенной деятельности на Балтийском море. Генеральная дирекция по вопросам мореходства и рыболовства Европейской комиссии (DG MARE) в 2008 г. разработала так называемую «Дорожную карту МПП. Достижение общих принципов в ЕС» (Roadmap for Maritime Spatial Planning: Achieving Common Principles in the EU) [4], в которой МПП рассматривается как основное средство обеспечения рациональной морской политики ЕС.

Еврокомиссия выработала и в 2009 г. приняла «Стратегию для региона Балтийского моря», являющуюся основополагающим действующим документом для стран Евросоюза по МПП и включающую конкретный план действий (Action Plan..., 2009) [5]. В 2009 г. по инициативе Совета государств Балтийского моря министры пространственного планирования государств Балтийского моря приняли также долгосрочную концепцию пространственного развития Балтийского региона VASAB (VASAB Long-Term Perspective for the Territorial Development of the Baltic Sea Region — LTP) [6]. С 2010 г. функционирует объединенная рабочая группа HELCOM и VASAB (JOINT HELCOM-VASAB MARITIME SPATIAL PLANNING WORKING GROUP) для координации работ по МПП.

Степень результативности разработки и реализации МПП в различных европейских странах варьируется довольно широко. Однако там, где этот процесс идет наиболее эффективно (Германия, Швеция, Дания, Нидерланды, Норвегия), к настоящему времени уже достигнуты серьезные успехи: существенно скорректировано национальное законодательство, МПП выполнено для территориальных морей и исключительных экономических зон, ведется оно и для транснациональных акваторий (например, Ботнический и Гданьский заливы).

Развитие МПП в России и разработка его инструментария

В РФ нормативная база МПП лишь начинает формироваться. Во-первых, довольно существенным препятствием для рационального функционального зонирования акваторий (акваториального зонирования), отвечающего методологии МПП, является отсутствие законодательных актов, регулирующих межуровневые отношения при осуществлении различных видов деятельности на морской акватории — между органами государственной власти РФ, субъектов Российской Федерации и местного самоуправления, физическими и юридическими лицами. Морские акватории России целиком находятся в компетенции федеральных органов исполнительной власти РФ, что затрудняет развитие и применение гибких подсистем МПП на нижележащих уровнях.

Во-вторых, в отличие от территорий, для морских акваторий пока не разрабатываются документы комплексного пространственного планирования и распределения видов хозяйственной деятельности. Существующие планы и программы развития отдельных видов морехозяйственной и морской деятельности носят узковедомственный характер, что создает предпосылки для межотраслевых и межрегиональных конфликтных ситуаций. Безусловно, упорядочивание и разумная координация таких планов в рамках МПП могут существенно увеличить эффективность, рациональность, внутреннюю непротиворечивость и экологическую безопасность использования морей.

Сейчас по обоим аспектам проблемы намечаются некоторые изменения. В настоящее время основополагающим документом, определяющим государственную политику РФ в области морской деятельности, является «Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года» [7]. В общем соответствии Морской доктрине, но со значительно большим учетом необходимости развития МПП распоряжением Правительства РФ от 8 декабря 2010 г. № 2205-р

утверждена «Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года» [8]. Согласно «Стратегии развития...», субъекты РФ выступают ответственными исполнителями решения стратегической задачи, связанной с разработкой и реализацией программ комплексного развития приморских территорий и прибрежных акваторий в качестве самостоятельного компонента комплексных стратегий и программ социально-экономического развития приморских субъектов Российской Федерации и программ развития приморских муниципальных образований.

Далее, Приложение № 4 к «Стратегии развития...» указывает наиболее перспективные пути развития основных видов морской деятельности РФ, среди которых — «Управление морским природопользованием». В составе приоритетных мероприятий по этому виду деятельности — «использование и развитие инструментария морского пространственного планирования» (понятие «инструментарий» здесь — аналог соответствующего англоязычного термина management instruments).

Наконец, готовится проект федерального закона «О морском (акваториальном) планировании в Российской Федерации» (в соответствии с планом законопроектной деятельности Правительства РФ на 2014 г., утвержденным распоряжением Правительства от 30.12.2013 г. № 2590-р). Этот закон должен дать достаточную правовую основу для разработки, создания и применения многоуровневой системы акваториального планирования в Российской Федерации и определить инструментарий единого планирования развития прибрежных территорий и приморских акваторий. Ожидается, что закон откроет возможности дельнейшего нормативного обеспечения подключения МПП в единую российскую систему стратегического и территориального планирования.

