



# Методы экономической оценки климатических рисков и адаптационных мер к условиям нестабильного климата

Е.М. Акентьева, Н.В. Кобышева

*Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова,  
Климатический центр Росгидромета, Санкт-Петербург*

*eakentyeva@mail.ru*

# Глобальная рамочная основа для климатического обслуживания

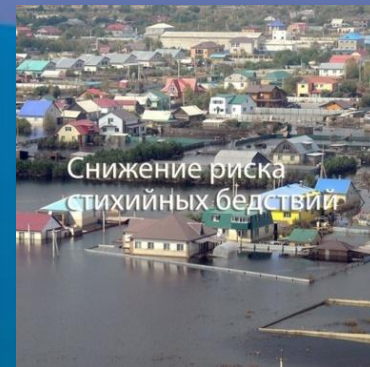
ГЛАВНАЯ  
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ  
им. А.И.ВОЕЙКОВА



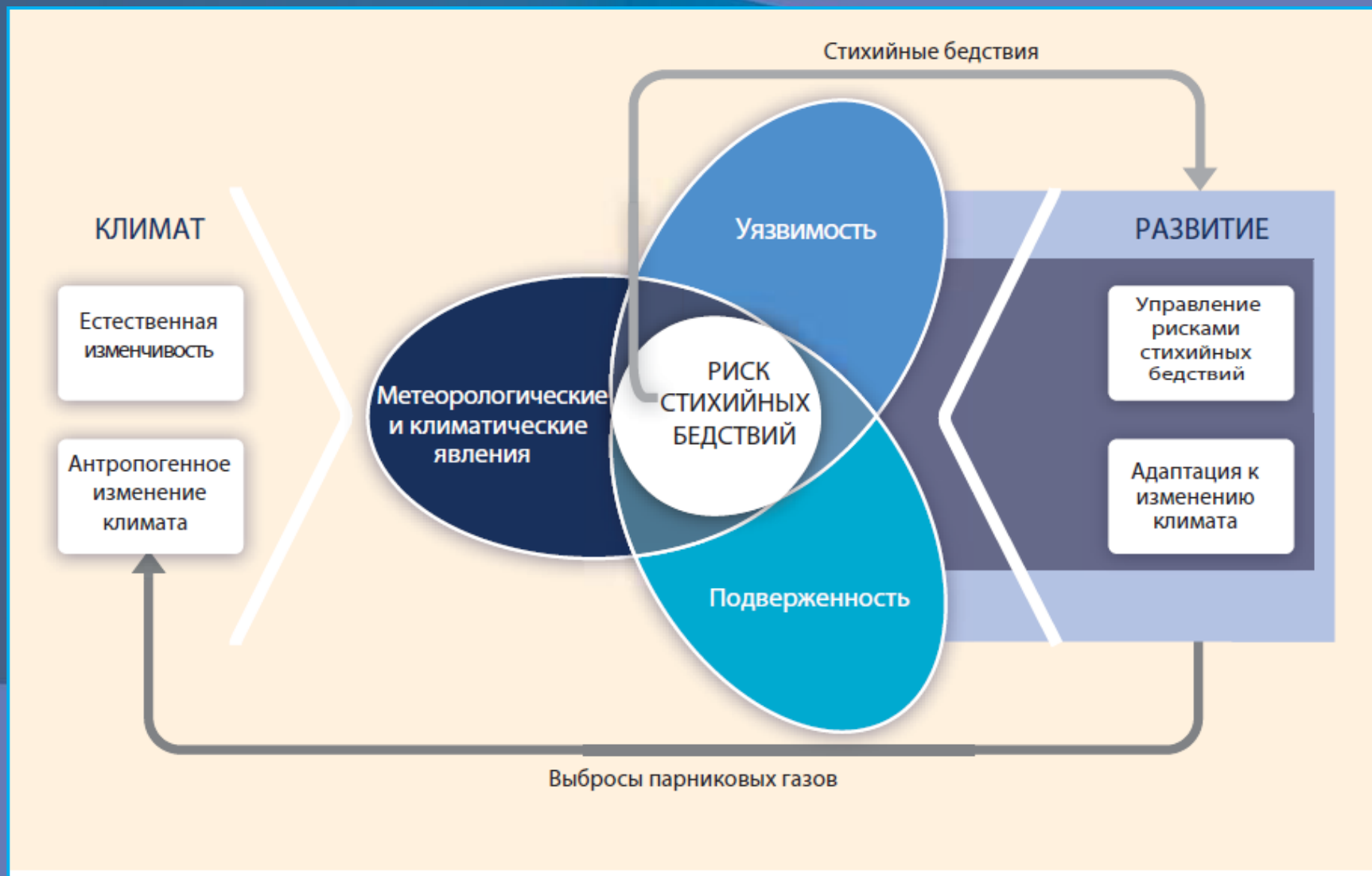
## Приоритеты климатического обслуживания

В состав ГРОКО входят системы гидрометеорологических наблюдений и моделирования климата, информационная климатическая система и, как основная компонента, система обеспечения климатической информацией о меняющемся климате потребителей в секторах экономики и социальной сферы.

Важными составляющими информационной климатической системы являются интегрируемые в нее экономические методы. В частности они включают экономическую оценку климатического риска, количественно характеризующую последствия изменения и изменчивости климата и служащую отправным пунктом для риск-менеджмента бедствий и адаптации человеческой деятельности к современному и будущему климату.



