

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТЯХ СНИЖЕНИЯ РИСКА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МОРСКОЙ АРКТИКЕ

канд. техн. наук В.Г.ДМИТРИЕВ

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: v_dmitriev@aari.ru

В статье с теоретических позиций рассматриваются некоторые вопросы снижения риска от воздействия опасных и экстремальных природных явлений для различных видов деятельности в аспекте ее гидрометеорологического обеспечения. Показано, что для снижения риска необходимыми условиями являются увеличение знаний о состоянии природной среды, повышение достоверности прогнозирования природных условий и учет влияния природных явлений на безопасность (и/или эффективность) деятельности. При этом уделено внимание фундаментальной проблеме предсказуемости природных условий и предельной точности прогнозов. Предложен подход к оценке предельной точности для определенного вида прогноза. В статье затронуты проблемы рационального использования гидрометеорологической информации как фактора снижения риска на примерах понятия функций влияния и страхования гидрометеорологических рисков.

Ключевые слова: *риск, гидрометеорологическое обеспечение, достоверность прогнозирования, предсказуемость природных условий, предельная точность прогноза, функции влияния*

Теория оценивания рисков начала активно развиваться с 40-х гг. XX в. [Lexner et al., 2006; Cornaro et al., 2006] в связи с растущими потребностями обеспечения безопасности при проведении аэрокосмических операций и развитием химической промышленности.

Развиваясь в области инженерных наук и сфере принятия решений с практическим применением в страховом деле, финансовых операциях, военном деле, в решении задач обеспечения продовольственной безопасности и сохранения здоровья на опасных видах производства, теория рисков нашла применение в науках об окружающей среде и практических мероприятиях по охране природы (в плане формирования политик и законодательной базы).

К настоящему времени методология анализа рисков и управления ими достаточно хорошо разработана. Общие подходы подробно изложены в международных стандартах [IEC/FDIS 31010, 2009; ISO/IEC 31010:2009, 2010], причем универсальность изложения позволяет применять разработанную методологию практически в любых отраслях деятельности. Подобная универсальность обусловлена однородностью аналитических и прогностических задач, возникающих в анализе риска.

Математическое обоснование моделирования финансовых рисков как функционалов на множествах распределений с определенными свойствами разработано в работах [Королев и др., 2011; Новоселов, 2001]. В этих работах измерение риска по-

нимается как количественное описание предпочтений на множестве вероятностных распределений.

Примечательно, что практически все авторы публикаций, посвященных проблеме риска, отмечают отсутствие строгого и общепринятого определения понятия риска. Анализ литературы позволяет выделить два основных подхода к этому понятию:

– риск – это ожидаемый ущерб (как правило, в стоимостном выражении) с указанием меры неопределенности его достижения;

– риск – это безразмерная мера неопределенности осуществления неблагоприятного события с заданным ущербом/уровнем вреда.

Принципиальное различие подходов отчасти может быть объяснено тем обстоятельством, что, как указывают авторы работы [Beninson, Lindell, 1980], в английском языке слово «риск» имеет два значения: существо неблагоприятного события и вероятность (возможность) этого события.

ПОНЯТИЕ РИСКА

Понимая под риском от воздействия опасных и экстремальных природных явлений вероятность получения заданного ущерба при осуществлении деятельности в определенных пространственных и временных условиях, легко увидеть, что риск зависит от вероятностей возникновения рискованной опасности (в нашем случае – комбинации опасных и экстремальных природных явлений) и от условных вероятностей возникновения экономического ущерба для морской деятельности при условии воздействия неблагоприятных факторов (влияния природных факторов на деятельность объекта).

Пусть $D = \{D_s\}_{s=1}^S$ – полная система попарно несовместных событий (т.е. система гипотез, см., например, [Вентцель, 1962]), индуцированных совокупностью неблагоприятных явлений $d_j, j = 1, 2, 3, \dots, J$. Т.е. события D_s представляют собой всевозможные произведения (в вероятностном смысле) явлений d_j и их отсутствия $\bar{d}_k$ вида $\prod_{r=1}^J d_{l_r} \prod_{g=1}^J \bar{d}_{l_g}, l_r, l_g \in \{1, 2, \dots, J \mid l_r \neq l_g\}$. Например, событие (гипотеза) D_s может состоять в наличии опасности условий появления дрейфующего льда и возникновения брызгового обледенения без опасности встречи с айсбергом и т.п.

Следуя [Дмитриев и др., 2012; Скорыходов и др., 2010; Вентцель, 1962], под риском получения экономического ущерба L при осуществлении деятельности Q будем понимать величину

$$P_Q(L) = \sum_{s=1}^S P(D_s) P(L / D_s), \quad (1)$$

где L – экономический ущерб, $P(D_s)$ – безусловная вероятность осуществления деятельности Q в опасном состоянии D_s (вероятность возникновения частной опасности D_s), D_s – рискованная опасность в районах осуществления деятельности Q , S – общее число элементов системы гипотез D , $P(L / D_s)$ – условная вероятность возникновения экономического ущерба L при осуществлении деятельности Q при рискованной опасности D_s .