С учетом вышесказанного, очевидно, что создание эффективного инструментария морского (акваториального) пространственного планирования в России является весьма насущной, актуальнейшей задачей. Именно от выбора «инструментов» во многом зависит результат их применения — ключевые решения по комплексному многоцелевому использованию морской среды.

В настоящей работе представлены некоторые примеры соответствующих разработок крупнейшей эколого-проектной компании Северо-Запада «Эко-Экспресс-Сервис», которая имеет более чем 20-летний стаж и богатейший опыт проектирования гидротехнических сооружений (ГТС) на морских акваториях [11]. В какой-то мере процедура проектирования ГТС отвечает идее и методологии МПП, призвана решать похожую, хотя и более частную оптимизационную задачу. Но решать ее приходится в тесных рамках имеющейся нормативно-методической базы, которая лишена необходимого для этого системного подхода и недостаточно соответствует условиям все более интенсивного многоцелевого использования морской среды и прибрежной зоны. Для решения такой задачи в современных условиях требуется создание и применение количественных аналитических методов, учитывающих количественные закономерности реакции морской среды на многокомпонентную антропогенную нагрузку. В частности,

такие методы разрабатываются и используются специалистами нашей компании при разработке проектной документации в целях дополнительного увеличения экологической безопасности строительства и эксплуатации морских ГТС. Часть их может быть рекомендована и для использования в качестве «инструментов» МПП — для количественного выражения, оценки и управления его природоохранной составляющей.

В рамках настоящего сообщения речь пойдет о возможностях использования лишь трех таких методов: многомерного кластерного анализа, анализа эколого-экономического риска и экспресс-оценки ожидаемой «экологической стоимости» гидростроительства.

Использование многомерного кластерного анализа

Выбор оптимального варианта местоположения ГТС осуществляется с учетом множества критериев, причем имеющих различную размерность. При этом оказывается важным сравнить альтернативные варианты как между собой, так и с так называемым нулевым вариантом (при отсутствии вмешательства и его влияния на дальнейший ход сукцессии экосистемы). Логике решения обеих задач хорошо соответствует многомерный кластерный анализ. Его использование может быть продемонстрировано на примере выбора местоположения глубоководного порта в Калининградской области по результатам многокритериальной технико-эколого-экономической оценки альтернативных вариантов его размещения (предварительная, внепроектная стадия, 2008–2010 гг.).

Создание глубоководного узлового порта («порта-хаба») в Калининградской области предусмотрено федеральной целевой программой «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)». Этот порт проектируется как крупный транспортно-логистический узел, который будет являться важнейшим элементом российской транспортной системы, обеспечивая торгово-экономические интересы России в Балтийском регионе. Целесообразность создания крупного транспортно-логистического узла обусловлена тенденциями возрастающих грузоперевозок в Балтийском регионе и географическими особенностями намеченного района портового строительства.

Как альтернативные варианты размещения глубоководного порта рассматривались следующие (рис. 1):

- вариант 1 — открытое побережье Балтийского моря;
- вариант 2 — западное побережье бухты Приморская;
- вариант 3 — восточное побережье бухты Приморская;
- вариант 4 — район м. Северный на п-ове Бальга.

Сравнительный технико-эколого-экономический анализ альтернативных вариантов осуществлялся на основе многокритериальной системы, экологический блок которой включал следующие количественные показатели состояния окружающей среды и ожидаемого воздействия на нее:

- прямое расстояние до ближайшей жилой застройки;
- статус земельного участка;
- прямое расстояние до ближайшей ООПТ;
- общий объем дноуглубления;
- объем грунтов дноуглубления, пригодных для образования территорий;



Рис. 1. Схема четырех альтернативных вариантов расположения глубоководного порта-хаба в Калининградской области

- общий объем намывных работ;
- площадь отторгаемой акватории;
- ежегодное осадконакопление в подходных каналах и на операционной акватории;
- периодичность необходимого ремонтного дноуглубления;
- расстояние до ближайших мест обитания особо охраняемых видов;
- расстояние до ближайших регулярных скоплений водоплавающих и околоводных птиц;
- расстояние до ближайших нерестово-выростных участков ценных видов рыб;
- платежи за негативное воздействие на окружающую среду в период строительства;
- платежи за негативное воздействие на окружающую среду в период эксплуатации;
- ущерб наземной и околоводной биоте (в том числе в ООПТ);
- ущерб водным биологическим ресурсам.

Результаты сравнительной оценки четырех вариантов в евклидовом пространстве этих показателей представлены дендрограммой на рис. 2.

