

Цунами: от прогноза к управлению бедствием

М.А.Клячко, АНО «Региональный альянс для
анализа и уменьшения бедствий» / АНО «РАДАР»,

- Постановление Совета Министров РСФСР №19 от 08.01.1964 запретило строительное освоение цунамиопасных побережий.
- По поручению ГКЧС РСФСР от 28.10.1991 №48-СШ ДВ Ассоциация «Надежность и безопасность» подготовила программу №3 «Цунами», которая в 1993г. стала частью программы «Защита приморских территорий от опасных морских воздействий».
- Поручение Правительства РФ от 26.08.2000 №ХВ 119–23942 Госстрою России разработать ФЦП по защите городов, населенных пунктов и производственных объектов от воздействия цунами.
- Поручение Президента России В.Путина от 28.12.2004 и постановление Правительств от 15.01.2005 об обеспечении сейсмо - и цунамибезопасности территорий РФ.
- Поручение Межправительственного Совета по сотрудничеству в строительной деятельности стран СНГ (29-е заседание 10-11 июня 2010, г. Минск) Комиссии по сейсмостойкому строительству и уменьшению природно-техногенных последствий разработать межгосударственный стандарт «Здания, сооружения и территории. Требования безопасности при воздействии цунами». Этот ГОСТ был включен в план ТК-465 2010г. и разработан (уведомление в Росстандарт о 1-ой редакции от 26.02.2011).

Поручение Президента РФ №Пр-980 от 18.05.2015г. о разработке СНИП по цунамизащите и соответствующие постановления Правительства РФ №ДК-П9-6620 от 28.09.2015 и №ДК-П9-4667 от 04.08.2016.

❖ СП 292.1325800.2017 «Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования».

❖ База исходных данных для проектирования строительных сооружений на цунамиопасных побережьях Российской Федерации, 2018.

❖ Методическое пособие по проектированию зданий и сооружений в цунамиопасных районах, 2018.

❖ Tsunami Loads and Effects: Guide to the Tsunami Design Provisions of ASCE 7-16, Ian N. Robertson, Ph.D., S.E.

Градостроительные аспекты цунамибезопасности

Объект стандартизации не отдельные строительные сооружения, а в целом ЦОТ, которая рассматривается по подзонам, дифференцируя их по высоте волны ожидаемого цунами с градацией по унифицированной шкале интенсивности цунами: слабой, умеренной, сильной и очень сильной интенсивности цунами $I_{ts} = \text{II, III, IV, V}$ соответственно.

Именно градостроительная / планировочная деятельность существенно повышает цунамибезопасность ЦОТ в целом, предотвращая в том числе особо вредоносные обломки, мусор, автомобили, лёд и т.п.

Особенности планировки и застройки территорий, подверженных воздействию цунами для обеспечения их устойчивой безопасности

- В зону регулирования цунамибезопасности ЦОТ включаются зона затопления и часть акватории с глубиной, не превышающей обычно 50м, которые рассматриваются совместно.

В новом ASCE рассматривается акватория с глубиной до 100м.

- Регулирование урбанизированной территории за пределами зоны затопления, как правило, обязательно для трудноэвакуируемых ЦОТ, в том числе с «близкими» цунами.

Комментарии для особых случаев

Ниже представлены некоторые особые случаи (ситуации, обусловленные особыми исходными данными факторами), в разной степени влияющими на параметры цунамибезопасности.

- Ф1 – число жителей прибрежной социально-экономической системы урбанизации (СЭСУРБ/SESURB).
- Ф2 – показатель максимального заплеска/интенсивности ожидаемого цунами, в том числе критические значения: $h_{100} > 4\text{м}$ и $h_{100} > 8\text{м}$.
- Ф3 – наличие системы предупреждения о цунами.
- Ф4 – эвакуация населения невозможна или сильно затруднена (*пункт 5.1.4 СП*).
- Ф5 – присутствие на ЦОТ потенциально опасных объектов и объектов особо высокой ответственности.
- Ф6 – вероятность «близких» цунами (*пункт 5.1.3 СП*).
- Ф7 – источник цунами – зона субдукции с потенциальными многочисленными афтершоками магнитудой $M \geq 7$.
- Ф8 – наличие морского порта.
- Ф9 – характеристика прилива.
- Ф10 – наличие льда.

Безопасность – это, когда знаешь, как можно избежать беды.