# Структура погодно-климатического риска (SREX, 2012)



## Климатический риск может быть определен по формуле:

ГЛАВНАЯ  
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ  
им. А.И.ВОЕЙКОВА



$$R=p*Y$$

где  $p$  — вероятность природного явления;  $p = n / N$ ,

$Y$  — уязвимость некоторого объекта, подвергающегося воздействию ОЯ

Риск нанесения социального ущерба рассматриваемой территории:

$$P_{\text{соц}} = p \cdot \frac{s}{S} \cdot t \cdot m \cdot K$$

где  $t$  — средняя продолжительность опасных явлений (ОЯ) или неблагоприятных условий погоды (НУП),

$m$  — численность населения

$s$  - средняя площадь охвата ОЯ,  $S$  — площадь территории

$K$  — коэффициент агрессивности.

Социальный риск или вероятность поражения конкретного (точечного) реципиента:

$$P_{\text{соц}} = p \cdot \frac{s_i}{S} \cdot \frac{s}{S} \cdot t \cdot m \cdot K$$

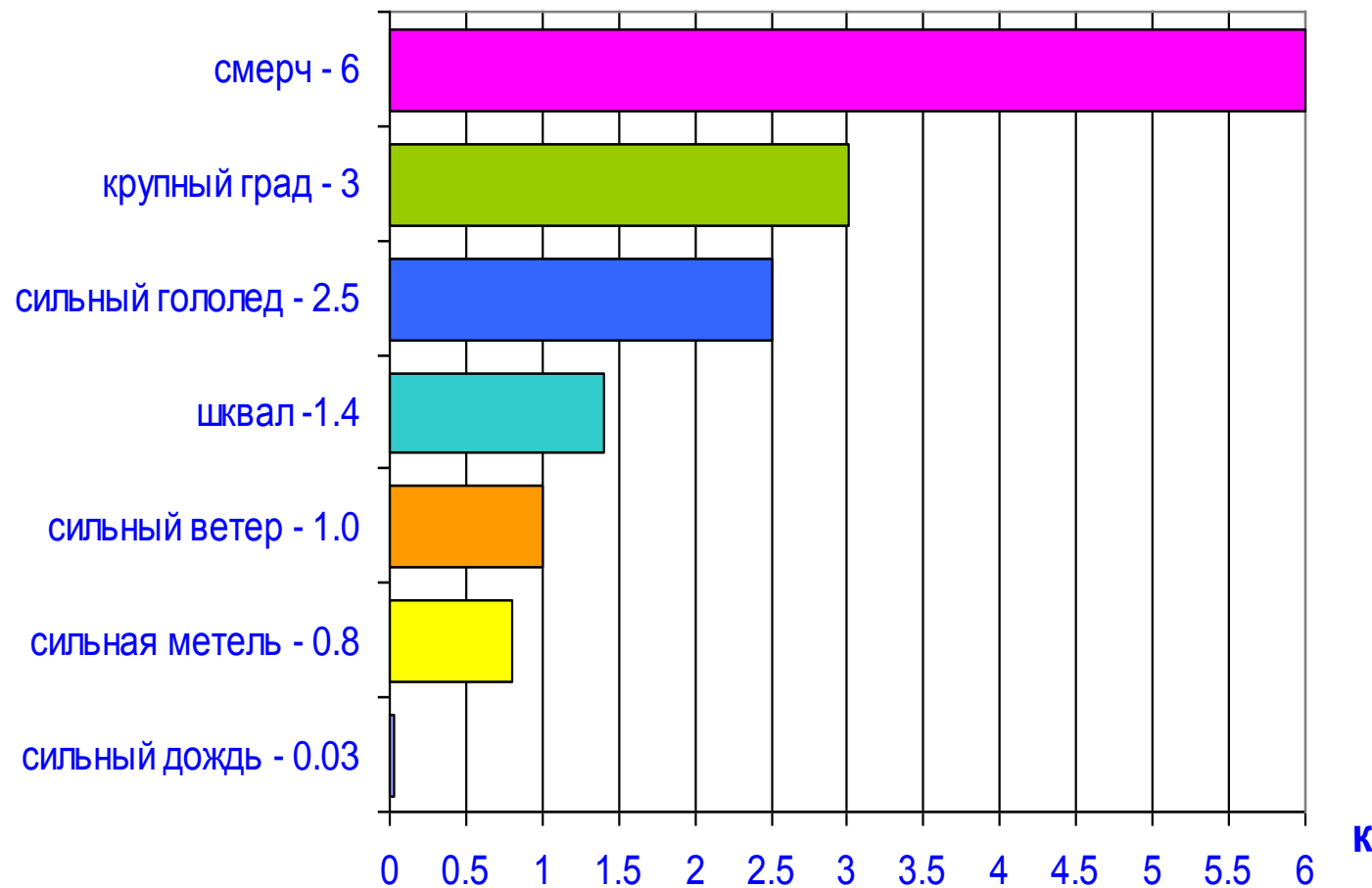
где  $s_i$  — площадь реципиента, км<sup>2</sup>.

