

УДК 51-7:332.1

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2017

# Подход к оценке рисков опасных природных явлений в морехозяйственных системах<sup>1</sup>

**В. В. Кулыгин,**  
Институт аридных зон ЮНЦ РАН,  
г. Ростов-на-Дону

## Аннотация

В работе рассмотрены основные понятия и принципы представления геоинформации об опасных природных процессах в морехозяйственных системах. Для оценки рисков предложен сценарный подход, учитывающий климатические изменения, влияющие на вероятности возникновения опасных явлений, и временную составляющую факторов уязвимости, позволяющий в явном виде производить сравнение разных стратегий ведения хозяйственной деятельности. Представлены основные типы пространственных объектов геодемии рассматриваемых морехозяйственных систем.

**Ключевые слова:** опасные природные явления, морехозяйственный комплекс, риски, уязвимость.

## Содержание

Введение

1. Опасные природные явления

2. Оценка рисков опасных природных явлений в морехозяйственных системах

Заключение

Литература

## Введение

Опасные природные явления ежегодно приводят к многочисленным жертвам и существенному ущербу имуществу и инфраструктуре. В начале XXI века наблюдается увеличение экономических потерь, что связано в первую очередь с расширением степени освоения многих территорий, а также с ростом технической сложности современных объектов, а следовательно, и их стоимости. Чем сложнее становится создаваемая и используемая инфраструктура, тем больше внимания следует уделять стратегии обеспечения безопасности и планированию безопасной деятельности.

В то же время мировой опыт свидетельствует о необходимости системного (интегрированного) подхода к планированию и управлению прибрежными зонами (морскими и прибрежными экосистемами). Неэффективность отраслевых и ведомственных подходов к управлению приводит к конфликтам природопользователей и нарастанию антропогенных угроз морским экосистемам в районах

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-60043 мол\_а\_дк.

интенсивной хозяйственной деятельности. Решение таких проблем подталкивает мировое сообщество к необходимости разработки и реализации комплексного (интегрального) управления морским природопользованием на основе экосистемного подхода [1]. Данная концепция находится в полном согласии со всеми конвенциями, подписанными и ратифицированными Российской Федерацией.

В этой связи актуальной проблемой является формирование интегрированной системы управления морским природопользованием, включающей блок оценки рисков опасных природных явлений для разных видов морехозяйственной деятельности, которая могла бы обеспечить экономико-экологическую безопасность и исправить ситуацию с формированием прогнозов и предупреждением населения.

Практически вся имеющаяся на сегодняшний день информация о рисках морехозяйственной деятельности в конкретных акваториях ограничивается оперативными прогнозами состояния морей. Следует отметить, что в эти прогнозы обычно не входят оценки воздействия на береговую зону и соответственно расположенную там инфраструктуру и проживающее население. Имеются также карты для отдельных видов опасностей, по сути, без возможности их использования для решения практических задач, в том числе для определения степени подверженности некоторой территории совокупности опасных явлений с учетом совместных эффектов.

В работе представлен подход к интегральной оценке риска совокупности опасных природных явлений (ОЯ) для морехозяйственных систем, в том числе рассмотрены основные понятия, принципы представления и анализа геоинформации об опасных природных процессах.

## 1. Опасные природные явления

В Федеральном законе «О гидрометеорологической службе» дается следующее определение опасному природному явлению: гидрометеорологическое или гелиогеофизическое явление, которое по своей интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также может нанести значительный материальный ущерб.

Решение задач по прогнозированию и обнаружению ОЯ, предупреждение органов государственной власти и соответствующих организаций с целью предотвращения гибели людей и снижения экономического ущерба возложены на Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Типовой перечень ОЯ, составленный с учетом рекомендаций Всемирной метеорологической организации (ВМО) [2], представлен в положении РД 52.88.699-2008 [3]. На основании этого руководящего документа территориальные органы Росгидромета разрабатывают для подведомственных организаций по зоне их ответственности собственные «Положения о порядке действий организаций наблюдательной сети при угрозе возникновения и возникновении ОЯ», в обязательном порядке содержащие региональные перечни и критерии ОЯ по обслуживаемым ими территориям с учетом природно-климатических особенностей и хозяйственно-экономических условий, поскольку критерии ОЯ могут сильно различаться в зависимости от особенностей региона и масштабов их последствий в каждом регионе [2].