Следует заметить, что определения понятия риска по стандарту [ГОСТ Р. 51897, 2012], а именно, как «следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей», равно как и «сочетание описания возможного события и его последствий», допускают неоднозначное толкование и могут предполагать вербальное выражение при идентификации риска, в то время как формула (1) вполне соответствует

понятию риска, принятому в Федеральном законе «О техническом регулировании» [Федеральный закон «О техническом регулировании», 2002].

Заметим, что, если $\{L_1, L_2, \dots, L_k\}$ – дискретный набор возможных ущербов, то средний ущерб вычисляется по формуле:

$$\bar{L} = \sum_{i=1}^k P_Q(L_i) L_i. \quad (2)$$

В простейшем случае, когда $k = 1$, $S = 1$, $P(L/D_s) = 1$ (т.е. имеется одна опасность, при которой всегда возникает ущерб величиной L , а в отсутствии опасности ущерб равен нулю), формула (2) приобретает вид $\bar{L} = PL$, она широко применяется в многочисленных публикациях как мера риска.

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ РИСКА

Очевидно, что, поскольку возникновение опасных и экстремальных природных явлений все еще в должной степени не подлежит управлению*, снижение риска от воздействия опасных и экстремальных природных явлений может быть достигнуто лишь за счет уменьшения условных вероятностей возникновения экономического ущерба $P(L/D_s)$.

Уменьшение величин $P(L/D_s)$ возможно за счет изменения конструктивных (технических) характеристик средств, участвующих в деятельности (например, создание «всепогодных» средств) и/или за счет уклонения от опасности (выбора безопасной стратегии и тактики деятельности).

Для создания погодонезависимых объектов и технических средств (технологий), с одной стороны, необходим всесторонний учет влияния неблагоприятных природных факторов на тот или иной вид деятельности, а с другой стороны – оценка вероятностей (частот) возникновения неблагоприятных условий.

Поскольку создание погодонезависимых объектов, технических средств, технологий и т.п. может быть экономически нецелесообразным или в принципе невозможным, для снижения риска возрастает роль выбора стратегии и тактики деятельности.

Для уклонения от опасности (выбора соответствующей стратегии и тактики деятельности) необходима информация о состоянии природной среды, причем, поскольку решения всегда принимаются до осуществления действий, информация о среде должна иметь прогностический характер (разумеется, с различной степенью заблаговременности). При этом существенное значение имеет достоверность прогностической информации, поскольку от нее зависит доверие потребителя к прогностическим данным, которое, в свою очередь, влияет на принятие решений о защитных мерах.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для снижения риска от воздействия опасных и экстремальных природных явлений необходимыми условиями являются *увеличение знаний о состоянии природной среды, повышение достоверности прогнозирования природных условий и учет влияния природных явлений на безопасность (и/или эффективность) деятельности.*

УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ О СОСТОЯНИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ РИСКА

Согласно позиции Всемирной метеорологической организации, «воздействия изменения климата являются беспрецедентными и повышают глобальную угрозу для жизни, источников средств к существованию и систем жизнеобеспечения. Даже если

* Случай искусственного воздействия на природу в данной работе не рассматривается.

бы сегодня были введены в действие самые строгие меры по смягчению последствий, то воздействия изменения климата сохранились бы еще на протяжении веков» [Роль национальных..., 2010].

В том же документе отмечено, что климатическая информация в различных временных масштабах и проекции будущего климата в региональном, национальном и местном масштабах формируют существенную базу знаний для адаптации и управления рисками бедствий. По мнению авторов наличие информации о климате и ее эффективное использование посредством преобразования информации в практические знания помогают предотвратить опасные последствия бедствий, которые могут возникнуть в результате экстремальных климатических явлений, и оказывают поддержку в разработке рациональных долгосрочных стратегий адаптации и смягчения последствий.

Из формулы (1) следует, что для оценки риска деятельности необходимо знать вероятности $P(D_s)$ – вероятности осуществления деятельности Q в опасном состоянии D_s , т.е. вероятности возникновения опасных состояний D_s природной среды в районе и месте осуществления деятельности.

Как было отмечено в [Дмитриев и др., 2012], для стационарных объектов вероятность нахождения в опасном состоянии совпадает с климатической вероятностью возникновения опасного гидрометеорологического явления в районе дислокации объекта. Тогда

$$P(D_s) = P_{\text{клим}}(D_s), \quad (2)$$

где $P_{\text{клим}}(D_s)$ – климатическая вероятность возникновения обобщенного опасного гидрометеорологического явления в районе дислокации объекта в период времени, на который рассчитывается риск. Климатические вероятности определяются как частоты возникновения явления D_s и либо приводятся в климатических справочниках, либо рассчитываются стандартным образом на основе имеющихся статистических данных.

Для мобильных объектов вероятность нахождения в опасном состоянии зависит от стратегии управления и возможности уклонения от опасного гидрометеорологического явления. При этом в случае отсутствия возможности уклонения мобильный объект может рассматриваться как стационарный.