# Средняя продолжительность и площадь охвата территории опасными явлениями



Вид ОЯ	Продолжительность, ч.	Площадь, кв. км
Сильный ветер	4,8	8500
Сильный дождь	9,7	25500
Сильный снег	11,8	36800
Смерч	0,14	1.6
Сильные гололедно-изморозевые отложения	90	1600
Крупный град	0,05	15
Сильный туман	13,5	-
Сильная метель	19,7	13000
Шквал	0,1	2400
Сильный ливень	1	20

# Коэффициент агрессивности опасных явлений







## Количественная оценка экономического риска

$$R_{\text{эк}} = A \cdot p \cdot (s/S) \cdot t \cdot m \cdot k,$$

*R<sub>эк</sub>* – экономический риск

A – цена риска, руб. (доля ВРП на одного человека)

p – вероятность опасного или неблагоприятного явления

t – средняя продолжительность опасных явлений (ОЯ) или неблагоприятных условий погоды (НУП),

m – численность населения

s - средняя площадь охвата ОЯ, S – площадь территории

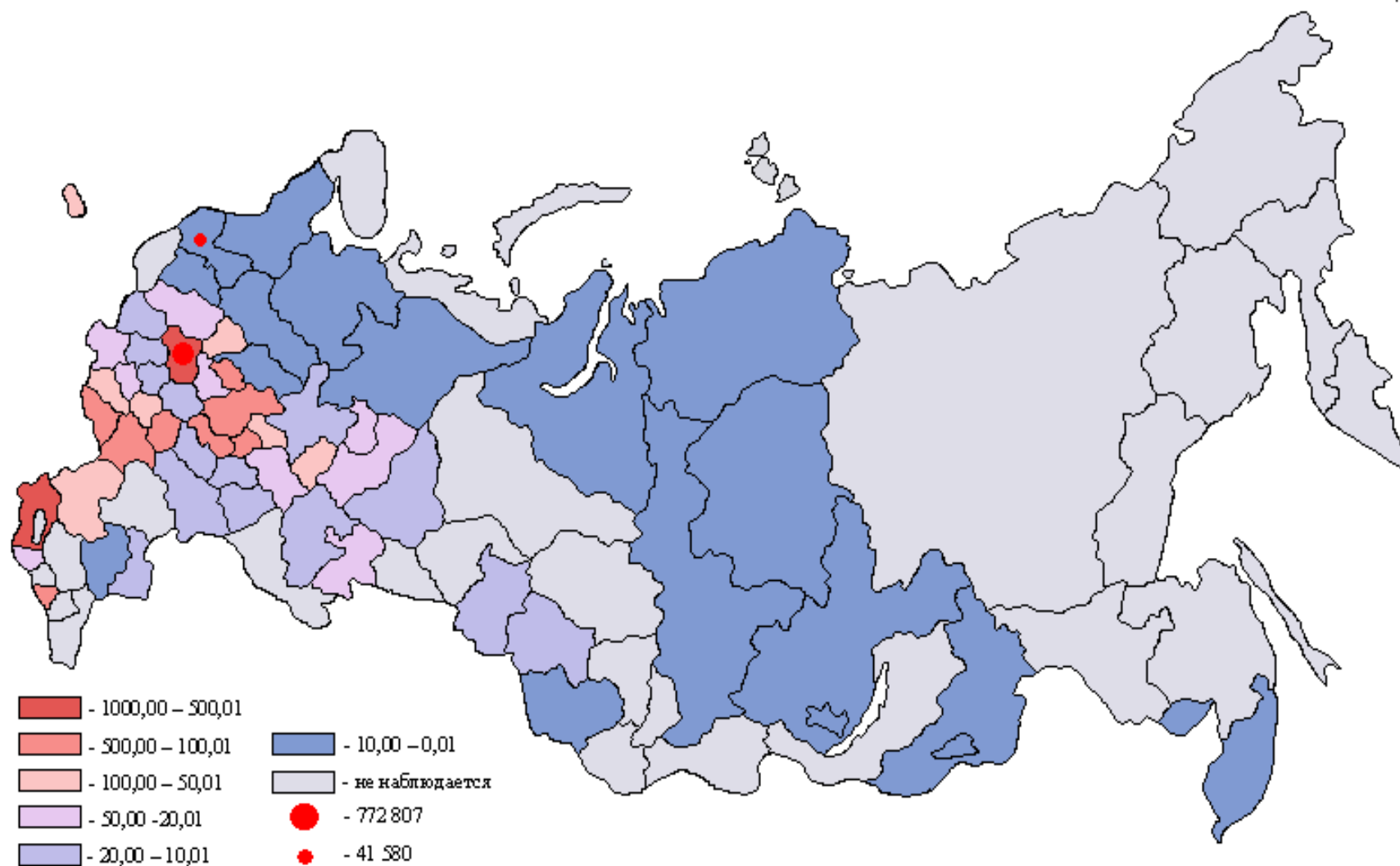
*Для отдельного объекта*

$$R_{\text{объекта}} = p \cdot (s_i/S) \cdot (s/S) \cdot t \cdot m \cdot k$$

*s<sub>i</sub>* – площадь реципиента

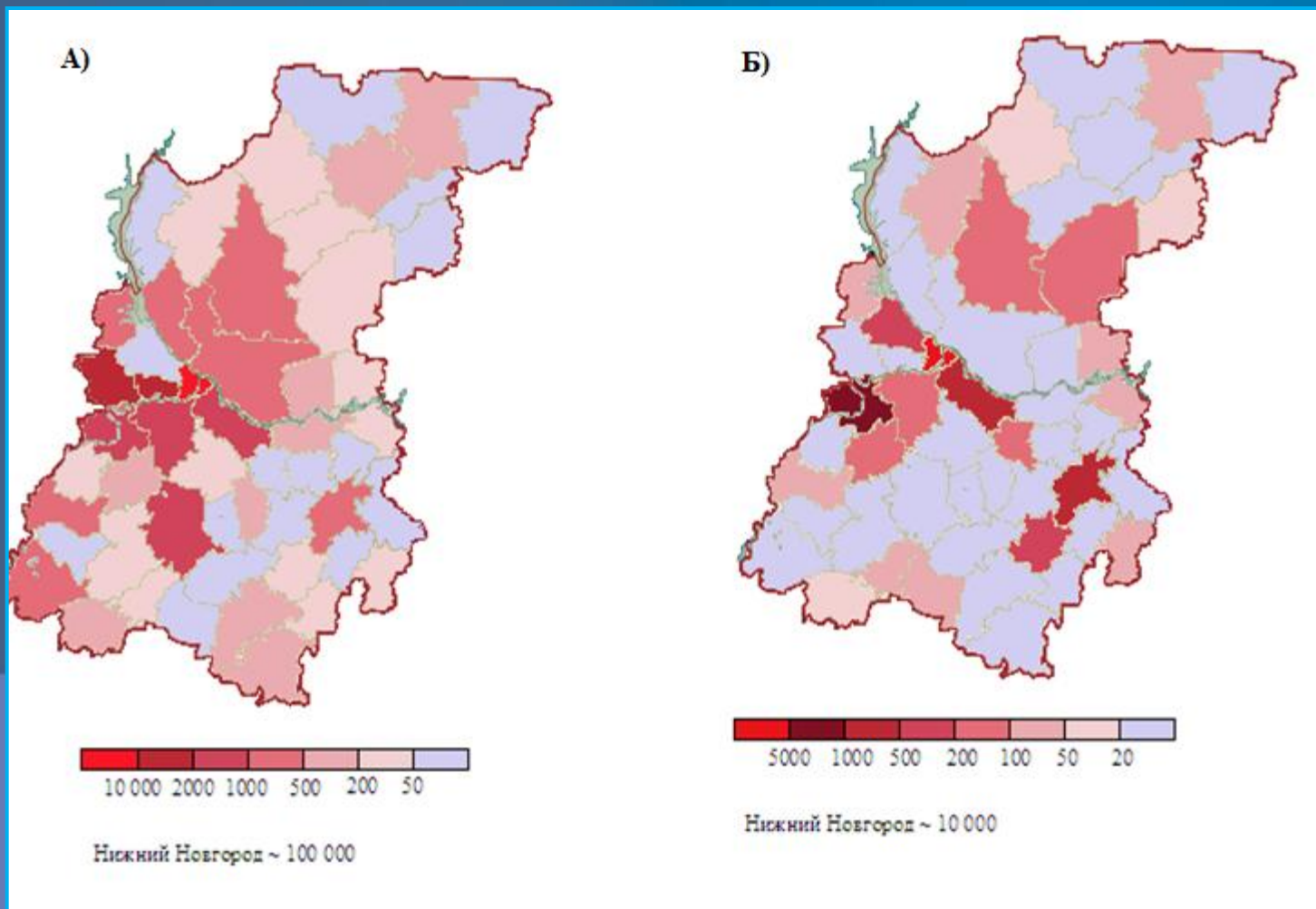
# Экономический риск от смерчей (тыс.руб. на 1тыс.кв.км)

ГЛАВНАЯ  
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ  