Евклидовы расстояния между четырьмя вариантами, оцененные по совокупности вышеуказанных характеристик, показывают, что варианты 2, 3 и 4 относительно сходны по уровню общего воздействия на окружающую среду, а вариант 1 существенно от них отличается (значительное евклидово расстояние от группы вариантов 2–4).

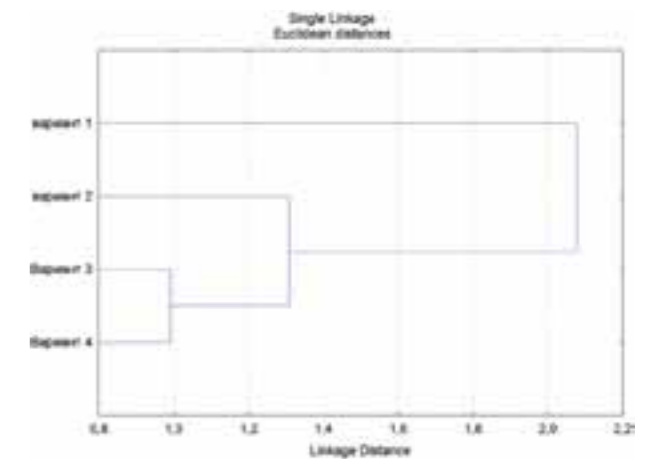


Рис. 2. Результаты кластерного анализа совокупности характеристик воздействия на окружающую среду глубоководного порта при четырех рассматриваемых вариантах его размещения

Как показывает дендрограмма, по степени ожидаемого воздействия на окружающую среду наиболее сходными оказались варианты 3 и 4, а наиболее отличным от остальных — вариант 1.

Как обобщенная мера негативного воздействия на окружающую среду при каждом из вариантов расположения порта может рассматриваться ближайшее евклидово расстояние между границами областей в многомерном критериальном пространстве, соответствующих отсутствию намечаемого воздействия («нулевой вариант») и реализации данного варианта размещения.

При сравнении всех четырех вариантов с «нулевым» (т. е. с невмешательством в фоновую сукцессию) по совокупности всех природоохранных количественных критериев воздействие варианта 1 на окружающую среду представляется наименее сильным, варианта 2 — наиболее сильным, а варианты 3 и 4 занимают промежуточное между ними среднее положение.

Количественный анализ эколого-экономического риска

Традиционно при оценке ожидаемых последствий намечаемого гидростроительства рассматривается один упрощенный сценарий развития экологически опасных событий. Оценивается некая условная, единственно возможная величина техногенного ущерба, как бы детерминированная воздействием. На самом же деле очевидно, что развитие экологически опасных событий здесь не может быть строго детерминировано и носит вероятностный характер. Соответственно, для прогнозирования и минимизации экологических последствий как всей развивающейся системы морского транспорта в целом, так и ее отдельных элементов необходимо активное развитие и внедрение методологии и методов количественного анализа экологического риска. Это даст подход к обоснованному регулированию экологической опасности портостроения, предотвращению избыточных воздействий на водные экосистемы еще на стадии принятия предпроектных и проектных решений. Причем при выборе меры риска следует учесть, что унифицированной количественной характеристикой разнообразных негативных последствий воз-