При возможности маневра оценка риска для принятия решения о выборе стратегии и тактики деятельности зависит от наличия прогностической информации о возможности возникновения опасности и доверия или недоверия прогнозу.

В случае недоверия прогнозу величина $P(D_s)$ рассчитывается по формуле (2), в случае доверия прогнозу

$$P(D_s) = P(\tilde{D}_s / D_s), \quad (3)$$

где $P(\tilde{D}_s / D_s)$ – элемент матрицы сопряженности используемого метода прогноза [Жуковский, 1981; Murphy, Katz, 1985] или условная вероятность осуществления прогноза [Дмитриев, 2004], т.е. вероятность осуществления явления D_s при условии, что оно прогнозировалось. Величины $P(\tilde{D}_s / D_s)$ предоставляются соответствующей системой гидрометеорологического обеспечения.

Тогда очевидно, что для снижения риска деятельности от воздействия опасных и экстремальных природных явлений необходимо максимизировать достоверность определения величин $P_{\text{клим}}(D_s)$ и/или $P(\tilde{D}_s / D_s)$.

Повышение достоверности климатической информации и достоверности прогнозирования состояний природной среды может (и должно) осуществляться на

основе целого комплекса мер. При этом следует иметь в виду, что в силу объективных ограничений на возможность предсказания состояния природной среды риск не может быть сведен к нулю.

Как уже отмечалось, одним из определяющих факторов при оценке риска от воздействия опасных и экстремальных природных явлений служит прогностическая информация о состоянии природной среды, отнесенная ко времени и месту деятельности. Эта информация может быть получена как результат климатических расчетов (климатический прогноз) или как результат применения того или иного методического прогноза, причем в последнем случае предполагается, что точность (достоверность) методического прогноза выше климатического.

Заметим еще раз, что любое знание о состоянии природы, используемое при оценке риска, носит прогностический характер. Чем точнее прогноз, тем более обоснованной будет оценка риска и тем больше доверия к ней будет со стороны потребителя, что в конечном счете позволит принять адекватное решение о выборе образа действия при осуществлении своей деятельности.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ НЕПРЕДСКАЗУЕМОСТЬ СОСТОЯНИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ: ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Проблема повышения достоверности прогноза, которая должна (и может) решаться для каждого конкретного прогностического метода в условиях фиксированных пространственно-временных ограничений, индуцирует более широкую, фундаментальную проблему определения предела предсказуемости состояний природной среды.

В настоящее время достигнуто понимание того обстоятельства, что природные процессы передачи энергии и массы в атмосфере и океане имеют принципиально недетерминированный характер. Все гидрометеорологические прогнозы обладают неустранимыми погрешностями, которые в ряде важных случаев (имеются в виду прогнозы на основе уравнений Навье–Стокса и т.п.) могут иметь хаотический характер (эффект бабочки) [Ладыженская, 1970; Шустер, 1988; Галахов, Дмитриев, 1998].

Возможным направлением исследований предела предсказуемости состояний природной среды может стать отказ от рассмотрения значений гидрометеорологических величин (как правило, осредненных в том или ином смысле) в пользу рассмотрения локальных распределений этих величин как функций времени и координат и перехода к функциональным зависимостям между плотностями распределений как физическими объектами. В такой постановке задачи классические результаты гидродинамики трактуются как зависимости для моментов распределений гидрометеорологических величин.

Тогда, если обозначить через $F(t)$ функцию распределения некоторой гидрометеорологической величины (или совместную плотность совокупности величин), а через φ_t прогностический оператор, *принцип непредсказуемости* можно сформулировать следующим образом (для простоты считается, что координаты фиксированы): для любой гидрометеорологической величины (совокупности величин) и для любого момента времени t для любой заблаговременности $\tau > 0$ и для любого прогностического оператора φ_t существует число $\varepsilon_\tau > 0$ такое, что имеет место неравенство

$$\rho[\varphi_t(F(t - \tau) - F(t))] > \varepsilon_\tau > 0,$$

где ρ – та или иная мера близости функций распределений.

В детерминистской форме *принцип непредсказуемости* может быть изложен как неравенство

$$P[\varphi_t(\tilde{S}_{t-\tau}) \equiv S_t] < 1,$$

где P – вероятность, S – значение гидрометеорологической величины или совокупности величин (состояние среды) в соответствующий момент времени (тильда означает совокупность исходных данных прогностического оператора). Другими словами, точное прогнозирование для любой заблаговременности может быть только случайным результатом.

К основным факторам, ограничивающим степень предсказуемости, следует отнести атрибутивную недетерминированность прогнозируемых процессов (фактор N), принципиальную неадекватность прогностических моделей (фактор M) и практическую невозможность получения точного знания об исходных данных (фактор D).

Формально значение величины ε_τ может быть определено как

$$\varepsilon_\tau = \inf_{\varphi \in \Phi} \rho[\varphi(F(t-\tau) - F(t))],$$

где Φ – совокупность всех прогностических операторов (с учетом всех возможных исходных данных). Очевидно, что такое определение мало что дает для оценки величины предела предсказуемости и носит чисто иллюстративный характер.