им. А.И.ВОЕЙКОВА





# Экономический риск (тыс. руб. на 100 кв. км), создаваемый очень сильным дождем (а) и снегопадом (б), в районах Нижегородской области





Область, республика, край	Экономический риск от очень сильного ветра (руб.)
Московская	1 905 183 234
Краснодарский край	1 417 351 634
Башкортостан	600 411 211
Ленинградская	454 166 888
Нижегородская	196 221 204
Татарстан	154 898 059
Пермский край	151 148 823
Калининградская	131 190 682
Тульская	86 583 254
Самарская	84 703 006
Волгоградская	70 615 944
Карелия	50 020 331
Курская	46 040 600
Брянская	35 540 783
Смоленская	32 002 119
Новгородская	19 392 381
Кабардино-Балкария	14 631 856
Псковская	12 018 492
Владимирская	10 153 569
Астраханская	4 661 720

Экономический риск  
от очень сильного  
ветра на ЕТР

# Вероятностная оценка риска от ОЯ и НГЯ

[Di Mauro, 2014, Департамент ООН по уменьшению опасности стихийных бедствий]

ГЛАВНАЯ  
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ  
им. А.И.ВОЕЙКОВА



$$p(a) = \sum N_i = 1, \quad P(A > a | e_i) \cdot f(e_i),$$

где  $p(a)$  – вероятность превышения интенсивности  $a$ ,

$P$  – вероятность превышения интенсивности  $a$  при данной обеспеченности явления  $e_i$ ,