Согласно [3] критерием оценки гидрометеорологического явления как ОЯ является факт достижения гидрометеорологическими величинами, характеризующими это явление, определенных значений. В то же время в руководящих указаниях ВМО [4] подчеркивается значение эволюции парадигмы в сфере работы метеорологических служб, а именно последовательное продвижение от подготовки прогнозов погоды и штормовых предупреждений к выпуску прогнозов опасных явлений с учетом их последствий и предупреждений о них. В этом случае акцент делается не на том, какой погода будет, а на том, что «погода сделает».

В настоящее время преобладающей, в том числе и в России, остается практика ликвидации последствий ОЯ, хотя очевидно, что необходима научно обоснованная стратегия планирования мероприятий по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных ОЯ, и снижению их последствий. Для рассматриваемых морехозяйственных систем одним из механизмов предупреждения возникновения ОЯ и снижения последствий является планирование землепользования в берего-

вой зоне. Прибрежные территории густо заселены и чаще всего именно здесь располагается инфраструктура морского хозяйства.

В то же время, несмотря на прилагаемые усилия, в России управление деятельностью, связанной с эксплуатацией морских и прибрежных экосистем и ресурсов, не имеет системного характера. Далеко не на всех уровнях власти существует понимание того, что при оценке социально-экономического эффекта в управлении морскими экосистемами нельзя ограничиваться исключительно морскими и океанологическими аспектами, так как истоки большинства экологических проблем шельфовых областей морей и океанов берут начало в социо-природно-технических системах прилегающих участков суши [5]. Недоучет специфики хозяйственной активности и социальных факторов в прибрежных зонах, а также мультипликативного эффекта совокупности ОЯ приводит к существенным негативным последствиям катастрофических ОЯ. Для исправления ситуации необходим переход к новой стратегии обеспечения безопасности, основанной на принципах прогнозирования и предупреждения катастрофических природных явлений. Одним из ее основных элементов является процесс распределения ограниченных ресурсов для снижения различных видов риска с целью достижения требуемого уровня безопасности населения и окружающей среды.

Часто риск понимают как вероятность возникновения события, приводящего к неблагоприятным последствиям. В естественных и технических науках риск представляет собой количественное или качественное описание возможных последствий ОЯ для исследуемых областей. Он может быть выражен в вероятностных или относительных/полуколичественных терминах. В то же время риск стихийного бедствия (*risk disaster*) — это ожидаемые потери (утрата здоровья и гибель людей, ущерб собственности, нарушение хозяйственной деятельности), которые могут возникнуть в заданном районе в течение некоторого определенного периода в будущем [4]. Исходя из существования различных трактовок, в контексте ОЯ будем рассматривать два понятия: природная опасность (*natural hazard*), определяемая через вероятность проявления опасных природных процессов в пространстве и времени с определен-

ной интенсивностью, и риск — ожидаемый ущерб (социальный, экономический, экологический) при проявлении определенной природной опасности. Таким образом, риск — это количественная мера опасности с учетом ее последствий, которые всегда приносят ущерб:

$$R = E(L | A) \cdot P_A, \quad (1)$$

где  $R$  — риск;

$E(L | A)$  — условное математическое ожидание ущерба  $L$  при наступлении неблагоприятного события  $A$ ;

$P_A$  — вероятность неблагоприятного события.

В основе количественной оценки последствий от различных опасных явлений лежат концепции подверженности (*exposure*) и уязвимости (*vulnerability*).