Оценка роли факторов N , M , D , а тем более поиск путей минимизации их влияния относится к фундаментальным проблемам и выходит за рамки настоящего исследования.

Более конструктивный результат может быть получен, если ограничиться конкретным прогностическим методом (см. ниже).

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Согласно Климатической доктрине Российской Федерации [Климатическая доктрина, 2009, ст. 9] «ожидаемые изменения климата являются причиной угроз безопасности Российской Федерации. В этих условиях важна самостоятельность в оценках и выводах, полученных на основе полной, объективной и достоверной информации о текущих и возможных в будущем климатических изменениях, об их последствиях для Российской Федерации и других стран и о надлежащих мерах по адаптации и смягчению отрицательных последствий этих изменений».

В том же документе указано, что «необходимым условием политики в области климата являются государственная поддержка и обеспечение соответствия мировому уровню:

- фундаментальных и прикладных исследований в области климата и смежных областях науки;
- применения результатов исследований для оценки рисков и выгод, связанных с последствиями изменений климата, а также возможности адаптации к этим последствиям».

Как отмечено в многочисленных публикациях (см., например, [АСИА, 2005; МГЭИК, Метеорологические и геофизические..., 2011; Катцов, Порфирьев, 2012; Сергеев, Золотарева, 2010] и др.), воздействие климатических флуктуаций и их последствий на деятельность человека приводит к значительному социально-экономическому ущербу, непосредственно влияет на эффективность деятельности ряда отраслей экономики.

Достоверность климатической информации зависит от методов получения информации о состоянии природной среды, освещенности районов деятельности данными наблюдений, анализа межгодовой и многолетней изменчивости гидрометеорологического режима, анализа тенденций изменения климата, развития методов климатической обработки и создания систем климатического обслуживания.

В настоящее время роль климатической информации в оценках рисков приобретает особое значение в связи с наблюдающимися изменениями климата, поскольку традиционные климатические справочники теряют свою актуальность.

Кроме того, климатические нормы нельзя использовать в расчетах условных вероятностей возникновения экономического ущерба для осуществления деятельности при рисковой опасности, если эти вероятности нелинейно зависят от гидрометеорологических параметров (см., например, работу [Галахов, Дмитриев, 1996]).

Означенные положения приводят к выводу о необходимости в рамках создания комплексной системы климатического обслуживания перехода от традиционных климатических справочников к информационным системам, позволяющим выполнять климатические расчеты по первичным данным.

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ. ПРЕДЕЛЬНАЯ ДОСТОВЕРНОСТЬ МЕТОДА

Обзор научных публикаций в области оценки гидрометеорологических прогнозов дает основание сделать вывод о бурном росте интереса к проблеме оценивания прогнозов состояния природных сред начиная с середины 80-х гг. прошлого века, при этом объектом исследований выступает в большинстве случаев более широкое понятие качества прогнозов.

В объективной оценке качества прогнозирования заинтересованы (с разных позиций) административные органы, управляющие гидрометеорологической деятельностью в целом, научные работники, занимающиеся созданием и развитием прогностических методов, и конечные потребители прогностической информации различного уровня – от уровня управления государством до отдельной персоны.

К основной процедуре оценки качества прогностической информации относится верификация гидрометеорологических прогнозов, чему посвящено большое количество публикаций (см., например, работу [Jolliffe, 2012] и список цитированной литературы).

В настоящее время в оценке точности представления физических величин в методологическом аспекте получила общее признание доминирующая роль понятия «неопределенность» как определяемого в количественном отношении атрибута [Руководство..., 1999]. Очевидно, что это понятие в полной мере относится и к оценке качества гидрометеорологических прогнозов.

Интерес к проблеме верификации прогнозов во многом обусловлен пониманием высокой сложности проблемы, которую не удастся решить на уровне анализа начальных статистических моментов в предположении нормальности распределений. Современный взгляд на проблему верификации прогнозов предполагает исследование совместных распределений прогностических и фактических данных как в дискретном, так и в непрерывном случае. Кроме того, появилось четкое понимание необходимости более тщательного анализа степени достоверности прогнозов для реализации процедур принятия экономических и других решений в условиях неопределенности, что нашло отражение в концепции ориентации на конечного пользователя (концепции

«end to end» прогнозирования [Smith, 2001]), хотя аналогичные идеи высказывались и в отечественной литературе в более ранние годы.

Современный подход к оценке гидрометеорологических прогнозов предполагает создание условий для трансформации прогностической неопределенности в неопределенность погодозависимых технико-экономических показателей, что существенно для оценки риска от воздействия опасных и экстремальных природных явлений [Smith, 2001].

Примечательно, что согласно концепции «end to end» прогнозирования потребителя в первую очередь интересует неопределенность именно той прогностической информации, которая влияет на принятие конкретных оперативных решений, что в большинстве случаев означает необходимость оценки индивидуальных прогнозов (в нашем случае величин $P(\tilde{D}_s / D_s)$), в то время как традиционные отечественные подходы к оценке прогнозов ориентированы, как правило, на оценку качества прогностического метода в целом (см., например, [Наставление..., 1977, 1978, 1982]), причем в условных единицах (оправдываемость).