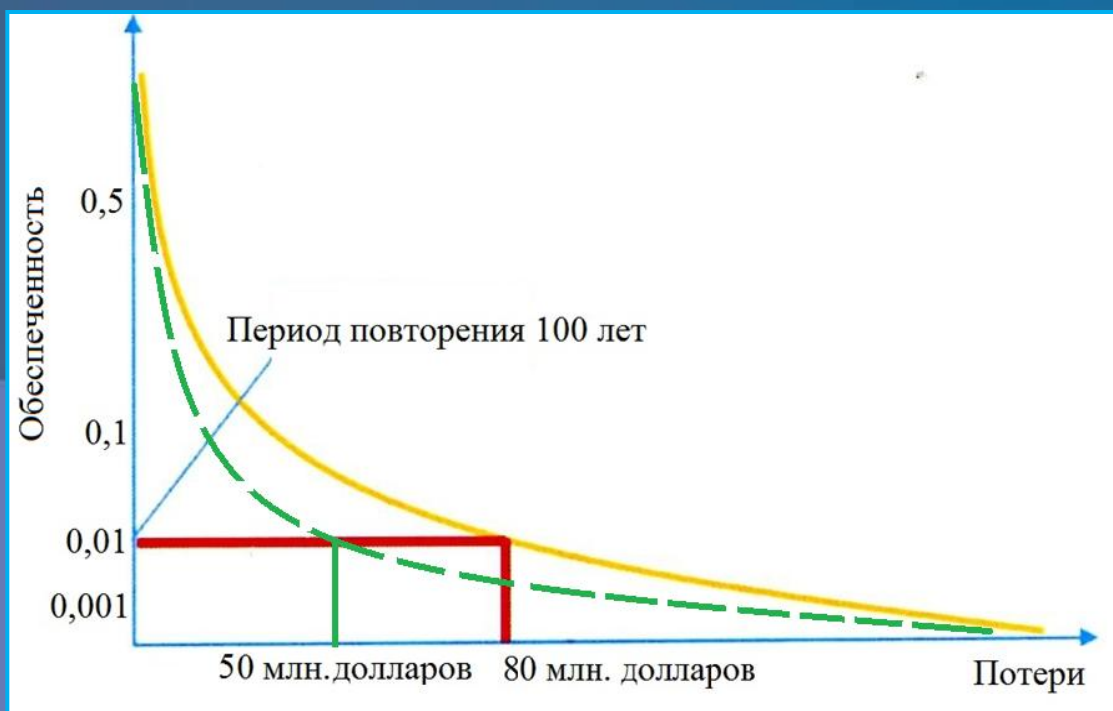
$f(e_i)$  – ежегодная повторяемость явления  $e_i$ ,  $N$  – общее число явлений  $e$ .

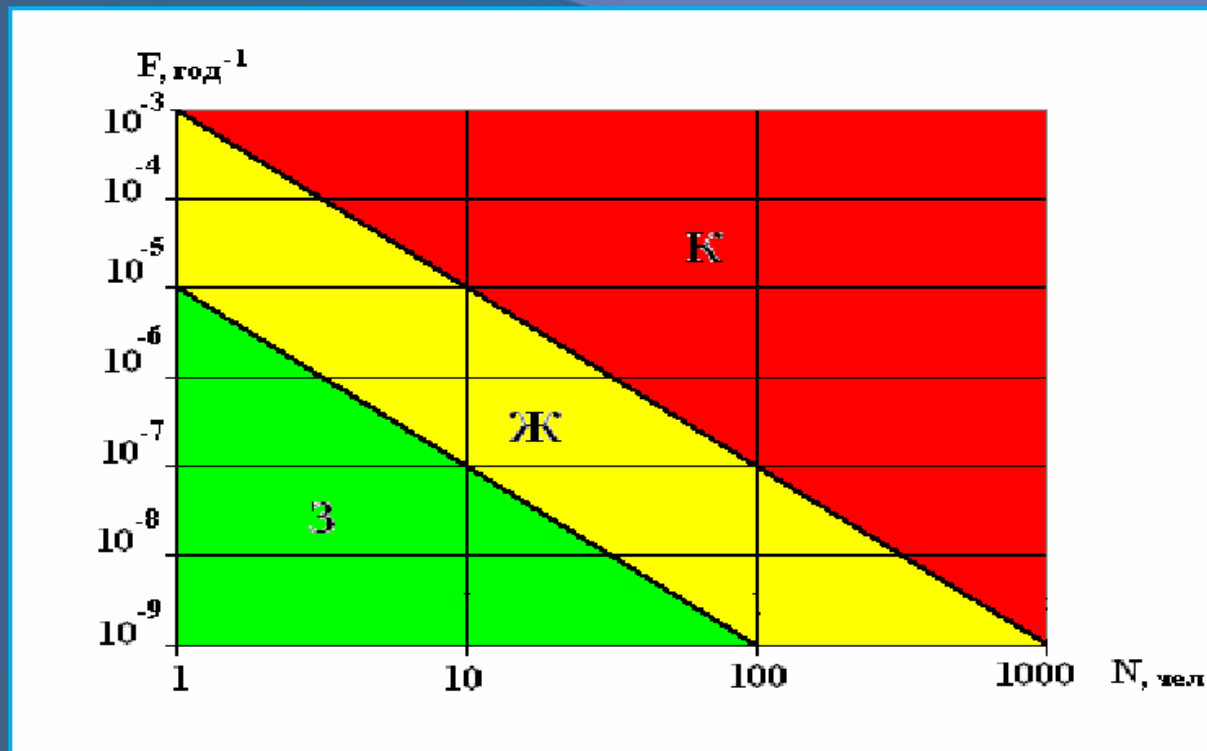
$$r(x) = \sum N_i = 1, \quad R(X > x | e_i) \cdot f(e_i)$$