Подверженность определяется наличием объектов, подверженных риску (население, сооружения, экологические услуги и ресурсы, инфраструктура, экономические, социальные или культурные ценности), в тех местах, которые могут подвергнуться негативному воздействию [4]. Если население и экономические ресурсы не находятся в потенциально опасных (подвергаемых опасности) местах, то не возникает никакого риска бедствия. В этой связи подверженность является необходимым, но недостаточным условием риска.

Уязвимость означает восприимчивость подверженных воздействию объектов, таких как население, их средства к существованию и имущество, к неблагоприятным последствиям в тех случаях, когда на них воздействует ОЯ [4]. Иными словами, это свойство объектов полностью или частично утрачивать способность к выполнению своих функций в результате воздействия ОЯ. Уязвимость может меняться в зависимости от типа и интенсивности ОЯ и будет колебаться в зависимости от прочности и надежности инфраструктуры, а также чувствительности групп населения. Оценка уязвимости обычно дается в относительных единицах или процентах.

Таким образом, ущерб возникает только на тех территориях, где проживают люди и имеются объекты материальной сферы. Оценка ущербов от ОЯ проводится на основе стоимости объектов и степени их уязвимости от природного явления

заданной интенсивности. Можно сказать, что показатель уязвимости определяет, насколько тяжкими будут последствия при воздействии ОЯ.

Несмотря на отсутствие общепринятой методики и использование при расчетах большого количества допущений, оценка риска является важным инструментом для принятия обоснованных решений по обеспечению безопасности общества. Такая оценка позволяет осуществить сопоставимый анализ потерь от менее опасных, но часто встречающихся явлений и потерь от крайне опасных, но редких событий [6].

Несмотря на то что существующие методологии сосредоточены на разработке карт и инструментов, используемых для управления пространственным риском и ликвидацией последствий стихийных бедствий, обычно они не рассматривают сценарии будущих опасностей. Они в основном полагаются на текущую и/или историческую информацию об опасных явлениях и уязвимостях, оставляя за скобками соображения по поводу будущих климатических и социально-экономических сценариев. В то же время риски, обусловленные природными опасностями, меняются в течение времени вместе с изменением окружающей среды. Вероятность возникновения и интенсивность опасных природных процессов могут меняться под воздействием климатических изменений [7—9].

## 2. Оценка рисков опасных природных явлений в морехозяйственных системах

Оценка рисков опасных природных явлений в геосистемах основывается на анализе определенной площади земной поверхности, подвергающейся воздействию совокупности опасных природных процессов. Рассматриваемая геосистема представляет собой прибрежную экосистему с морским и береговым компонентами и расположенным здесь морехозяйственным комплексом.

Опасные природные явления имеют пространственный и временной характер проявления в геосистеме, поэтому при разработке метода интегральной оценки риска совокупности опасных явлений необходимо прежде всего определить основную элемент геомодельного представления рас-

сматриваемой системы и подход к учету изменений во времени.

Геосистема делится на пространственные единицы таким образом, чтобы они естественным образом отражали пространственные особенности воздействия опасных природных явлений на геосистему, специфику морехозяйственной деятельности и состояние экосистемы. Каждая пространственная единица представляет собой геообъект, который может рассматриваться как отдельный элемент, сложившийся в результате взаимодействия геологических, геоморфологических, океанографических, климатических и антропогенных факторов. Выделяемым геообъектам ставится в соответствие тип, характеризующий осуществляемую в его пределах морехозяйственную деятельность (таблица).

Учитывая то, что многие факторы, используемые при расчете ущербов, имеют временную составляющую (например, сезонная туристическая активность), а также нестационарность вероятностей возникновения ОЯ, связанную с динамикой и цикличностью климата, представляется целесообразным перейти от единственной (статической) оценки риска или к ансамблю оценок (например, по сезонам), или к временному ряду. Для учета временной составляющей при оценке рисков опасных природных явлений для морехозяйственной деятельности предлагается использовать сценарный подход, аналогичный представленному в работе [10].

Введем следующие обозначения.

Показатель опасности  $H(t) = (h)_i$ , характеризующий вероятность возникновения ОЯ  $i$ -го типа на временном шаге  $t$ .