Эрнест Хемингуэй

Программа обеспечения устойчивой безопасности

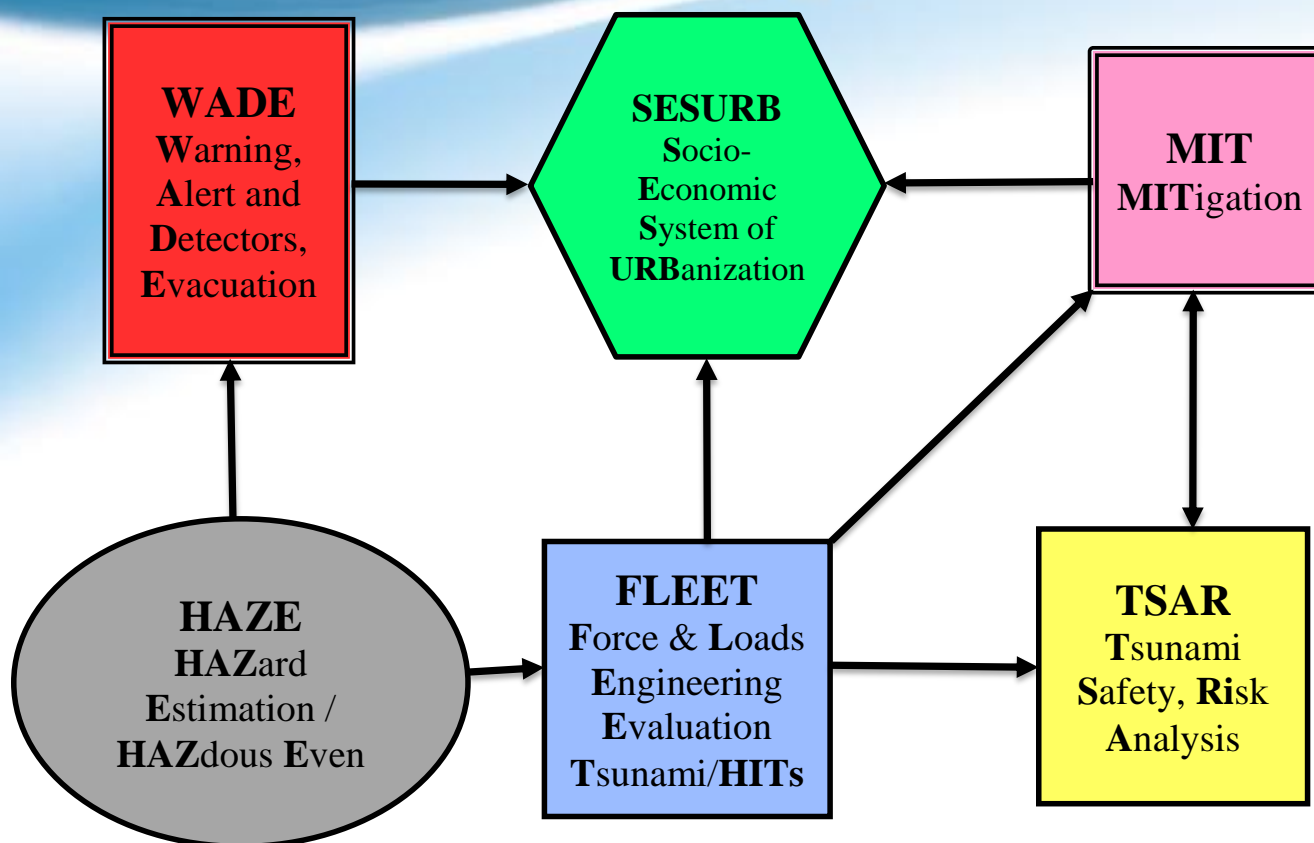
PRESS = PRANA + PRIMA

- ❖ **PRESS** - **PRE**ventive **S**eismic **S**afety
- ❖ **PRANA** - Program of **R**isk **ANA**lysis
- ❖ **PRIMA** - Program of **RI**sk **MA**gement

Развитие искусственного интеллекта и робототехники

- Для легкого запоминания многочисленных новых терминов, для удобства компьютерной обработки и развития практического искусственного интеллекта с начала 90-х годов в CENDR создавался сборник CALAMIT, что можно рассматривать как некую разновидность, например, **RO**bot **I**nteraction **L**anguage (ROILA).
- **КОМ**ПАС – **КОМ**пьютерные **П**онятийно-**А**ссоциативные **С**окращения.
- **CALAMIT** - **C**omputer **A**ssociative **L**ogical Abbreviations for **MIT**igation.

Комплексная схема защиты населения и территорий от воздействия цунами



Здесь и далее используется название и аббревиатура каждого блока в соответствии с его назначением (см. CALAMIT).