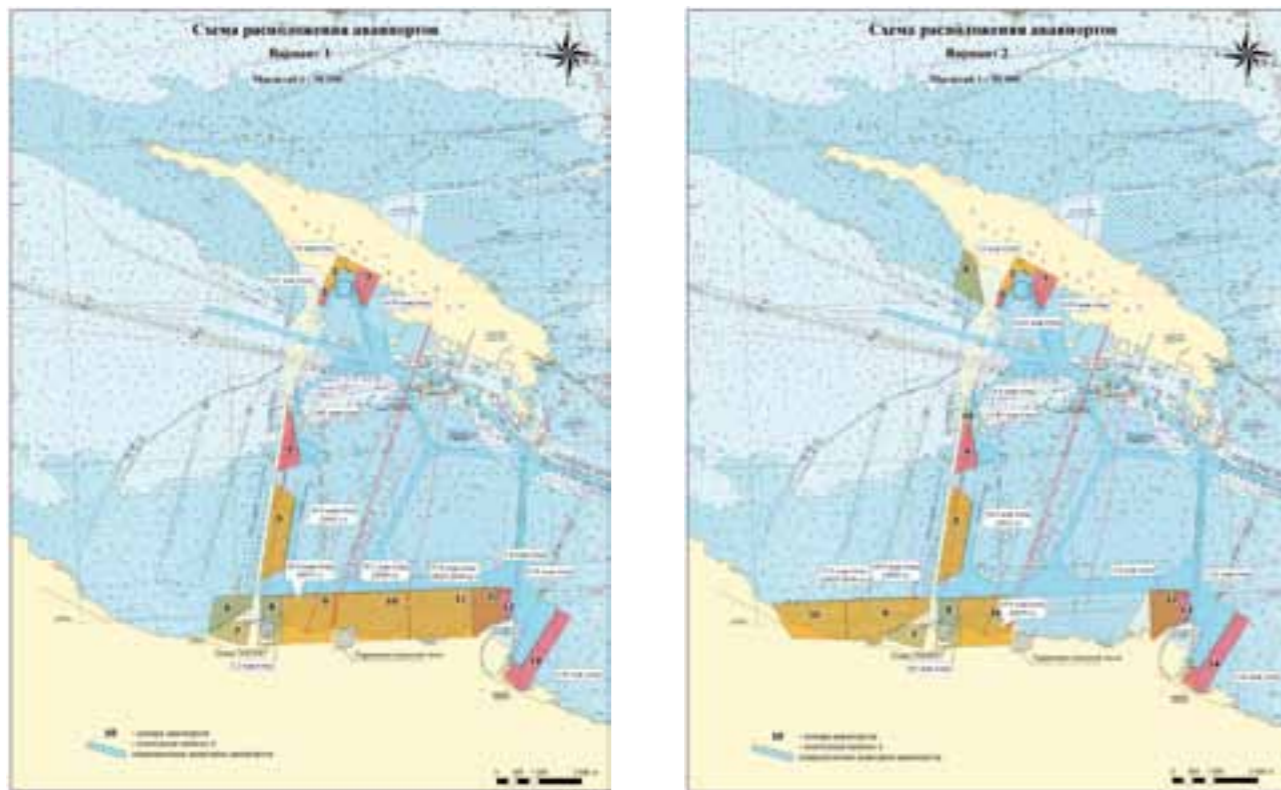


Рис. 3. Альтернативные варианты размещения аванпортов: а — вариант I — 14 объектов; б — вариант II — 15 объектов

действия на различные компоненты среды может служить только стоимостной эквивалент вызываемых изменений — экологический ущерб. Соответственно, оценка антропогенных воздействий на окружающую среду должна иметь вероятностно-стоимостной характер: учитывать и возможность реализации негативных последствий, и степень их тяжести.

Наиболее адекватным для оценки экологической опасности представляется количественный вероятностно-стоимостной подход, ставший уже общепринятым для оценки риска технологического [12]. При этом величина экологического риска (R), обусловленного экологически опасным событием, трактуется как математическое ожидание экологического ущерба (U):

$$R = p \times U, \quad (1)$$

где p — вероятность реализации события, ведущего к нанесению ущерба U.

При возможности выделения и количественного анализа различных сценариев развития экологически опасных событий строится их дерево. Для каждого из возможных альтернативных событий (или сценариев — последовательностей событий) должны быть учтены их вероятности и полные величины ущерба реципиентам воздействия в стоимостном выражении (U). Вероятность реализации каждого i-го независимого сценария экологически опасных событий из n потенциально возможных сценариев (pi) определяется мультипликативно:

$$p_i = \prod_{j=1}^k p_{ij}, \quad (2)$$

где p_{ij} — вероятность реализации i-го сценария при каждой альтернативной ситуации дальнейшего развития событий, дающей k вариантов.

Ожидаемый ущерб R в стоимостном выражении определяется как сумма математических ожиданий ущерба от реализации альтернативных сценариев экологически опасных событий по уравнению:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n (U_i \times p_i) = \sum_{i=1}^n \left(U_i \times \prod_{j=1}^k p_j \right),$$

где: n — количество проанализированных альтернативных сценариев экологически опасных событий, вызываемых воздействием объекта; R_i — вероятный экологический ущерб от реализации i-го сценария в стоимостном выражении; U_i — полная величина экологического ущерба в натуральном выражении.

Примером использования такого подхода в проектировании портовых комплексов может служить Предварительная оценка воздействия на окружающую среду (ПОВОС) аванпортов Большого порта Санкт-Петербург, выполненная ООО «Эко-Экспресс-Сервис» в 2008 г. [13]. Согласно техническому заданию, рассматривались два альтернативных варианта размещения будущих аванпортов (рис. 3).

В обоих случаях система аванпортов займет большое пространство — ее отдельные объекты охватывают южную часть Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС), береговую полосу восточнее и, по одному из вариантов, западнее КЗС, южную часть острова Котлин.