Показатель подверженности  $E(t) = (g, L)_j$  — список геообъектов, на которые разделен регион исследований на временном шаге  $t$ , с указанием их типов по видам морехозяйственной деятельности, геометрии  $g$  (пространственного расположения и размеров) и стоимостных характеристик ущербов  $L$ .

Показатель уязвимости  $V(t) = (v)_{ij}$ , характеризующий тяжесть последствий для  $j$ -го геообъекта в случае возникновения ОЯ  $i$ -го типа на временном шаге  $t$ .

Значения величин  $H$ ,  $E$ ,  $V$  будем определять на основе сценариев двух типов: сценарии возникновения опасных природных явлений и сценарии

## Типы пространственных объектов

Таблица

Территориальная категория	Категория регионального зонирования	Типы пространственных объектов
Города и сельские поселения	Зона жилых районов	Городская территория
		Сельское поселение
Районы промышленно-хозяйственной деятельности	Портовая зона	Портовые сооружения
		Якорные стоянки
		Судоходный канал
	Рыболовная зона	Районы рыбного промысла
		Районы промысла биоресурсов (водоросли, беспозвоночные)
	Промышленная зона	Опасные отрасли промышленности
		Беспокойные отрасли промышленности
		Разработка месторождений минеральных ресурсов
	Районы, отведенные под аквакультуру	Аквакультура
	Туристическая (рекреационная) зона	Туризм и отдых (санатории и пансионаты, пляжи)
Спортивный лов рыбы		
Сельскохозяйственная зона	Растениеводство	
	Животноводство	
Транспортная инфраструктура	Зона транспортировки нефтегазопродуктов	Маршруты морских нефтеперевозок
		Трассы трубопроводов
	Зона транспортных маршрутов/коридоров	Морские перевозки и судоходство
Зона транспортных соединений	Существующие и планируемые транспортные соединения (переходы, мосты, каналы)	
Охраняемые территории	Особо охраняемые природные территории	Заповедники
		Национальные парки
		Государственные природные заказники
		Памятник природы
	Природные парки	
Зоны сохранения культурного наследия	Памятник культуры	
Особые зоны	Экологически важные зоны	Водно-болотные угодья
	Зона, отведенная в государственное пользование	Государственная собственность специального назначения

использования экосистемных услуг объектами морехозяйственной деятельности.

Сценарии первого типа предназначены для формирования параметров показателя опасности  $H$ . Фактически для каждого  $i$ -го типа ОЯ выбирается некая характеристика его интенсивности  $X_i$  (например, уровень воды для нагона), являющаяся случайной величиной, и задается ее распределение (в форме функции распределения или дискретного набора значений). Поскольку вероятности возникновения ОЯ различаются по пространству, то для каждого геообъекта указывается собственное вероятностное распределение. Изменение вероятностных распределений во времени имеет как сезонный характер, во многом связанный с атмосферными циркуляционными процессами (например, преобладание ветров определенных направлений в отдельные сезоны), так и межгодовой, зависящий от климатических тенденций (существование циклов различной продолжительности соответствующих повышенной или пониженной частоте экстремальных явлений [11, 12]). Оценки распределений могут быть получены на основе статистического анализа данных (в случае их наличия) или рассчитаны с использованием моделей.

Сценарий использования экосистемных услуг — это план ведения хозяйственной деятельности, который задает изменчивость показателей подверженности и уязвимости.

Показатель подверженности  $E$  представляет собой серию карт природопользования исследуемого региона, представленного в виде набора геообъектов с указанием для каждого величины ущерба  $L$ . Величина ущерба носит вероятностный характер (является случайной величиной), т. к. два ОЯ одной и той же интенсивности могут приводить к разным величинам потерь. Для каждого геообъекта задается распределение ущербов (в качестве первого приближения может быть использовано математическое ожидание — средний ущерб).