где  $r(x)$  – вероятность превышения потерь  $x$ ,

$R$  – вероятность превышения потерь  $x$  данной обеспеченности от явления  $e_i$

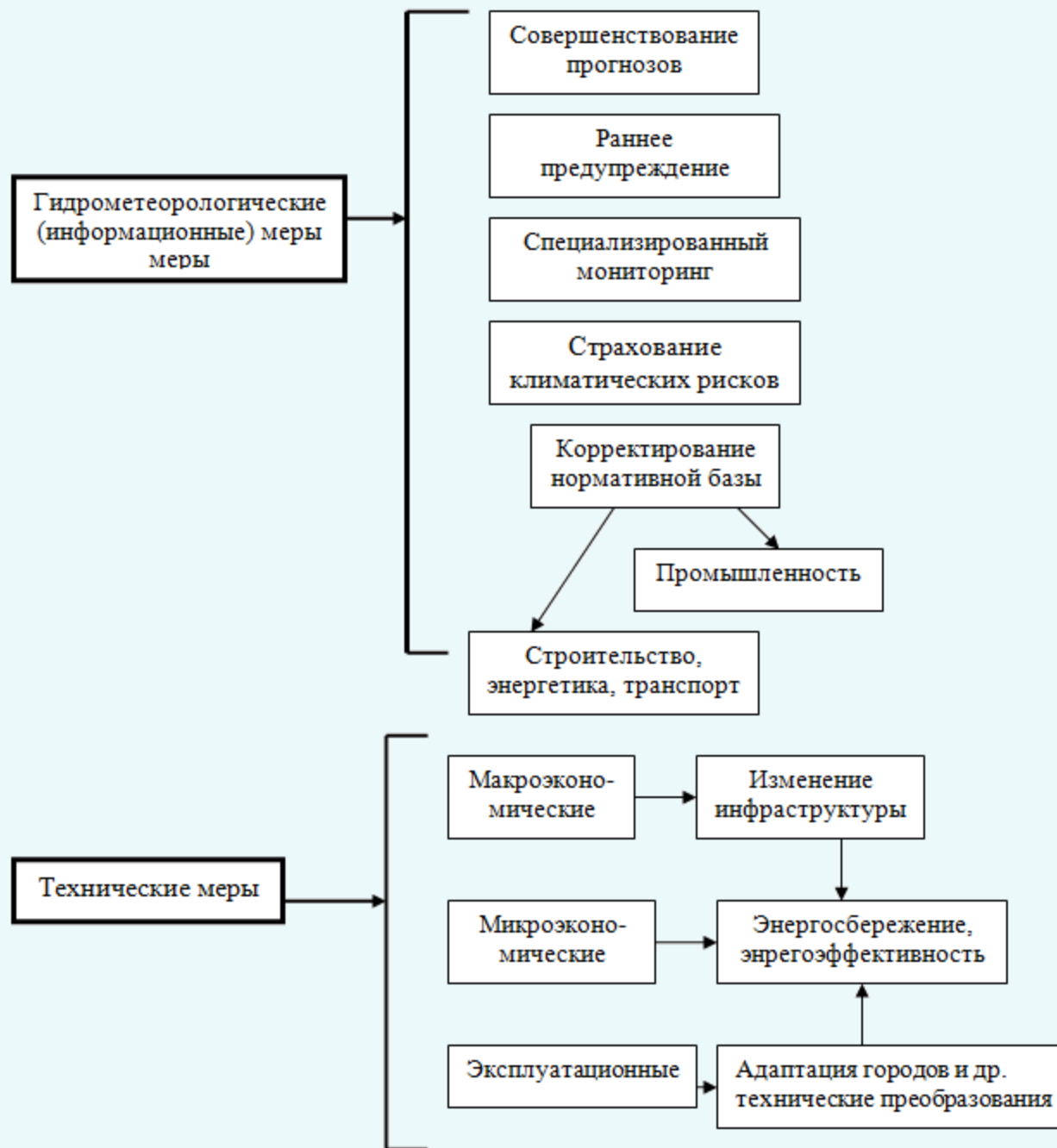
$f(e_i)$  – ежегодная повторяемость явления  $e_i$ ,  $N$  – общее число явлений  $e$ .





F- частота аварий; N – число погибших в аварии; K – область чрезмерных рисков; Ж - область приемлемых рисков; З - область пренебрежимых рисков

В России допустимый уровень риска  $10^{-4} - 10^{-7}$



## Классификация адаптационных мероприятий



# Климатические нормы устарели....



Нестационарность климата не учитывается в современных СНиП. Необходимо обновление действующих климатических нормативов с привлечением современных данных и выходом на региональный уровень с учетом мезо- и микроклиматической изменчивости.