Была выполнена всесторонняя сравнительная оценка ожидаемого воздействия системы аванпортов на окружающую среду при обоих сопоставляемых вариантах размещения портов с элементами риск-анализа. Как известно, ос-

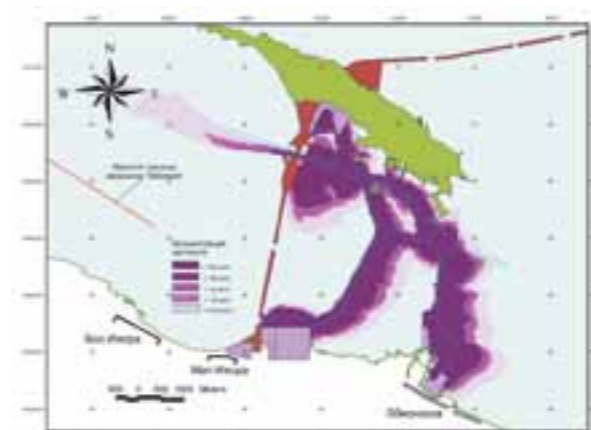


Рис. 4. Пример оценки зон ожидаемого замутнения акватории вследствие дноуглубительных работ по строительству аванпортов при одном из рассмотренных вариантов возможных гидрометеорологических условий [13]

новные составляющие общей величины экологического ущерба от гидростроительства обуславливаются загрязнением и взмучиванием вод и сопутствующим уменьшением запасов водных биологических ресурсов. Теоретической основой для проведения вычислительных исследований ожидаемой динамики облака повышенной мутности послужила синтезированная система из двух математических моделей — адаптированной трехмерной термогидродинамической модели и модели распространения и седиментации взвешенных частиц Принстонского университета, США [14] (пример на рис. 4).

Обычно ожидаемый ущерб компонентам водной среды от замутнения и загрязнения вод оценивается по результатам лишь одного варианта их моделирования. При этом многие модельные условия для расчета выбираются довольно субъективно, что значительно обесценивает получаемый результат. Но при разработке данного ПОВОС было выполнено моделирование замутнения вод для различных вариантов возможных гидрометеорологических условий в период ведения работ, с учетом вероятности реализации каждого из них. Соответственно, по результатам анализа данных альтернативных сценариев развития экологически опасных событий результирующая оценка ущерба компонентам водной среды выполнялась по уравнению (3). В итоге величина экологического риска от замутнения и химического загрязнения вод составила 505 млн руб. по первому варианту размещения объектов и 501 млн руб. — по второму. Величина экологического риска для рыбных запасов составила 523 и 497 млн руб., соответственно.

Итоги всесторонней сравнительной оценки экологической опасности альтернативных вариантов размещения позволили обоснованно рекомендовать второй из них — с частичным выносом объектов западнее КЗС. Это дало возможность сохранить группу проектируемых (сейчас — уже действующих) региональных заказников между портом Бронка и г. Ломоносовым и в то же время не выйти за пределы допустимого воздействия на действующую ООПТ — заказник «Лебяжье».

Таким образом, предлагаемый подход к оценке и регулированию экологического риска, связанного с хозяйственным освоением морского пространства, демонстрирует явные преимущества по сравнению с традиционной «односценарной» оценкой. Расчет якобы единственной, детерминированной воздействием величины будущего ущерба заменяется анализом дерева возможных экологически опасных событий с учетом вероятности и стоимости последствий каждого из сценариев. Этот метод более адекватен, реалистичен, дает возможность принятия количественно обоснованных проектных и управленческих решений.

Экспресс-оценка ожидаемой «экологической стоимости» проекта

Очевидно, что масштаб будущего антропогенного воздействия намечаемого гидростроительства на окружающую среду во многом предопределяется еще на предпроектной стадии, при выборе варианта альтернативных проектных решений. Анализ многочисленных проектных и мониторинговых работ компании «Эко-Экспресс-Сервис», связанных с сооружением морских ГТС, позволил нам разработать и предложить весьма простой метод ориентировочной прогнозной оценки экологической опасности намечаемого гидростроительства еще на предпроектной стадии. В рамках настоящей работы метод удобнее продемонстрировать на примере совокупности объектов гидростроительства на Финском заливе Балтийского моря.

Метод базируется на выявленных закономерностях соотношения следующих показателей.

1. Показатели уровня воздействия.

- V (млн м³) — объем грунта, перемещенного при дноуглублении.

- S (км²) — площадь образованной территории.

2. Абсолютные показатели итоговых изменений окружающей среды.