Сценарий изменения показателя  $E$  может быть выражен как в структурной модификации представления региона исследований (добавление/удаление геообъекта, изменение его типа или формы — например, перевод земель в другой вид пользования; построение новых или ликвидация старых строений или объектов инфраструктуры),

так и в изменениях вероятностных распределений ущербов (например, строительство новых домов/сооружений в населенном пункте приводит к увеличению возможных ущербов при наступлении ОЯ; перевод сельскохозяйственных земель под другие культуры влияет на возможные потери, связанные с урожайностью культуры, и т. д.). Временная составляющая величин ущербов связана с сезонными потоками (туристов, грузоперевозок и т. д.).

Показатель уязвимости  $V$  включает в себя ряд факторов, корректирующих величины ущербов в соответствии с тяжестью последствий ОЯ. Факторы могут учитывать интенсивность ОЯ, территорию воздействия ОЯ, продолжительность ОЯ и т. д. Так, например, если характеристику некоторого ОЯ рассматривать как дискретную случайную величину и определить для нее три категории интенсивности (слабая, средняя и сильная), то для подверженных объектов можно выделить три градации повреждений и поставить им в соответствие значения показателя уязвимости (в долях от стоимости объекта) — например, замена составных частей/оборудования  $v_1 = 0,1$ , ремонт  $v_2 = 0,4$ , капитальный ремонт  $v_3 = 0,7$ .

Моделирование динамики показателя уязвимости  $V$ , принимающего значения в интервале  $(0, 1)$ , может быть выполнено с использованием следующего выражения:

$$V(t + \Delta t) = \max(\min(\alpha_t \cdot \beta_t \cdot V(t), 1), 0),$$

где  $\alpha_t \geq 1$  — коэффициент увеличения уязвимости под воздействием физических процессов (старение, коррозия, накопление повреждений от прошедших ОЯ и т. д.);

$\beta_t \leq 1$  — коэффициент, учитывающий действия человека, направленные на снижение уязвимости (реконструкция, укрепление и т. д.);

$t$  — момент времени.

После разработки сценариев риск опасного явления (ожидаемые потери) на каждом временном шаге  $t$  рассчитывается по следующей формуле, являющейся фактически детализацией формулы (1):

$$R(t) = D(L(t), V(t, x(t))) \cdot p(t),$$

где  $R(t)$  — риск ОЯ на шаге  $t$ ;

$D$  — величина потерь, представляющая собой ущерб  $L$ , скорректированные с учетом фактора уязвимости  $V$ , зависящего, в свою очередь, от интенсивности ОЯ;

$x(t)$  — характеристика интенсивности ОЯ;

$p(t)$  — вероятность возникновения ОЯ на шаге  $t$ .

Так, например, если для каждого типа ОЯ определены дискретные уровни интенсивности и каждому из них поставлено в соответствие значение показателя уязвимости, то расчет риска ОЯ  $i$ -го типа

для  $j$ -го геообъекта на каждом шаге моделирования  $t$  выполняется следующим образом:

$$R_{ij}(t) = \sum_k p_{ijk}(t) \cdot L_j(t) \cdot v_{ijk}(t),$$

где  $p_{ijk}$  — вероятность возникновения ОЯ  $i$ -го типа  $k$ -й интенсивности в пределах геообъекта  $j$ ;

$L_j$  — средние ущербы геообъекта  $j$ ;

$v_{ijk}$  — значение показателя уязвимости геообъекта  $j$  к ОЯ  $i$ -го типа  $k$ -й интенсивности.