Для практического расчета величин $P(\tilde{D}_s / D_s)$ обычно строят так называемые матрицы сопряженности [Murphy, 1997; Хандожко 1977; Жуковский, 1981], однако такой подход носит апостериорный характер и не может дать представление о путях повышения достоверности.

В аспекте снижения риска от воздействия опасных и экстремальных природных явлений важно понимать, что прогностическая информация в принципе не может быть точной, при этом результат прогнозирования в общем случае будет содержать погрешность, дисперсию которой $\sigma_{\text{пр}}^2$ можно выразить следующим образом [Беляев, Дмитриев, 2000]:

$$\sigma_{\text{пр}}^2 = \sigma_{\text{мод}}^2 + \sigma_{\text{выч}}^2 + \sigma_{\text{исх}}^2, \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{мод}}^2$ – дисперсия погрешности, обусловленной неполной адекватностью прогностической модели реальному физическому процессу, $\sigma_{\text{выч}}^2$ – дисперсия погрешности, обусловленной особенностями вычислительных процедур, $\sigma_{\text{исх}}^2$ – дисперсия погрешности, обусловленной неточностью исходных (фактических) данных.

Формула (4) показывает, что повышение достоверности методических прогнозов может быть достигнуто за счет совершенствования прогностических моделей, повышения качества вычислительных процедур и уточнения исходных данных.

В то же время надо отдавать себе отчет в том, что для каждой прогностической модели существует предельная точность применяемого прогностического метода, оценить которую в общем случае весьма затруднительно.

Один из возможных подходов к решению этой задачи может состоять в следующем.

В работах [Дмитриев, 1997, 2000] было показано, что каждому категорическому прогнозу Z (наиболее распространенному в прогностической практике) может быть однозначно сопоставлена функция распределения ассоциированного вероятностного прогноза $F_z(x)$, плотность которой отвечает требованиям усеченности, унимодальности и обладает определенным характером асимметрии, зависящим от расположения моды.

В тех же работах показано, что перечисленным требованиям удовлетворяет плотность

$$f_w(x) = \begin{cases} \alpha \gamma_1 f_1(x) + (1 - \alpha) \gamma_2 f_2(x), & x \in [0, 1] \\ 0, & x \notin [0, 1] \end{cases},$$

где f_1, f_2 суть вероятностные плотности «распределений максимального и минимального значений» [Хастингс, Пикок, 1980], γ_1, γ_2 – коэффициенты усечения, α – коэффициент асимметрии, $0 \leq \alpha \leq 1$, x – независимая переменная.

Выражение для функции f_1 имеет вид [Хастингс, Пикок, 1980]:

$$f_1(x) = \frac{1}{b} e^{\frac{x-w}{b}} e^{-e^{\frac{x-w}{b}}},$$

где $b > 0$ – параметр формы, w – мода. Для того чтобы получить выражение для функции f_2 , достаточно поменять знаки у аргументов экспонент.

Тогда, понимая под мерой достоверности прогноза Z вероятность ошибочного прогноза

$$q_Z = 1 - \int_c^d f_w(x) dx,$$

где $[c, d]$ – прогнозируемая градация, можно, поскольку величина q_Z является функцией переменных w, α и b

$$q_Z = q_Z(w, \alpha, b),$$

определить предельную достоверность (точность) δ_Z рассматриваемого метода Z как

$$\delta_Z = \min_{w, \alpha, b} q_Z(w, \alpha, b),$$

полагая зафиксированными погрешности, обусловленные особенностями вычислительных процедур, и погрешности, обусловленные неточностью исходных (фактических) данных.

Очевидно, что наиболее точное значение вероятностей $P(\tilde{D}_s / D_s)$ при прогнозировании явления D_s методом Z (предельная точность метода) будет $1 - \delta_Z$.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ РИСКА

В основе количественного анализа последствий и рисков для различных видов морской деятельности от воздействия опасных и экстремальных природных явлений морской Арктики лежит понятие функции влияния, или функции связи [Беляев, 1986], которая в общем виде выглядит как

$$V = F(Q, E), \quad (5)$$

где V – показатель деятельности, Q – совокупность гидрометеорологических факторов, E – прочие параметры.

Выражение (5) описывает зависимость результативности рассматриваемой деятельности от гидрометеорологических факторов, при этом показатель деятельности V может отражать ту или иную количественную характеристику деятельности в естественных измеряемых величинах (объем перевезенных грузов, скорость движения судна, срок эксплуатации сооружения, объем добычи ресурсов и т.п.) или характеризовать обобщенные признаки деятельности (эффективность, стоимость и др.).