Схема анализа и контроля вероятного бедствия в случае сценарного события НАЗЕ

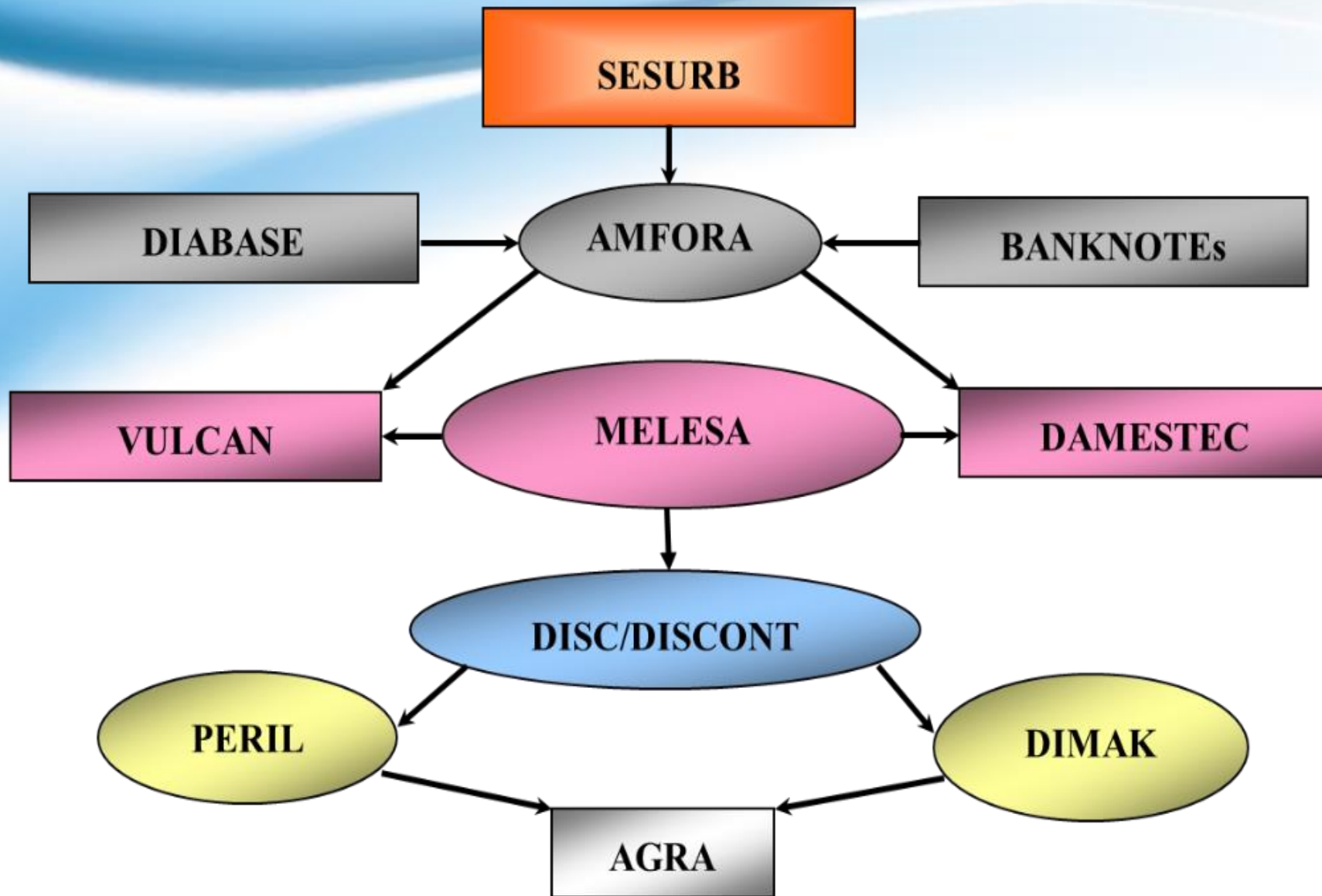
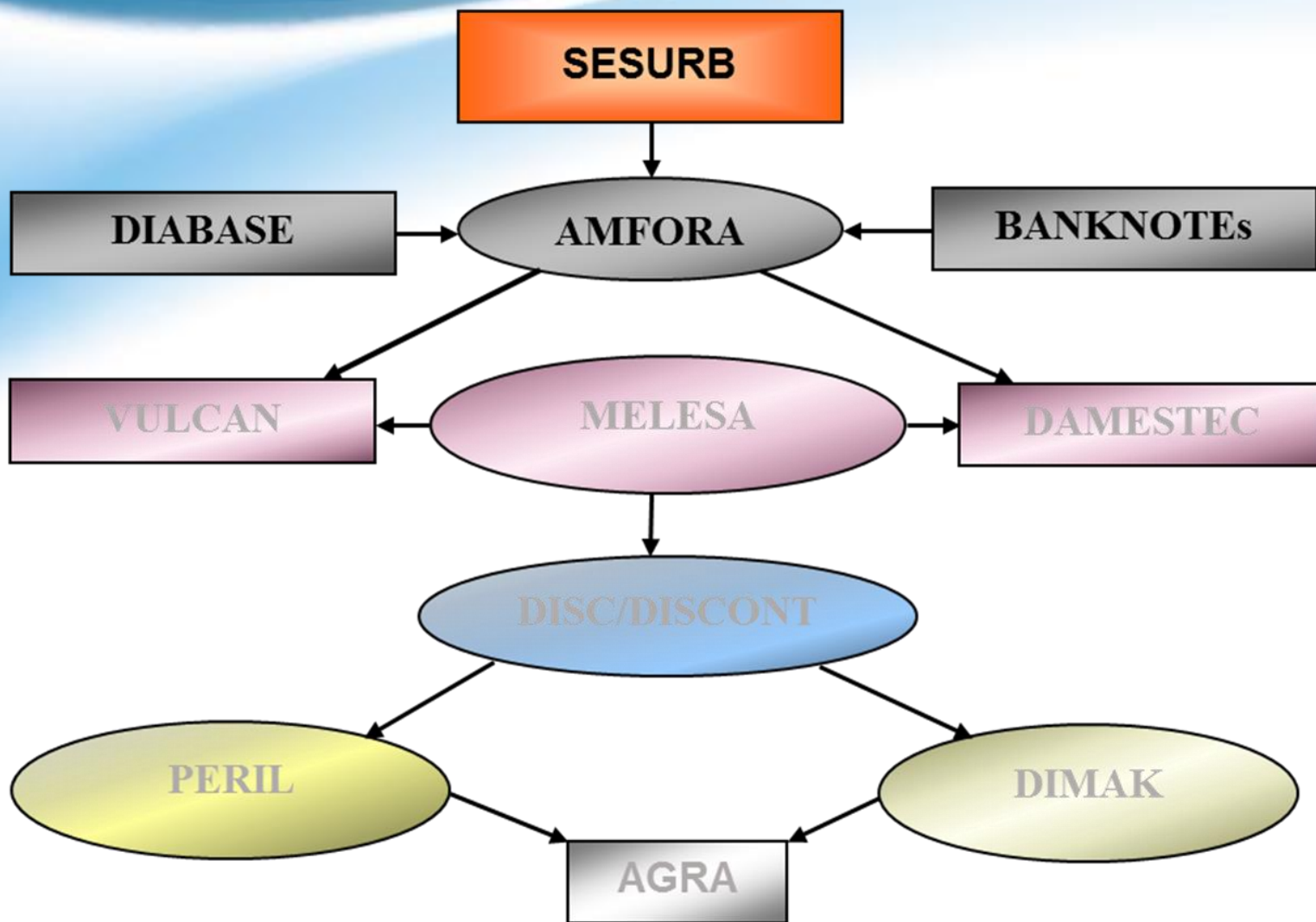