- U_v (тыс. руб. или тыс. €) — суммарная величина платы за воздействие на все компоненты окружающей среды (согласно действующему законодательству) при дноуглублении (далее — «экологическая стоимость» дноуглубления).

- U_s (тыс. руб. или тыс. €) — суммарная величина платы за воздействие на все компоненты окружающей среды (согласно действующему законодательству) при образовании территорий (намыве) (далее — «экологическая стоимость» образования территории).

Поскольку основным и наиболее уязвимым реципиентом антропогенного воздействия, а также важнейшим компонентом экологического ущерба при гидростроительстве являются водные биологические ресурсы, отдельно оцениваются также следующие показатели:

- U_v и U_{is} (тыс. руб. или тыс. €) — величина компенсационной платы за ущерб водным биологическим ресурсам при дноуглублении и намыве, соответственно.

3. Относительные показатели изменений окружающей среды.

- U_v/V (руб./м³, €/м³) — «экологическая стоимость» единицы объема перемещенного грунта (далее — «относительная экологическая стоимость» дноуглубления).

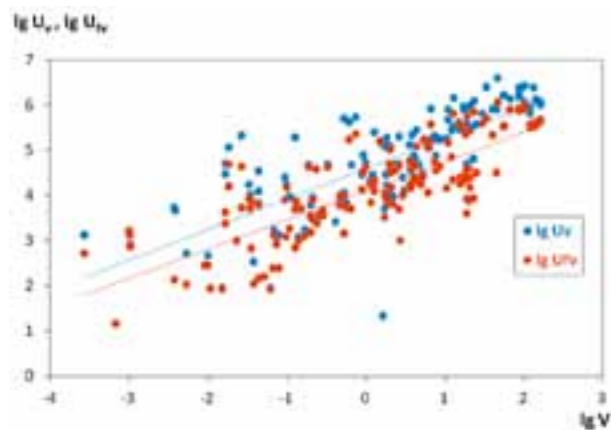


Рис. 5. Зависимость «экологической стоимости» дноуглубления от объема перемещаемого грунта (размерности: U_v и U_{vN} — тыс. руб., V — млн m^3)

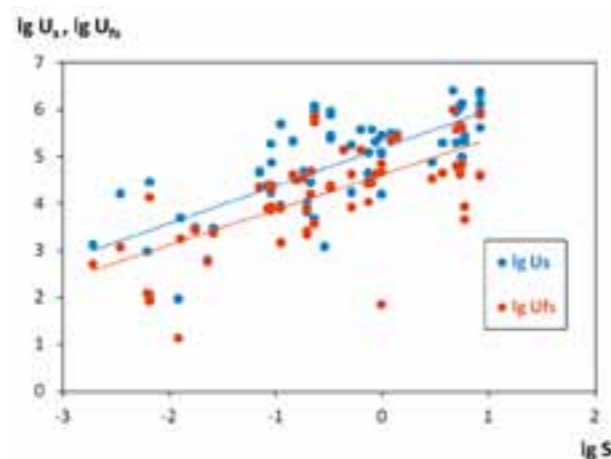


Рис. 6. Зависимость «экологической стоимости» образования территории от ее площади (размерности: U_s и U_{sS} — тыс. руб., S — km^2)

• U_s/S (тыс. руб./ km^2 или руб./ m^2 , тыс. €/ km^2 или €/ m^2) — «экологическая стоимость» единицы площади образованной территории (далее — «относительная экологическая стоимость» образования территории).

• U_{vN} (руб./ m^3 , €/ m^3) — ущерб водным биоресурсам от дноуглубления на единицу объема перемещенного грунта.

• U_{sS}/S (тыс. руб./ km^2 или руб./ m^2 , тыс. €/ km^2 или €/ m^2) — ущерб водным биоресурсам от образования территории на единицу ее площади.

4. Зависимости значений абсолютных показателей изменения окружающей среды от показателей уровня воздействия.

Для рассматриваемой совокупности объектов выявляется прямая зависимость абсолютных показателей изменения окружающей среды в стоимостном выражении (U_v и U_s) от объема перемещаемого грунта (V) и общей площади образуемой территории (S). Соотношение этих показателей описывается следующими уравнениями (U_v и U_s — тыс. руб., V — млн m^3 , S — km^2) (рис. 5, 6):

$$lg U_v = (4,579 \pm 0,056) + (0,695 \pm 0,044) \times lg V; r = 0,80, (4)$$

$$lg U_s = (5,175 \pm 0,103) + (0,831 \pm 0,097) \times lg S; r = 0,74, (5)$$

При этом величина компенсационной платы за ущерб водным биологическим ресурсам от дноуглубительных работ U_{vN} (тыс. руб.) также демонстрировала существенную зависимость от объема перемещаемого грунта V (млн m^3), которая с приемлемой точностью аппроксимируется уравнением:

$$lg U_{vN} = (4,068 \pm 0,053) + (0,665 \pm 0,041) \times lg V; r = 0,78, (6)$$

Зависимость величины компенсационной платы за ущерб водным биологическим ресурсам при работах по образованию новых территорий U_{sS} (тыс. руб.) от их площади S (km^2) описывается уравнением:

$$lg U_{sS} = (4,618 \pm 0,104) + (0,748 \pm 0,093) \times lg S; r = 0,70, (7)$$

5. «Экологическая стоимость» работ по дноуглублению и образованию территории.

Показатели «относительной экологической стоимости» (U_v/V , тыс. руб./млн m^3 и U_s/S , тыс. руб./ km^2), исчисляемой относительно величин объема перемещаемых грунтов V (млн m^3) и площади намыва S (km^2), выражаются уравнениями:

$$lg (U_v / V) = (4,572 \pm 0,056) - (0,305 \pm 0,044) \times lg V; r = -0,49, (8)$$

$$lg (U_s / S) = (5,175 \pm 0,103) - (0,169 \pm 0,097) \times lg S; r = -0,22, (9)$$

При этом изменения значений величины ущерба водным биоресурсам при дноуглублении на единицу объема перемещенного грунта U_{vN}/V (тыс. руб./млн m^3) в изученном диапазоне объема перемещенного грунта V (млн m^3) выражаются уравнением:

$$lg (U_{vN} / V) = (4,068 \pm 0,053) - (0,334 \pm 0,041) \times lg V; r = -0,54, (10)$$

Изменения значений величины ущерба водным биоресурсам при образовании территорий на единицу их площади U_{sS}/S (тыс. руб./ km^2) в изученном диапазоне площадей намыва S (km^2) выражаются уравнением:

$$lg (U_{sS} / S) = (4,618 \pm 0,104) - (0,251 \pm 0,093) \times lg S; r = -0,31, (11)$$

Таким образом, очевидно, что зависимость использованных абсолютных показателей итоговых изменений окружающей среды (U_v , U_s , U_{vN} и U_{sS}) от абсолютных показателей уровня воздействия (объем перемещаемого грунта V , площадь образованной территории S) достоверна, положительна и достаточно хорошо формализуется. Относительные показатели изменений окружающей среды (U_v/V , U_s/S , U_{vN}/V и U_{sS}/S) варьируют в изученных диапазонах показателей воздействия гораздо менее упорядоченно, при весьма слабо выраженной малодостоверной обратной зависимости от масштабов гидростроительства, что позволяет содержательно определить и использовать в ориентировочных прогнозах их усредненные значения.

Установлено, что распределения значений всех четырех перечисленных относительных показателей характеризуются выраженной положительной асимметрией и с наибольшей точностью аппроксимируются логнормальным распределением [15]. Таким образом, математические ожидания этих показателей корректно выражаются как среднелогарифмические значения:

$$\overline{U_v/V} = 32,6^{+5,1}_{-4,4} \quad \overline{U_{vN}/V} = 10,8^{+1,7}_{-1,4} \quad (\text{руб./млн } m^3)$$

$$\overline{U_s/S} = 179,0^{+43,8}_{-35,0} \quad \overline{U_{sS}/S} = 55,7^{+11,9}_{-11,1} \quad (\text{руб./км}^2)$$

Соответственно, умножив данные показатели на величину планируемого общего объема грунтов, перемещаемых при дноуглублении, или на общую площадь образуемой новой территории, можно уже на предпроектной стадии получить предварительный ориентировочный прогноз величины эколого-экономического ущерба, связанного с намечаемым гидростроительством.

Очевидно, что вариабельность реальных относительных показателей изменений окружающей среды вокруг этих средних значений определяется множеством синергично взаимодействующих факторов. Поэтому в каждом конкретном проекте уточненные значения этих показателей, определяемые уже по итогам полного цикла разработки природоохранной проектной документации, могут значительно отличаться от приведенных математических ожиданий. Соответственно, если проектируемое гидростроительство характеризуется благоприятными значениями вышеперечисленных факторов, его «относительная экологическая стоимость» окажется ниже ожидаемой средней величины, и наоборот. Результаты выполненного анализа позволили предложить следующую классификацию ожидаемого воздействия гидростроительства на окружающую среду:

- 1) Слабое воздействие: $U_v/V < 0,1 \text{ €/м}^3$; $U_s/S < 0,1 \text{ €/м}^2$.
- 2) Умеренное воздействие: $0,1 \leq U_v/V < 1,0 \text{ €/м}^3$; $0,1 \leq U_s/S < 1,0 \text{ €/м}^2$.
- 3) Существенное воздействие: $1 \leq U_v/V < 10 \text{ €/м}^3$; $1 \leq U_s/S < 10 \text{ €/м}^2$.
- 4) Интенсивное воздействие: $U_v/V \geq 10 \text{ €/м}^3$; $U_s/S \geq 10 \text{ €/м}^2$.