При оценке рисков для различных видов морской деятельности от воздействия опасных и экстремальных природных явлений показателем деятельности V становится $P(L/D_s)$ – условная вероятность возникновения экономического ущерба L для осуществления деятельности Q при рисковом опасностях D_s :

$$P(L/D_s) = F(D_s, E). \quad (6)$$

В общем случае зависимость F представляет собой сложную случайную функцию многих переменных или случайный функционал (если результативность деятельности зависит не только от конкретных значений гидрометеорологических параметров, но от процессов в целом, что может иметь место для оценок результативности отраслей экономики), поскольку величина V определяется способом управления деятельностью, техническими характеристиками эксплуатируемых объектов, случайным распределением гидрометеорологических факторов и, что вносит дополнительные трудности, способом использования гидрометеорологической информации при управлении деятельностью, равно как и характером самой гидрометеорологической информации.

Простым примером выражения (6) может служить зависимость, основанная на критических значениях в предположении, что при достижении гидрометеорологическими параметрами некоторых пороговых значений всегда возникает заданный ущерб L :

$$P(L / D_s) = \begin{cases} 0, & D_s \notin \Omega \\ 1, & D_s \in \Omega \end{cases},$$

где Ω – область критических (для данной деятельности) значений гидрометеорологических параметров. Столь сильное упрощение зачастую носит абстрактный характер, хотя и во многом облегчает расчеты рисков. По-видимому, в реальных условиях вероятность получения ущерба при воздействии опасных и экстремальных природных явлений имеет более сглаженный вид (см., например, [Беляев, 1986]), однако детерминация близких к реальным функций влияния требует специальных исследований.

Для построения функций влияния необходимо располагать обширным запасом фактических данных о результативности того или иного вида деятельности в сочетании с сопоставимой по времени и пространству информацией о состоянии окружающей среды в процессе осуществления деятельности с учетом сведений о гидрометеорологическом обеспечении и способах использования гидрометеорологической информации.

В настоящее время системы сбора означенных данных не существует, что влечет за собой весьма приблизительные представления о последствиях и рисках для различных видов морской деятельности при изменении в природной среде морской Арктики, в основном на качественном уровне.

Более подробно проблема количественного учета влияния гидрометеорологических факторов на деятельность описана в работах [Основы теории..., 2003; Жуковский, 1981].

Примером учета влияния опасных природных явлений и стихийных бедствий на экономику может служить публикация [Улучшение..., 2009].

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ. СТРАХОВАНИЕ РИСКОВ

Как отмечено в [Информационное..., 2009], страхование является общепризнанным в мировой практике инструментом возмещения ущерба, связанных с негативными проявлениями погодных явлений. Поэтому можно считать, что страхование косвенным образом способствует снижению рисков от воздействия опасных и экстремальных природных явлений, поскольку оказывает влияние на величину вероятностей возникновения экономического ущерба для осуществления деятельности в условиях рискованности (путем компенсации и/или благодаря более гибкому управлению деятельностью с учетом баланса размеров страховых взносов и выплат).

В настоящее время гидрометеорологическое обеспечение страховых организаций ограничивается только процедурой подтверждения страховых случаев, связанных с погодными факторами риска (см., например, [Правила..., 2012]). По мнению авторов работы [Информационное..., 2009], такое положение связано в основном с неразвитостью страхового рынка (страховщики не используют гидрометеорологическую информацию для более обоснованного управления рисками, связанными с погодным фактором).

С другой стороны, в той же работе указано, что проблемные вопросы информационного обеспечения видов страхования, связанных с погодными рисками, включают отсутствие согласованных критериев неблагоприятных и опасных явлений погоды, приводящих к возникновению страховых случаев, отсутствие у страховых компаний перечня опасных метеорологических явлений с их характеристиками и критериями, соответствующими региональным перечням опасных природных явлений, отсутствие специализированных баз данных для нужд страхования и т.п.

Так, инструкция Росгидромета «Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения» [Критерии..., 2002] далеко не в полной мере исчерпывает опасные ситуации для морской деятельности в Арктике (ср. с [Миронов, 2010]).

Наконец, существенное влияние на страхование оказывает изменение климата, так как появляются новые страховые риски. Поскольку наблюдается рост интенсивности экстремальных погодных явлений, то возрастает и риск нанесения ущерба [Сергеев, Золотарева, 2010].

Перечисленные обстоятельства свидетельствуют о необходимости развития методических основ для оценки погодных и климатических рисков, в частности повышения достоверности (и более широко – качества, в т.ч. и номенклатуры) гидрометеорологической информации.

ВЫВОДЫ

Применение теории рисков, широко используемой в страховом деле, финансовых операциях, военном деле, в решении задач обеспечения продовольственной безопасности и сохранения здоровья на опасных видах производства, в науках об окружающей среде и практических мероприятиях по охране природы можно отнести к стратегическому направлению развития гидрометеорологии и экологии.

Для снижения риска от воздействия опасных и экстремальных природных явлений необходимыми условиями являются увеличение знаний о состоянии природной среды, повышение достоверности прогнозирования природных условий и учет влияния природных явлений на безопасность (и/или эффективность) деятельности.