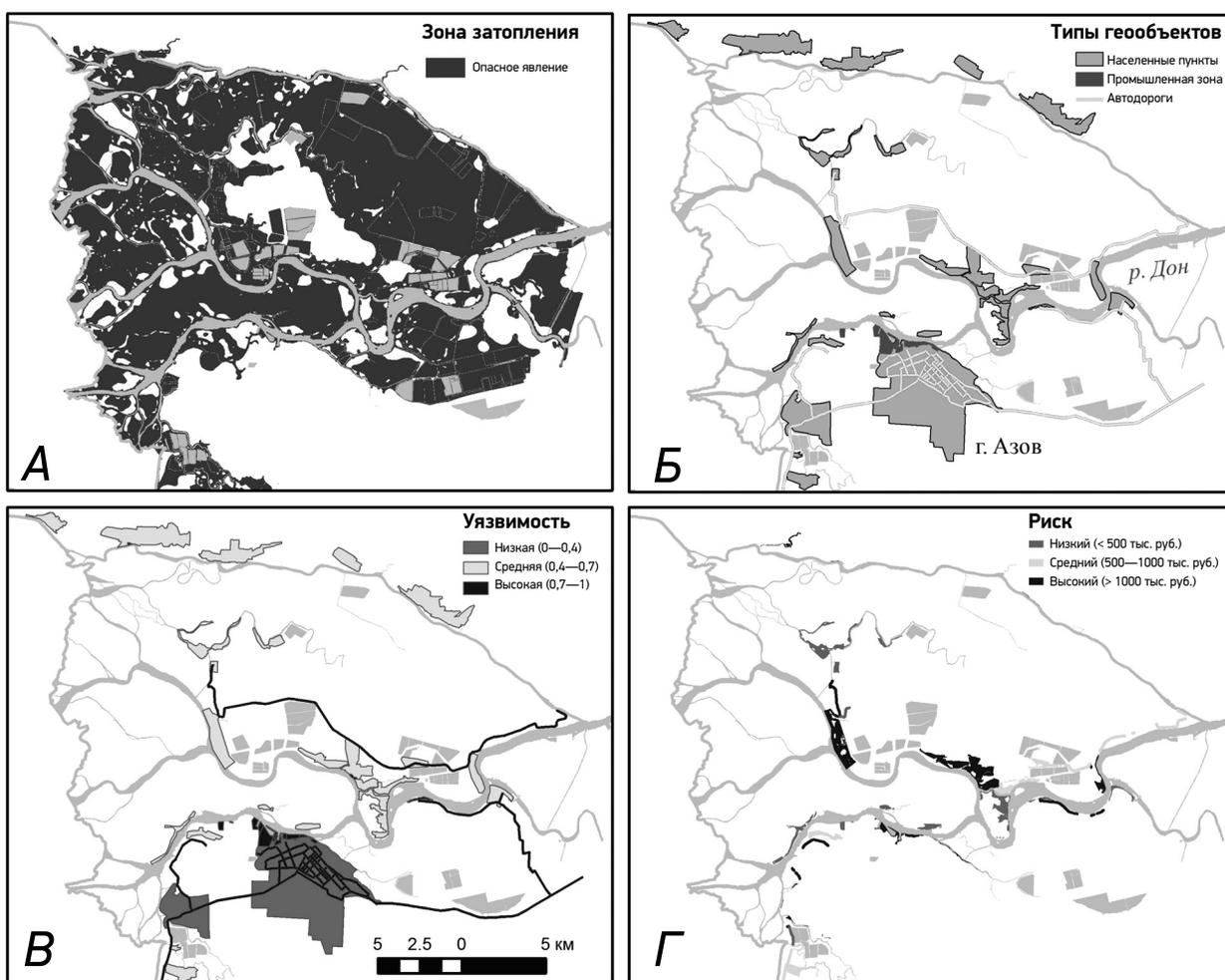


Рисунок. Риски штормовых нагонов в дельте р. Дон:

А — зона затопления, соответствующая категории «опасное явление»;

Б — геообъекты, подверженные опасному явлению;

В — показатель уязвимости геообъектов к нагонам, интенсивность которых соответствует категории «опасное явление»;

Г — величины ожидаемых годовых ущербов

На рисунке представлен пример компонент, используемых при расчетах риска отдельного ОЯ, а именно штормового нагона в дельте р. Дон. Для этого явления были рассмотрены два уровня/категории интенсивности, соответствующие отметкам неблагоприятного явления и опасного явления. Для дельты р. Дон это подъем уровня воды до 1,1 м и 2 м Балтийской системы высот (БСВ) соответственно. На рисунке А показана картосхема зоны затопления соответствующей категории «опасное явление». По данным наблюдений за уровнем моря на гидропостах были определены вероятности возникновения событий каждой категории ОЯ, составившие 0,786 и 0,08 соответственно.