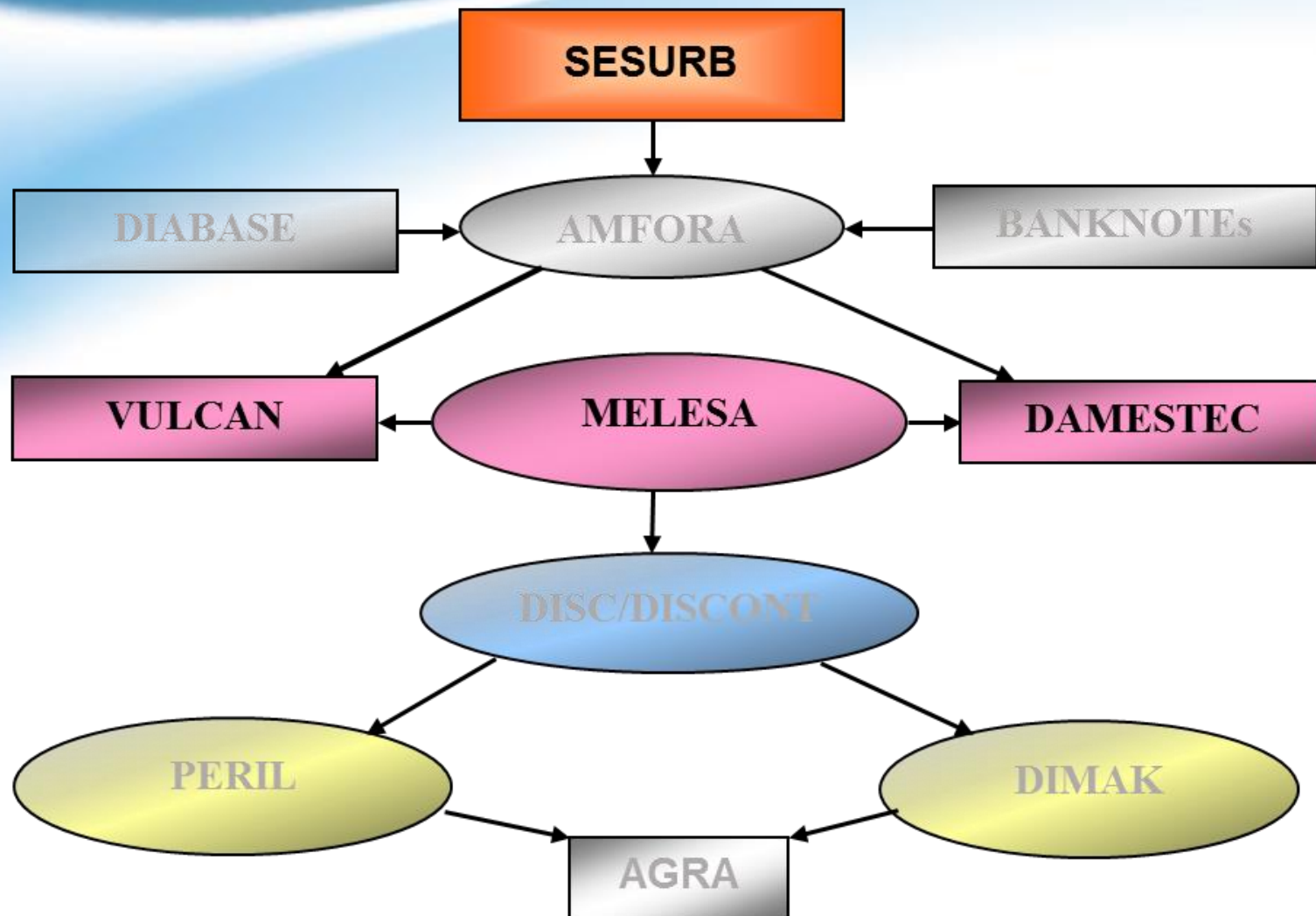
Схема анализа и контроля вероятного бедствия в случае сценарного события НАZE



Специальная база данных о строительных сооружениях

- Если количество **ВАОВАВs/БАОБАБ** (**Б**АзОВые **О**Бъекты **А**налоги **Б**езопасности) на рассматриваемой **SESURB/СЕСУРБ** (**С**пециальная **Э**кономическая **С**истема **УРБ**анизации) недостаточно, следует вводить в **BANKNOTEs** объекты-аналоги **SIB** (**S**imilar **B**uilding), обследованные после реальных бедственных воздействий с оценкой их уязвимости к этим воздействиям.
- При этом используются и также включаются в **BANKNOTEs** результаты физического моделирования / натурных испытаний.