Любое знание о состоянии природы, используемое при оценке риска, носит прогностический характер. Чем точнее прогноз, тем более обоснованной будет оценка риска и тем больше доверия к ней будет со стороны потребителя, что в конечном счете позволит принять адекватное решение о выборе образа действия при осуществлении своей деятельности. Однако любой прогноз обладает неустранимой неопределенностью, которую необходимо оценивать и учитывать при принятии решений. Для конкретных прогностических методов может быть выполнена практическая оценка предельной предсказуемости состояния природы.

Роль климатической информации в оценках рисков приобретает особое значение в связи с наблюдающимися изменениями климата. Традиционные справочники в этой ситуации теряют свою актуальность. Альтернативой могут быть вероятностные

модели гидрометеорологических процессов и полей. Возникает необходимость перехода от традиционных климатических справочников к информационным системам, позволяющим выполнять климатические расчеты по первичным данным.

Открытым вопросом остается разработка аппарата функций влияния гидрометеорологических факторов на показатели деятельности. Функции влияния необходимы для оценок вероятностей возникновения экономического (экологического) ущерба вследствие воздействия окружающей среды.

Понимание важности проблемы оценки антропогенного воздействия на окружающую среду вкупе с осознанием конечности природных ресурсов и прогресс в области теории риска привели к развитию теории и практики оценки природного (*environmental*) и, в частности, экологического риска. Основная область применения новых идей – сфера политических и практических решений, связанных с управлением природными ресурсами (природопользованием).

К важным компонентам экологических рисков относятся гидрометеорологические факторы, поскольку они могут усиливать/ослаблять эффект антропогенного воздействия (см., например, относительно благополучный исход инцидента в британском секторе Северного моря на нефте- и газодобывающей платформе компании «Тоталь», который привел к утечке природного газа в 2012 г.), а в ряде случаев могут быть источником возникновения экологических опасностей (ярчайшим примером может служить катастрофа на атомной станции Фукусима как следствие цунами).

Изложенные результаты получены в рамках контракта №14.515.11.0001 от 14 марта 2013 г. между ГНЦ РФ ААНИИ и Минобрнауки России на основе результатов работ по контракту № 16.420.12.0002 от 10 мая 2011 г. в приложении к проблеме оценивания экологических рисков деятельности в морской Арктике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беляев Б.Н. Прикладные океанологические исследования. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 144 с.
- Беляев Б.Н., Дмитриев В.Г. К проблеме оценки точности гидродинамических прогностических моделей // Навигация и гидрография. 2000. № 10. С. 119–126.
- Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Физматгиз, 1962. 564 с.
- Галахов В.Л., Дмитриев В.Г. К вопросу о достоверности гидролого-акустических пособий // Записки по гидрографии. 1996. № 238. С. 53–60.
- Галахов В.Л., Дмитриев В.Г. Методологические аспекты исследований в области гидрометеорологического обеспечения ВМФ // Навигация и гидрография. 1998. № 7. С. 109–116.
- ГОСТ Р. 51897–2011. Руководство. ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2012. 12 с.
- Дмитриев В.Г. Вероятностная интерпретация прогноза дат достижения морским льдом толщины 20–25 см в арктических морях // Метеорология и гидрология. 2004. № 9. С. 45–56.
- Дмитриев В.Г. О возможности представления категорических прогнозов в вероятностной форме // Метеорология и гидрология. 2000. № 11. С. 31–38.
- Дмитриев В.Г. Плотность распределения погрешностей прогноза непрерывных гидрометеорологических величин // Метеорология и гидрология. 1997. № 6. С. 33–42.
- Дмитриев В.Г., Ковалевский Д.В., Алексеев Г.В., Бобылев Л.П. К оценке рисков, обусловленных неблагоприятными гидрометеорологическими явлениями и климатическими аномалиями в Арктике // Проблемы Арктики и Антарктики. 2012. № 4 (94). С. 52–62.

Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. Л.: Гидрометеопиздат, 1981. 304 с.

Информационное гидрометеорологическое обеспечение видов страхования, связанных с погодными рисками. М.: АНО «Метеоагентство Росгидромета», 2009. 31 с.

Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. 2012. № 2. С. 66–79.

Климатическая доктрина Российской Федерации (утв. распоряжением Президента РФ от 17 декабря 2009 г. № 861-рп).

Королев В.Ю., Бенинг В.Е., Шоргин С.Я. Математические основы теории риска. М.: Физматлит, 2011. 620 с.

Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения. РД 52.04.563-2002. М., 2002. 14 с.

Ладыженская О.А. Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости. М.: Наука, 1970. 288 с.

МГЭИК. Изменение климата, 2007. Обобщающий доклад. Вклад I, II и III рабочих групп в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Пачаури Р.К., Райзингер А. и основная группа авторов. 2008. МГЭИК, Женева, Швейцария. 104 с.

Метеорологические и геофизические исследования // Вклад России в Международный полярный год 2007/08 / Под ред. Г.В.Алексеева. М.: Paulsen, 2011. 350 с.

Миронов Е.У. Опасные ледовые явления для судоходства в Арктике. СПб.: ААНИИ, 2010. 320 с.

Наставление по службе прогнозов. Раздел 1. Служба метеорологических прогнозов. Ч. III, IV, V. М.: Гидрометеопиздат, 1977. 48 с.