Показатель подверженности представлен геообъектами (см. рисунок Б), подверженными воздействию опасного явления (на картосхеме отображены только среднemasштабные элементы (населенные пункты, промышленная зона, дороги); крупномасштабные объекты (мосты, причалы, социально значимые объекты и т. д.) учитываются при расчетах, но отображаются на карте только при укрупнении масштаба). Для каждого геообъекта определены монетарные оценки средних величин ущерба. Для населенных пунктов дополнительно указана плотность населения, а в качестве показателя средних потерь здоровья на одного человека выбрана средняя страховая сумма выплат при наступлении несчастного случая, связанного с потерей трудоспособности в России (48 тыс. руб. на душу населения).

Величины уязвимости геообъектов разных типов определялись для каждой категории интенсивности ОЯ на основе методики [13] (на рисунке В представлены значения уязвимости для категории «опасное явление»). Дополнительным фактором показателя уязвимости выступает доля площади геообъекта, попавшей в зону затопления.

Суммы среднего ущерба от нагона для всего региона составили для неблагоприятного явления 46 млн руб., для опасного явления — 413 млн руб. Для сравнения ущербы от двух катастрофических нагонов в марте 2013 г. и сентябре 2014 г. (оба относятся к опасному явлению, максимальные отметки уровня 2,4 м и 2,81 м БСВ соответственно) оценены в 405 млн руб. и 1100 млн руб. соответственно. Согласно расчетам ожидаемый годовой ущерб (см. ри-

сунк Г), рассчитанный с учетом вероятностей ОЯ различной интенсивности, составил 69 млн руб.

Значение совокупного ущерба от группы ОЯ для геообъекта  $j$  в первом приближении может быть вычислено как  $\sum_i R_{ij}$ . При таком подходе не учитываются возможные взаимодействия между ОЯ и кумулятивные эффекты, которые могут изменить величину совокупного ущерба как в меньшую, так и в большую сторону. В то же время, поскольку рассчитываются монетарные оценки рисков ОЯ разных типов, можно сравнивать их между собой для определения приоритетного направления превентивных мер по снижению ущербов от ОЯ.

На следующем этапе осуществляется агрегация получаемых оценок ущербов в пространстве и времени.

Определяя для каждого геообъекта значения величин  $H$ ,  $E$ ,  $V$ , мы фактически формируем карты следующих типов:

- карты опасности, содержащие информацию о пространственном распределении частоты и интенсивности опасных природных явлений;
- карты подверженности, содержащие информацию о ведущейся хозяйственной деятельности;
- карты уязвимости, содержащие информацию о степени восприимчивости объектов хозяйственной деятельности к воздействию опасных природных явлений.

Карты, являясь одним из основных продуктов оценки риска ОЯ, способствуют связности этой междисциплинарной темы на базе пространственного аспекта. Тем не менее ключевым остается вопрос: как всю эту многомерную информацию отображать одновременно, обеспечивая при этом не только четко различимое проявление отдельных опасностей, но и их наложение и/или совпадение?

Для решения проблемы организации и отображения наборов данных о многих ОЯ и соответствующих рисках предлагается создание картографических веб-приложений. Этот подход представляет собой альтернативу статическим картам, предоставляя интерактивность и гибкость визуализации.

В картографических веб-приложениях можно представить весь спектр информации по каждой опасности без потери содержания, в то время как пользователь может самостоятельно выбирать лю-

бую комбинацию опасностей или рисков и определять конкретную область интересов. Следует учитывать, что реализация должна быть выполнена в соответствии с применяющимися картографическими стандартами, так как несоблюдение таких стандартов может привести к неправильной интерпретации, путанице и потере читаемости материалов. Разработанный соответствующим образом графический пользовательский интерфейс может предотвратить подобные ошибки, а с учетом предоставления дополнительной информации может существенно повысить качественный уровень интерпретации оценок рисков опасных природных явлений.