Схема анализа и контроля вероятного бедствия в случае сценарного события HAZE



Формирование VULCAN и оценка потерь

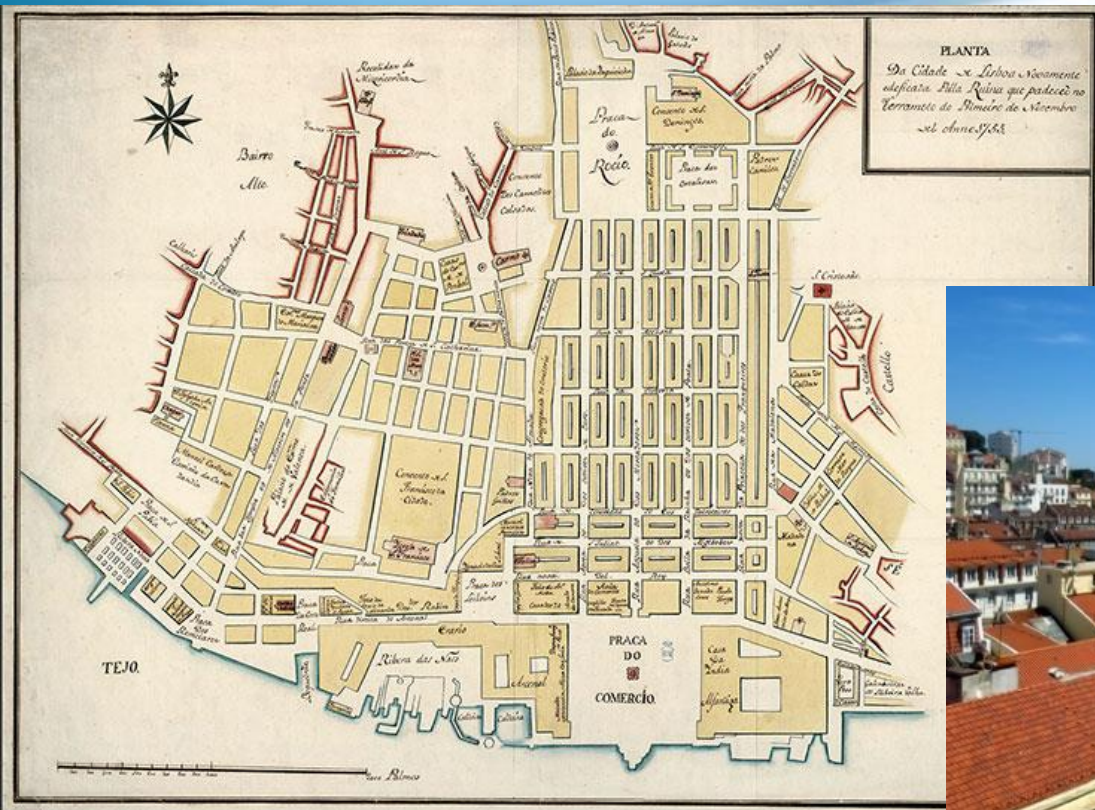
- В результате, используя ArcGIS Pro формируется набор матриц **VULCAN** (**VUL**nerable **Ci**ty **AN**alysis) для рассматриваемых **SESURB/СЕСУРБ**, содержащий сведения о планировочной, конструктивной, индивидуальной (human) и экологической уязвимости, что соответствует понятию «механическая безопасность». Конструктивная уязвимость подразделяется на 8 уровней **VULL** и определяет степень ($d=1-5$) конструктивных повреждений объекта при том или ином значении интенсивности воздействия.
- Для оценки экономического ущерба и людских потерь используется методика **DAMESTEC** (**DAM**age **ES**timation **TEC**hnique).

Планировочная уязвимость. Нефтегорск 1995 результаты АСР

Количество спасённых по дням



Из проектов восстановления Лиссабона после цунами 1 ноября 1755 года



План реконструкции, вариант №4, разработанный Сантосом

Улица в квартале Байша сегодня
(Лиссабон с высоты птичьего полета...)

Метод логических оценок и системного анализа

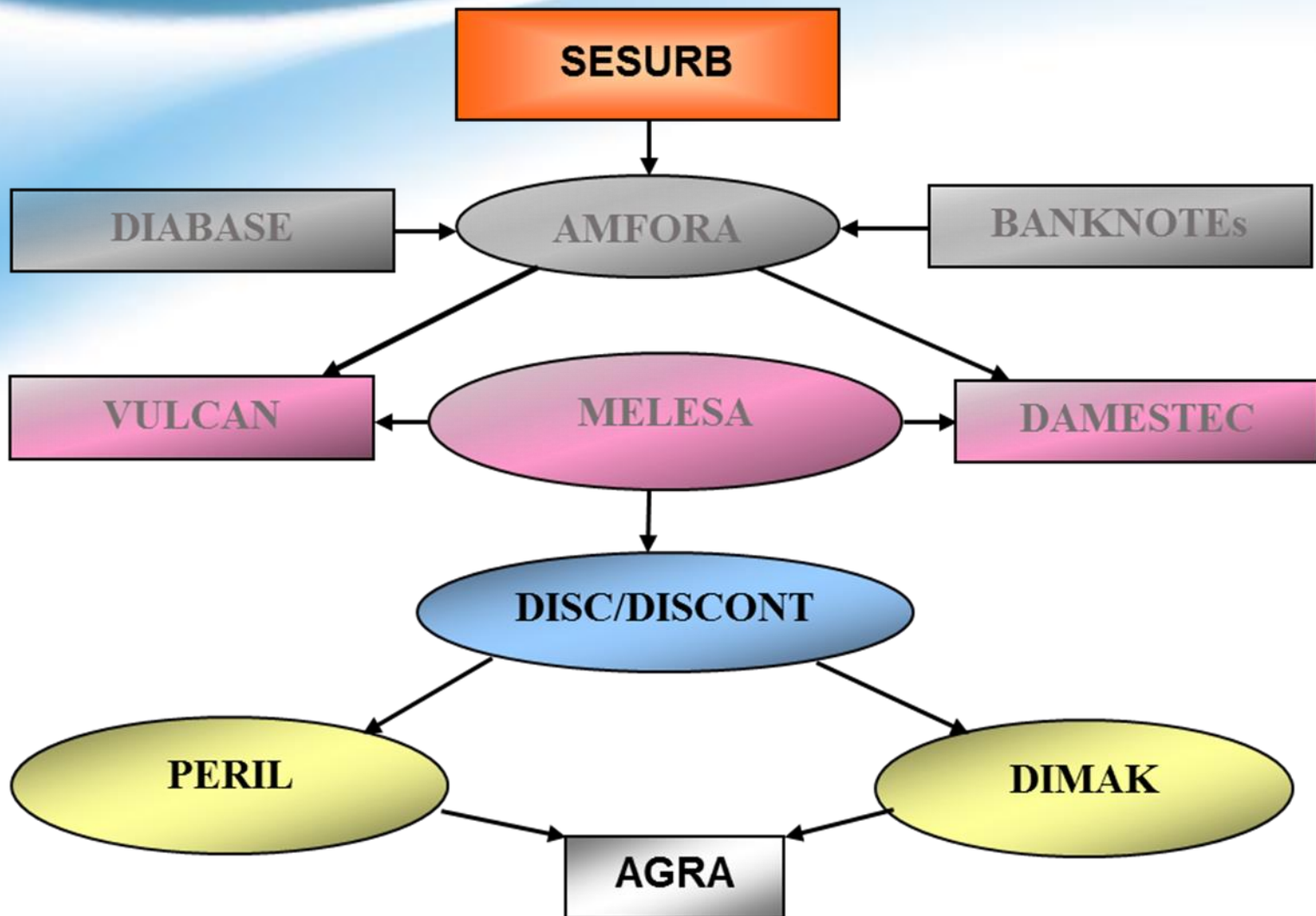
- Если на рассматриваемой **SESURB/СЕСУРБ** отсутствует паспортизация застройки и собственный зафиксированный опыт пережитых землетрясений и цунами недостаточен, степень повреждаемости зданий различной конструктивной уязвимости определяется с помощью математического моделирования **MELESA** (**M**ethod of **E**xpert-**L**ogical **E**stimations and **S**ystem **A**nalysis).
- **MELESA** базируется на теории «неопределенных множеств» и «размытых» образов и использует принципы разумной достаточности, экономической целесообразности, оптимального выбора, смягчения и выравнивания риска, а также защиты слабых мест.