Распоряжением Правительства РФ от 21.06 2010 г. № 1047-р установлен перечень национальных стандартов, обеспечивающих соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений". В данный перечень включены следующие главы СНиП, содержащие климатологическую информацию:

*СНиП III - 42 - 80\* "Магистральные трубопроводы";*

*СНиП 2.05.06 - 85\* "Магистральные трубопроводы";*

*СНиП 2.06.04 - 82\* "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)";*

*СНиП 2.01.07 - 85\* "Нагрузки и воздействия. Общие положения";*

*СНиП 2.10.02 - 84 "Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции";*

*СНиП 2.04.03 - 85 "Канализация. Наружные сети и сооружения»;*

*СНиП 2.05.02 - 85\* "Автомобильные дороги";*

*СНиП 3.06.03 - 85 "Автомобильные дороги";*

*СНиП 2.07.01 - 89\* "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений";*

*СНиП 11 - 02 - 96 "Инженерные изыскания для строительства";*

*СНиП 23 - 01 - 99\* "Строительная климатология";*

*СНиП 33 - 01 - 2003 "Гидротехнические сооружения. Общие положения";*

*СНиП 41 - 01 - 2003 "Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха".*

Все указанные СНиП следует переработать, обновив и уточнив большую часть входящей в них информации, т.к. изменились требования пользователей, постоянно совершенствуются технические системы и технологии использования климатической информации и происходит изменение климата.

*В США при соблюдении обновленных строительных норм, средний населенный пункт (50 000 человек), который испытывает сильный ветер с градом, может снизить потери на сумму **от \$ 4 до \$ 8 млн.***

*В целом соблюдение обновленных строительных норм может уменьшить ущерб **на 12-28%.***