### Заключение

Предложенная работа фокусирует внимание на понятиях и принципах, которые должны учитываться в методах оценки риска опасных природных явлений для морехозяйственной деятельности. Планирование управления морским хозяйством и землепользованием прибрежных территорий должно сопровождаться разработкой геомодели региона — выделением геоморфологических единиц, отражающих пространственные особенности геосистемы, характеризующих как ведущую хозяйственную деятельность (карты подверженности), так и пространственное распределение частоты и интенсивности опасных природных явлений (карты опасности). Подготовленный подобным образом картографический материал сам по себе представляет интерес и облегчает процесс планирования природопользования. Вместе с тем использование сценарного подхода позволяет ввести в процедуру оценки рисков опасных явлений учет климатических изменений и временной составляющей факторов уязвимости и в явном виде производить сравнение агрегированных значений для разных стратегий ведения хозяйственной деятельности для выбора наилучшей. Замена существующих статичных карт интерактивным картографическим веб-приложением позволит создать мощный инструмент поддержки принятия решений в области управления рисками в морских эколого-экономических системах.

### Литература

1. Денисов В.В., Фомин О.В. Комплексное управление природопользованием на шельфовых морях: аналитический материал и результаты круглых столов. Мурманск: Premiart.ru, 2011. 82 с.
2. Guide to Public Weather Services Practices. The second edition. World Meteorological Organization WMO, 2000. № 834.
3. РД 52.88.699-2008 Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. М., 2008. 31 с.
4. WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services. World Meteorological Organization WMO, 2015. № 1150.
5. Селютин В.В. Интегрированное управление ресурсами и безопасностью в бассейне Азовского моря // Оценка мирового опыта интегрированного управления прибрежными системами. Одесса: ИПРЭЭ НАН Украины, 2010. С. 7—20.
6. Осипов В.И. Управление природными рисками // Вестник Российской академии наук. 2002. Т. 72. № 8. С. 678—686.
7. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Сорокина В.В., Левитус С., Смоляр И.В. Внутривековые флуктуации климата Азовского моря (по термохалинным данным за 120 лет) // Доклады Академии наук. 2008. Т. 422. № 1. С. 106—109.
8. Матишов Г.Г., Чикин А.Л., Бердников С.В., Швердяев И.В. Экстремальное наводнение в дельте Дона (23—24 марта 2013 г.) и факторы, его определяющие // Доклады Академии наук. 2014. Т. 455. № 3. С. 342.
9. Соколов Ю.И. Климатические риски России // Проблемы анализа риска. 2015. Т. 12. № 5. С. 66—85.
10. Селютин В.В., Бердников С.В., Кулыгин В.В. Сравнительный анализ сценариев водопользования на примере водохозяйственной системы Нижнего Дона // Водные ресурсы. 2009. Т. 36. № 2. С. 240—252.
11. Матишов Г.Г. Климат и океанографические исследования северных и южных морей // Вестник Кольского научного центра РАН. 2015. № 2 (21). С. 11—19.
12. Беспалова Л.А., Лурье П.М., Тарадин Е.С. Многолетняя динамика экстремальных уровней Азовского моря // Экология. Экономика. Информатика. Азовское море,

Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования: Сборник материалов III Всероссийской конференции. Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерального университета, 2016. С. 72—79.

13. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии судоходных гидротехнических сооружений. Утверждена Приказом МЧС России и Минтранса России от 02.10.2007. № 528/143.

## Сведения об авторе

**Кулыгин Валерий Валерьевич:** кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института аридных зон Южного научного центра РАН

Количество публикаций: 42

Область научных интересов: математическое моделирование в науках о Земле и проблемах окружающей среды, геоинформационные системы

*Контактная информация:*

Адрес: 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Чехова, д. 41

Тел.: +7 (863) 250-98-05

E-mail: kulygin@ssc-ras.ru