Смотри куда прыгаешь

Look before you hop

**Знал бы, где упасть,
соломки подстелил бы**

Схема анализа и контроля вероятного бедствия в случае сценарного события HAZE

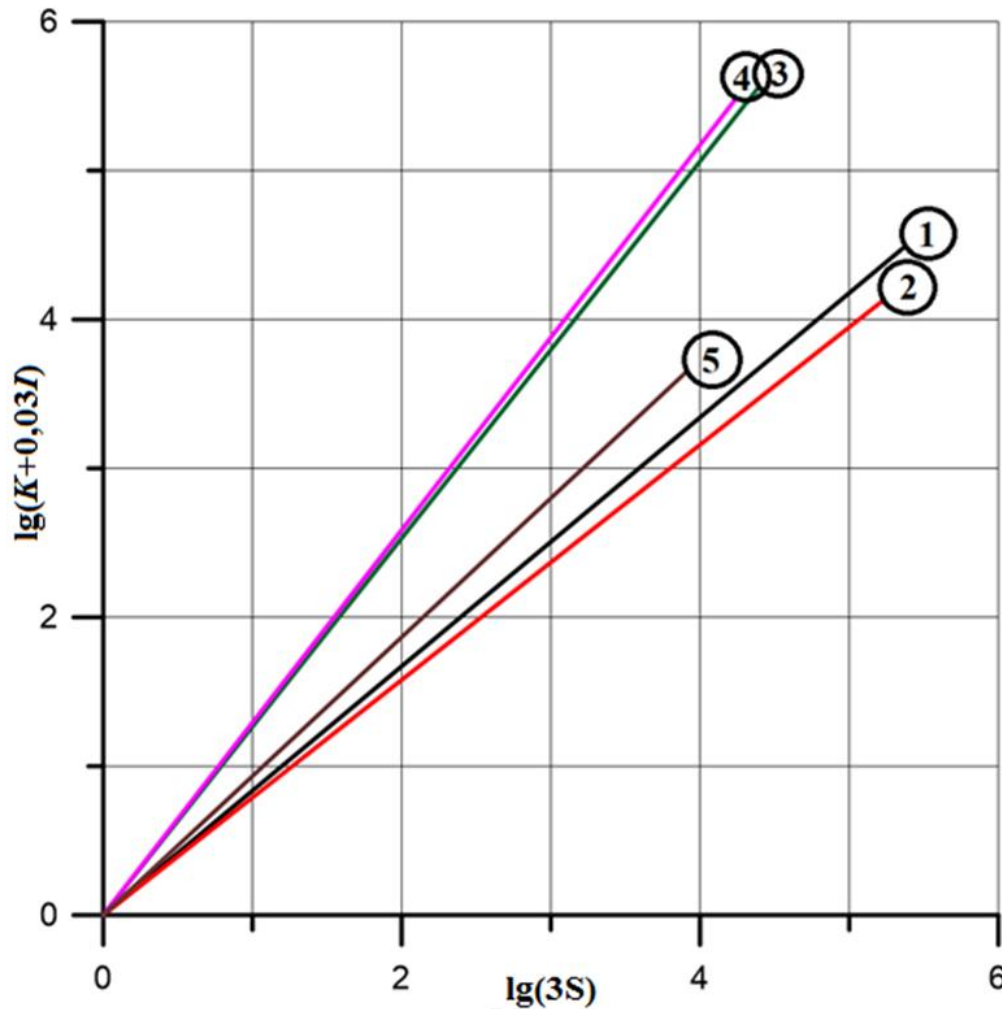


■ Для проверки эффективности различных способов уменьшения вероятного бедствия используются альтернативные контрольные сценарии бедствия – **DISCONT**, выходные параметры которого сравниваются с допустимыми параметрами бедствия **PERIL** (**PErmissible RIsk Level**).

■ После каждого рабочего сценария бедствия **DISC** оцениваются параметры вероятного бедствия по шкале **DIMAK** и/или производится совокупный анализ риска (**AGgregate Risk Analysis – AGRA**), результаты которых могут быть представлены как в численном, так и в графическом виде.