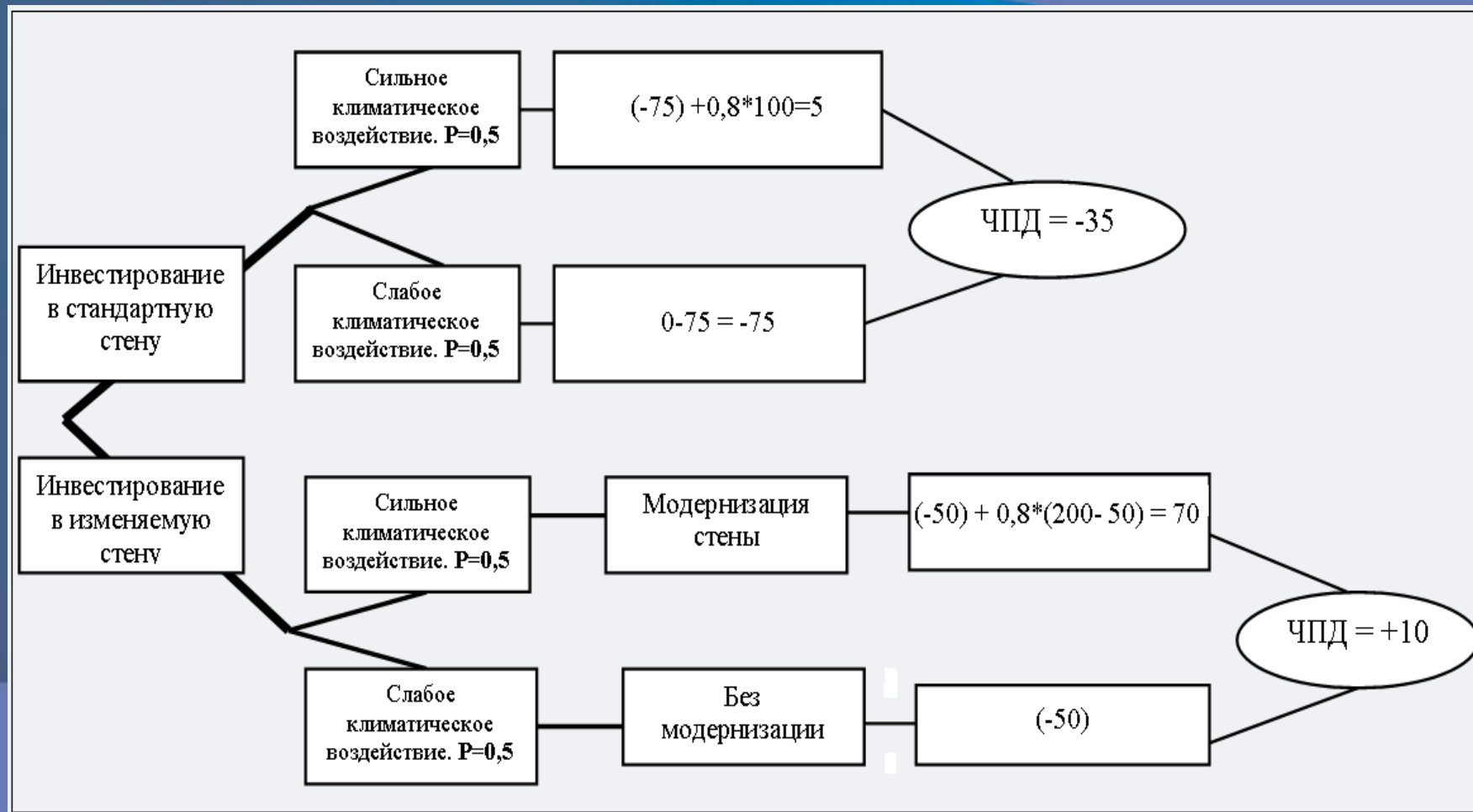




## Методы экономической оценки адаптационных мер

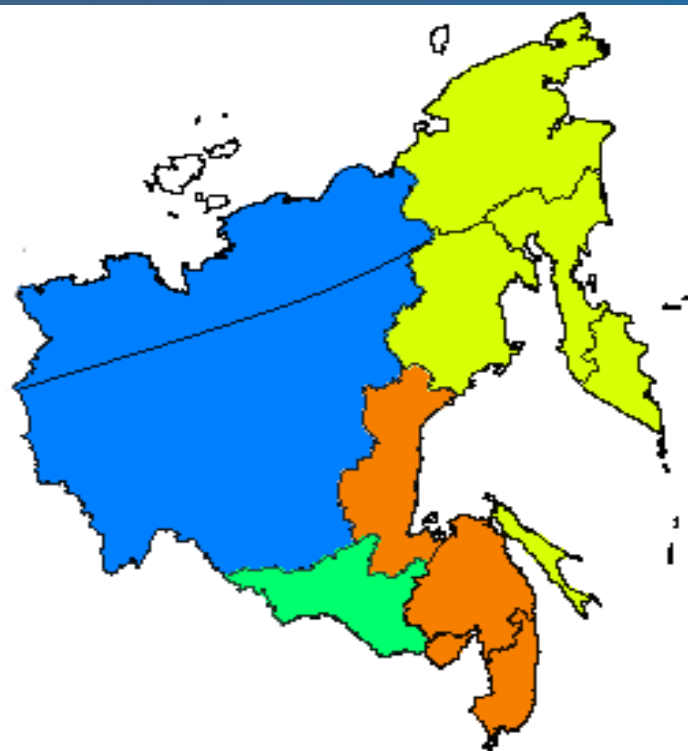
- **анализ затрат и выгод** (в случаях, когда и те и другие известны и могут быть представлены в денежном выражении);
- **анализ реальных опционов** (выбор наиболее рациональной меры адаптации с учетом приспособляемости объекта). Метод учитывает неопределенность в отношении будущих воздействий изменения климата и изменяющуюся степень приспособляемости объектов инфраструктуры к изменению климата;
  - **анализ экономической эффективности затрат** (снижения уровня риска до допустимых значений при минимальных затратах);
- **анализ по множеству критериев** (одновременно применяются различные балльные оценки: экономические, технические, экологические, финансовые, социальные, которые взвешиваются по значимости).





# Построение дерева решений методом реальных опционов



# Рекомендуемые типы ВИЭ для различных регионов Дальнего Востока

ГЛАВНАЯ  
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ  
им. А.И.ВОЕЙКОВА



-  Все виды
-  Все виды, кроме солнечной энергии
-  Все виды, кроме гидроэнергии
-  Гидроэнергетика

Методика экономически обоснованного выбора типов ВИЭ состоит из трех основных этапов:

- определение экономического ресурсного потенциала основных видов ВИЭ;
- оценка эффективности инвестиций в ВИЭ методами срока окупаемости инвестиций, чистой приведенной стоимости, внутренней нормы доходности;
- принятие решений о предпочтительном развитии того или иного вида ВИЭ методами главного критерия, линейной свертки, максимальной свертки.



## Методика обоснования инвестиций

### Период окупаемости

$$PB = IC / B$$

где IC – величина инвестированного капитала (руб.).

B – ежегодные выгоды, получаемые от использования данного типа  
ВИЭ (руб)

### Оценка чистой приведенной стоимости NPV (NPV - Net Present Value)

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t} = -IC + \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t},$$

где  $i$  – ставка дисконтирования,  $CF_t$  – поток платежей ( CF – Cash Flow) в  $t$  период,  $N$  – количество периодов,  $IC$  – величина инвестированного капитала.



Главная геофизическая обсерватория  
им. А. И. Воейкова

Н. В. Кобышева, Е. М. Акентьева, Л. П. Галюк

# КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ И АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ И ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТА В ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

Санкт-Петербург  
2015

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	7
<b>1. Обеспечение всестороннего учета климатического обслуживания в управлении климатическими рисками .....</b>	<b>11</b>
1.1. Система климатологического обслуживания экономики. Ее значение для обеспечения устойчивого развития общества .....	11
1.2. Пути совершенствования климатического обслуживания в рамках реализации ГРОКО .....	16
<b>2. Анализ климатических рисков .....</b>	<b>18</b>
2.1. Концепции риска .....	18
2.2. Методический аппарат анализа климатического риска в технической сфере .....	19
2.2.1. Идентификация риска .....	20
2.2.2. Структурная схема факторов риска. Определение реципиента. Выбор и описание реципиента .....	29
2.2.3. Мониторинг факторов риска .....	29
2.2.4. Наблюдаемые и ожидаемые климатические изменения. Проекция будущего климата .....	32
2.2.5. Анализ угроз и бедствий .....	41
2.2.6. Анализ уязвимости реципиента .....	47
2.2.7. Оценка климатического риска .....	58
2.2.8. Оценка допустимости риска .....	69
2.2.9. Комплексные риски .....	71
2.2.10. Примеры климатических рисков, создаваемых ОЯ .....	72
<b>3. Стратегия адаптации к изменениям и изменчивости климата для России .....</b>	<b>82</b>
3.1. Адаптация как управление климатическими рисками .....	82
3.2. Схемы разработки адаптационных мер .....	83
3.3. Классификации адаптационных мероприятий .....	86
3.4. Методы экономической оценки адаптационных мероприятий .....	91
3.5. Методы учета неопределенности при принятии адаптационных решений. ....	94
3.6. Обзор потребностей технических секторов экономики России в адаптации. Примеры возможных адаптационных мер .....	97
ЛИТЕРАТУРА .....	140
ПРИЛОЖЕНИЯ 1–6 .....	145



*Спасибо*