Наставление по службе прогнозов. Раздел 2. Служба метеорологических прогнозов. Ч. III, IV, V. М.: Гидрометеопиздат, 1978. 54 с.

Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Служба метеорологических прогнозов. Ч. III. М.: Гидрометеопиздат, 1982. 144 с.

Новоселов А.А. Математическое моделирование финансовых рисков. Теория измерения. Новосибирск: Наука, 2001. 99 с.

Основы теории навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения Военно-морского флота. Ч. 1. СПб.: ГУНиО МО, 2003. 159 с.

Правила страхования имущественных рисков ОАО «АльфаСтрахование». URL: http://www.alfastrah.ru/upload/docs/pravila_ifl_block_.pdf [дата обращения 23.05.2013].

Роль национальных метеорологических и гидрологических служб в обеспечении всестороннего учета климатического обслуживания в управлении климатическими рисками. Позиционный документ ВМО в поддержку национальных метеорологических и гидрологических служб для Шестнадцатой конференции сторон (КС16) РКИК ООН (Канкун, Мексика, 29 ноября – 10 декабря 2010 г.). URL: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/cop16/documents/WMO_position_COP16_ru.pdf. [дата обращения 2.03.2013]

Руководство по выражению неопределенности измерения. СПб.: ВНИИМ им. Д.И.Менделеева, 1999. 128 с.

Сергеев А.А., Золотарева Н.И. Взаимосвязь климатических изменений и страховых рисков // Экономика и экологический менеджмент. ЭНЖ. 2010. № 2. С. 154–160.

Скорыходов Д.А., Борисова Л.Ф., Борисов З.Д. Нормирование показателей безопасности мореплавания и рисков потерь // Вестник МГТУ. 2010. Т. 13. Вып. 4. С. 868–876.

Улучшение гидрометеорологического обеспечения в республике Таджикистан // Всемирный банк. 2009. 113 с.

Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ Собрание законодательства Российской Федерации. 2002. Вып. 52. Ст. 5140.

Хандошко Л.А. Оценка успешности метеорологических прогнозов. Л.: ЛПИ, 1977. 68 с.

Хастингс Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям. М.: Статистика, 1980. 95 с.

Шустер Г. Детерминированный хаос. М.: Мир, 1988. 240 с.

ACIA. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 1042 p.

Beninson D., Lindell B. Critical views on the application of some methods for evaluating accident probabilities and consequences // IAEA-CN-39/4. Stockholm; Sweden, 1980. P. 325–341.

Cornaro A. et al. (IMP)3 Policy Options. D 5.2 Final Report // Improving the Implementation of Environmental Impact Assessment. Sixth Framework Programme. 2006. 145 p. URL: http://ec.europa.eu/environment/eia/eia-studies-and-reports/D5_2-IMP3-FinalReport.pdf. [дата обращения 2.03.2013]

IEC/FDIS 31010 Risk management – Risk assessment techniques. International Electrotechnical Commission, 2009. 92 p.

ISO IEC 31010:2009. Risk management – Risk assessment techniques. International Organization for Standardization (ISO), 2010. 176 p.

Jolliffe I.T., Stephenson D. Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science. Second Edition. John Wiley & Sons, 2012. 292 p.

Lexer W. et al. (IMP)3 Risk Assessment. D 3.2 Report WP 3 // Improving the Implementation of Environmental Impact Assessment. Sixth Framework Programme. 2006. 245 p. URL: http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/UVF_SUP_EMAS/IMP/IMP3-Risk_Assessment.pdf. [дата обращения 2.03.2013].

Murphy A.H., Katz R.W. Probability, statistics, and decision making in the atmospheric sciences. Boulder, CO: Westview Press, 1985. 547 p.

Murphy A.H. Forecast verification // Economic Value of Weather and Climate Forecasts. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. P. 19–74.

Smith L.A., Roulston M.S., Hardener J. End-to-end forecasting: Towards evaluating the economic value of the Ensemble Prediction System. ECMWF Technical Memorandum, 2001. № 336. 29 p.

V.G.DMITRIEV

ON THE QUESTION OF REDUCING THE RISK OF EXPOSURE TO HAZARDOUS AND EXTREME NATURAL PHENOMENA FOR VARIOUS ACTIVITIES IN THE MARINE ARCTIC

The article discusses a theoretical point of some of the issues to reduce the risk of exposure to hazardous and extreme natural phenomena for various activities in the aspect of meteorological support activities. Shown to reduce the risk of the necessary conditions are to increase knowledge about the environment, improving the reliability of prediction of natural conditions and taking into account the impact of natural phenomena on security (and / or efficiency) activities. Attention is paid to the fundamental problem of the predictability of natural conditions and limit the accuracy of forecasts. An approach to the evaluation of the limit of accuracy for a certain type of projection. In the article the problems of rational use of hydrometeorological information as a factor in reducing the risk of the examples of the concept of influence functions and hydrometeorological risk insurance.

Keywords: risk, environmental service, forecast reliability, natural conditions predictability, forecasts maximum accuracy, functions of influence.