■ При выборе требуемой сейсмо – и цунамистойойкости строительного сооружения используется ТЭО, или **Cost – Benefit – Analysis (ABC)**.

Шкала бедствий DIMAК



1. Tsunami 27.12.2004

(except Indonesia): 228000 fatalities, 10000 million USD loss; $p=0.696077886$.

2. Tsunami 27.12.2004

(Indonesia): 167540 fatalities, 4 450 million USD loss; $p=0.668428219$.

3. Tohoku Tsunami 11.03.2011

(tsunami and earthquake): 23000 fatalities, 6245 injured, 122000 million USD loss; $p=0.905500417$.

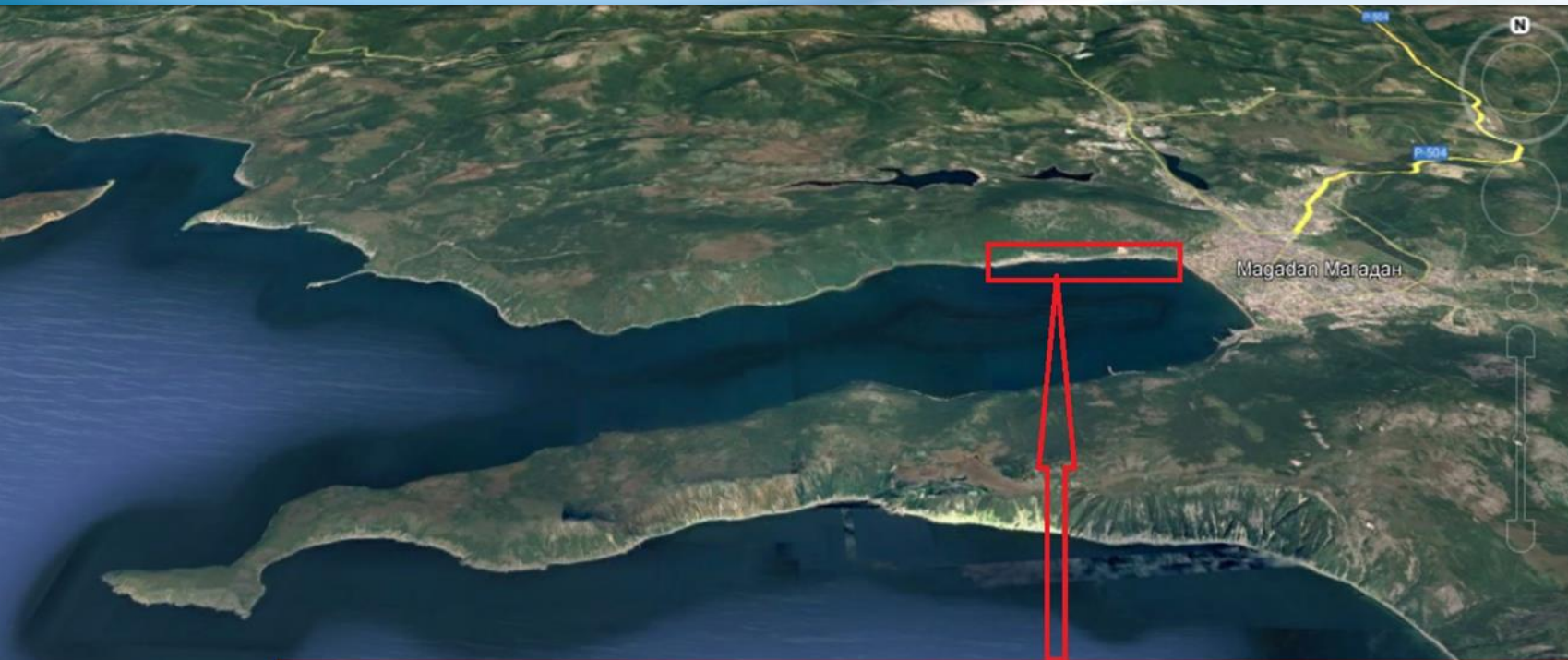
4. Tohoku Tsunami 11.03.2011 (only tsunami): 16000 fatalities, 4000 injured, 100000 million USD loss; $p=0.915766922$.

5. Tsunami 28.09.2018 (Indonesia): 4340+667 fatalities, 10679 injured, 1500 million USD loss; $p=0.666259108$.

**Несчастье никогда не ходит в
одинокую**

Misfortune never comes singly

Магадан. Бухта Нагаева – лучшая бухта Охотского моря



Программа готовности READISC (REAdiness DISC) для РСЧС

- На основании наихудших сценариев DISC для каждой системы СЕСУРБ/SESURB разрабатываются для использования территориальными органами МЧС России сценарии готовности и реагирования (READISC), включающие силы и средства, необходимые для ликвидации ЧС, здания или сооружения для вертикальной эвакуации, места, пути и порядок эвакуации населения и соответствующие планы вероятных АСР, а также аварийного жизнеобеспечения населения (эффективная работа транспорта, медицины катастроф, энерго-тепло-водоснабжения, обеспечение убежищами и пищей).

Индивидуальная (human) уязвимость. Особые случаи и типичные недостатки подготовки ЧС

- Отсутствие учета культурных, ментальных, возрастных, психофизических, жилищных и других особенности населения.
- Отсутствие заблаговременного семейного плана действий в случае ЧС, заранее подготовленной сумки с документами и предметами первой необходимости (save kit); детям в карман рекомендуется вкладывать опознавательный бейдж.
- При обучении населения отсутствует натаскивания/дриллинг, что позволяет довести правильное реагирование человека в условиях ЧС до автоматизма.
- Отсутствие умения оказывать первую медицинскую помощь.
- Максимальное уменьшение случаев ложных тревожных оповещений, которые снижают или увеличивают нормальную психофизическую реакцию людей, вызывают панику, беспричинный травматизм, обострение хронических заболеваний, прерывания беременности и другие неожиданные случаи ухудшения здоровья людей, как это было зафиксировано в массовом количестве сразу после землетрясения 1971 года в г. Петропавловске-Камчатском и названо «сейсмофобией».