Представленные закономерности позволяют ориентировочно прогнозировать математическое ожидание эколого-экономического ущерба от гидростроительства уже на предпроектной стадии по самым основным его характеристикам — общему объему грунтов, перемещаемых при дноуглублении, и общей площади образуемой новой территории.

Заключение

Наиболее перспективным путем развития инструментария морского пространственного планирования является разработка и апробация системы количественных аналитических методов, позволяющих в своей совокупности решать задачи оптимального распределения различных видов морепользования в пространстве и времени. Приведенные в настоящей статье примеры демонстрируют некоторые возможности достаточно естественной квантификации, классификации и количественной сравнительной оценки намечаемых воздействий на морскую среду.

Рассмотренные методы, разработанные или адаптированные для решения проектных задач, могут с минимальными преобразованиями вполне эффективно использоваться и для решения аналогичных задач морского пространственного планирования, войдя в его количественный инструментарий.

Тематические публикации находятся на сайте компании «Эко-Экспресс-Сервис»: <http://ecoexp.ru/page/34>.

Литература

1. Douvere F., Ehler C. *The Need for a Common Vocabulary for Marine Spatial Planning in Ecosystem-based Marine Management // Intergovernmental Oceanographic Commission UNESCO. ENCORE Network. Abstract. Paris, October 2007. 13 p.*
2. *Vision and Strategies around the Baltic Sea 2010. From vision to Action // Fourth Conference of Ministers for Spatial Planning and Development. Stockholm, 22 October 1996. 14 p.*
3. *HELCOM Baltic Sea Action Plan // HELCOM Ministerial Meeting. Krakow, Poland, 15 November 2007. 102 p.*
4. *Roadmap for Maritime Spatial Planning: Achieving Common Principles in the EU // European Commission, Brussels. 25.11.2008. COM(2008). 791 final. 11 p. http://eur-lex.europa.eu.*
5. *Action Plan. Accompanying the communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and Social committee and the Committee of the regions concerning the European Union Strategy for the Baltic Sea Region // Commission of the European Communities, Brussels. 10.6.2009. SEC(2009). 712. 71 p. http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/communic/baltic/action2009.pdf.*
6. *VASAB Long-Term Perspective for the Territorial Development of the Baltic Sea Region // VASAB Committee on Spatial Development. VASAB Secretariat, 2010. 56 p.*
7. *Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года (утв. Президентом РФ от 27 июля 2001 г.).*
8. *Распоряжение Правительства РФ от 8 декабря 2010 г. № 2205-р об утверждении Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года.*
9. *«Минрегион России готовит проект федерального закона «О морском (акваториальном) планировании в Российской Федерации» // Официальный сайт Минрегион России. 27.03.2014г. http://www.minregion.ru/news_items/4193?locale=ru.*
10. *Указ Президента РФ от 08.09.2014 № 612 «Об упразднении Министерства регионального развития Российской Федерации».*
11. *Жигульский В. А., Шуйский В. Ф., Щацаев Ю. А., Былина Т. С. ООО «Эко-Экспресс-Сервис»: опыт оценки и прогнозирования воздействий на водные экосистемы при гидростроительстве // Рыбоохрана России. 2011. № 2 (6). С. 42–47.*
12. *Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. РД 03-418-01. 2001.*
13. *Разработка Программы развития аванпортов Большого порта Санкт-Петербург. Предварительная оценка воздействия на окружающую среду с учетом существующих и проектируемых особо охраняемых природных территорий. Том 4. ООО «Эко-Экспресс-Сервис». 1998.*
14. *Жигульский В. А., Коноплев В. Н. Интегрированная технология для модельных исследований на морских акваториях // Нефть и газ Арктического шельфа: материалы международной конференции. Мурманск, 12–14 ноября 2008 г. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2008. С. 141–158.*
15. *Жигульский В. А., Шуйский В. Ф., Соловей Н. А. Прогнозная экспресс-оценка экологической опасности гидростроительных работ // Гидротехника. 2012. № 1(26). С. 68–71.*