Программы реабилитации и восстановления пострадавшей территории

- В заключение разрабатываются альтернативные сценарии реабилитации и восстановления пострадавшей СЕСУРБ/SESURB. Сценарий восстановления включает план реабилитации и реконструкции с перечнем конкретных мероприятий. Примером является планирование и оказание помощи в реализации таких работ после разрушительного японского землетрясения и цунами Тохоку 11.03.2011. В этот же период осуществляется (при обоснованной необходимости) создание специальных сооружений инженерной защиты от цунами («мягкий» и «твердый» буфер) и улучшается в целях безопасности городская планировка. Эффективность каждого мероприятия оценивается с помощью DISCONT.

Бог спасает тех, кто спасает себя сам

God saves them who save themselves

-people saying

Некоторые решаемые задачи

Существующие методы расчета цунами позволяют:

- выполнить цунамимикрорайонирование и определить зону затопления;
- сделать оценки силового воздействия цунами на одиночные преграды и вертикальные стенки;
- оценить эффективность дамб, волнорезов, преград и барьеров («твердого буфера»);
- предсказать зоны сильного размыва дна, рассчитать строительные сооружения в зоне затопления с учетом их обтекаемости и проницаемости, разрабатывать сценарии бедствия, оценивать и управлять цунами-риском и решать градостроительные задачи, а затем уже переходить к более сложным 3D моделям для малых акваторий.

Специальная политика на ЦОТ и СЕСУРБ

Независимыми и важными для смягчения бедствий на ЦОТ являются также:

- составление кадастра опасных для застройки прибрежных земель с ограничениями и/или запрещением строительства зданий определенного назначения и стимулируя перенос существующей застройки из ЦОТ различным уровнем налогообложения на землепользование, компенсациями или льготами;
- снижение функциональной уязвимости объектов здравоохранения, жизнеобеспечения и потенциально-опасных объектов;
- законодательное предписание владельцам прибрежных предприятий, перенос которых из ЦОТ невозможен (рыбоперерабатывающие производства, судоремонтные предприятия и т.п.), принять гарантированные меры по предотвращению опасных вторичных производственных последствий цунами (заменить в морозильных камерах аммиак на фреон, дополнительно защитить трубопроводы с опасными реагентами, улучшить систему аварийного предупреждения и технического надзора), а также повышение их ответственности в случае нарушения;
- развитие страхования/перестрахования вероятных потерь и ущербов (прежде всего безвозвратных), обусловленных цунами.

🌟🌟🌟🌟 В результате многолетней работы в Стэнфордском университете совершенствуется программа Apple Vision Pro, которая позволяет с помощью AI, используя специальные очки, получать не плоское как ранее, а пространственное наложение информации, которая названа «голограмма».

СПАСИБО за внимание!

Konstantinos P. Balomenos
Antonios Fytopoulos
Panos M. Pardalos *Editors*

Handbook for Management of Threats

Security and Defense, Resilience and
Optimal Strategies

 Springer

■ **On the way to coastal community resilience under tsunami threat**

Mark Klyachko, Andrey
Zaytsev, Tatiana Talipova &
Efim Pelinovsky

1-st ed. 2023 Edition, 159-192.

■ [https://link.springer.com/
chapter/10.1007/978-3-031-
39542-0_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-39542-0_8)

■ [https://doi.org/10.1007/97
8-3-031-39542-0_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-39542-0_8)

Цунами 23 декабря 1854 г. – следствие первого из трех землетрясений эпохи Ансэй

- Цунами обрушилось на Симоду на восточной стороне полуострова Идзу через час после землетрясения. Серией из девяти волн, разрушив 840 домов в городе Симода и унеся жизни 122 человек.
- Парусный фрегат «Диана» - флагманский корабль российского адмирала Путятина, прибывшего в Японию для переговоров по Симодскому мирному договору, 42 раза развернуло на якоре, и он был настолько сильно поврежден, что затонул во время последующего шторма.
- В большинстве пострадавших районов высота подъема составляла 4-6 метров. Однако в Ируме были измерены высоты подъема 13,2 и 16,5 м, что намного выше, чем на большей части прилегающей территории. Это и отложение необычного песчаного купола, предполагаемый объем которого составляет 700 000 м³, интерпретируются как вызванные эффектами резонанса в V-образном заливе Суруга.

Сценарии цунами-бедствий

Основным инструментом риск-анализа являются сценарии вероятных бедствий (DISC), результаты которых выражаются в оценках ожидаемых человеческих потерь и экономического ущерба. В зависимости от конечной цели DISC выполняются для проектирования ответственных сооружений или комплекса объектов, предварительных и окончательных оценок освоения тех или иных ЦОТ, разработки проекта территориального планирования и социально-экономического развития поселений на ЦОТ, в целях страхования и, наконец, DISCONT - для мониторинга и контроля безопасности застройки и населения существующих ЦОТ. Для ЦОТ с «близкими» цунамигенными сейсмическими очагами анализируется комплексный сейсмический риск, учитывающий цунами, как вторичное воздействие.

Набор DISC важен также для расчёта сил и средств, необходимых для ликвидации вероятной ЧС, а также для решения других многочисленных проблем заблаговременной готовности структуры РСЧС к бедствию, вызванному цунами.