

УДК: 574.5(282.65)

Жолочубеков Н.Ж., Тыныбеков А.К., Конурбаев Т.А.

КГУ им. И.Арабаева

ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ РИСКОВ

В данной статье предлагаются методы для расчета природных рисков.

Ключевые слова: природные риски, анализ, идентификация, оценка, опасность, вероятность.

Бул макалада табигый тобокелдиктерди эсептөө ыкмалары сунушталат.

Негизги сөздөр: табигый коркунучтар, талдоо, идентификациялоо, баалоо, коркунуч ыктымалдыгы.

This paper presents methods for calculating natural risks.

Key words: natural risks, analysis, identification, evaluation, risk probability.

Риск в широком смысле - это вероятность подвергнуться опасности. Опасность может заключаться в физическом повреждении, в финансовом или экономическом проигрыше, или в другой форме причинения вреда [1-4]. Риск в узком смысле определяется как вероятность неблагоприятного исхода. В табл.1. представлены основные методы оценки рисков/их преимущества и недостатки/ и все они предполагают наличия исходной базы данных о потенциально опасных объектах, например, на основе мониторинга окружающей среды, сетевых наземных наблюдений, аэрокосмического дистанционного зондирования, которые могут быть использованы для расчёта экологических рисков и возможного ущерба.

Риск - возможная опасность какого-либо неблагоприятного исхода, рассчитываемая как вероятность неблагоприятного исхода при наличии статистических данных о тех или иных событиях негативного свойства - угроз, связанных, например, со стихийными бедствиями: наводнениями, землетрясениями, засухами, аномальными явлениями погоды.

Табл.1. Характеристики методов оценки рисков

Название метода оценки уровня рисков	Преимущества	Недостатки
Статистический метод	Разрешает математически выразить вероятность наступления рисков событий и размеров финансовых потерь	Возможно использование при условии проявления риска в деятельности конкретного предприятия или на предприятиях-аналогах. Отсутствие достоверной информации о количестве рисков событий и их финансовых последствиях
Метод Монте Карло	Анализ рисков связанный с возможностью работы с той же моделью, что и при обычных расчетах, а учет риска происходит с помощью многократного расчета модели. Есть возможность	Невозможно осуществить учет зависимости факторов, входящих в модель. За счет того, что факторы считаются независимыми, происходит заниженная оценка уровня риска.

	анализировать и оценивать разные ситуации и учитывать разные факторы рисков в рамках одного подхода.	Большая вычислительная трудоемкость.
Метод анализа целесообразности затрат	Зная статью затрат, в которой риск максимален, можно найти путь его снижения.	Предприятие не анализирует источники возникновения риска, а принимает риск как целостную величину, таким образом игнорируя его составляющие.
Метод экспертных оценок	Возможность применения в условиях неполноты информации или при выявлении того уровня риска, который не имеет аналогов.	Данный подход разрешает получить относительную оценку риска, но не дает представления об абсолютной величине возможного ущерба при реализации некоторого решения и вероятность получения этого ущерба. В основе лежат субъективные оценки экспертов, которые зависят от их отношения к риску.
Аналитический метод	Объединяет в себе как возможность пофакторного анализа параметров, которые влияют на риск, так и выявленные возможные пути снижения его уровня путем влияния на них.	Существенные ограничения к своему использованию. Использует только для оценки некоторого круга рисков предприятия.
Метод анализа чувствительности	Требует минимальной стартовой информации	Не учитывает, насколько вероятны или реальны ожидаемые изменения отдельных факторов проекта, а также то, насколько изменение параметров проекта могут иметь совместный, а не изолированный характер.
Метод анализа	Предвидит одновременное	Разрешает только определить

сценариев	изменение нескольких переменных параметров проекта	вероятностный (с точки зрения эксперта) диапазон изменений финансового результата проекта при наиболее неудачном (пессимистичном) или наиболее удачном (оптимистичном) изменении параметров проекта.
Метод «дерева решений»	Предвидит одновременное принятие нескольких решений в условиях неопределенности, которые зависят от последствий предыдущего.	Необходимость в разработке всех возможных альтернатив развития для больших проектов может существенно повысить трудоемкость расчетов. Оценить вероятность всех возможных вариантов развития проекта достаточно сложно. Поэтому субъективное отношение экспертов будет всегда присутствовать в таких расчетах.
Метод использования аналогов	Дает возможность обнаружить уровень риска по любому направлению деятельности предприятия, когда отсутствует четкая база для	В случае неучета прошлых и современных показателей в границах одной стадии очень высока вероятность получения ошибки.

Кроме вероятностных методов моделирования риска, иногда рассматриваются методы описания рисков с помощью объектов нечисловой природы, в частности, качественных признаков, понятий теории нечетких множеств, интервальных математических и эконометрических моделей и других математических средств. Вместо статистических данных в них обычно используются оценки экспертов, так что в теории риска могут быть реализованы – вероятностные и экспертные [4] (в качестве аппарата использующее *статистику нечисловых данных*) подходы.

Динамика развития природных экосистем подчас сопряжена с проявлениями природных катастроф - стихийных бедствий к числу которых относятся циклоны, землетрясения, наводнения, засухи, сели.

Оценка рисков возникновения природных катастроф является чрезвычайно важной задачей по управлению риском на территориях наиболее подверженных этим бедствиям, а также при расчёте рисков страхования людей и различных природно-хозяйственных объектов, а также вопросов экологической безопасности регионов при воздействии стихийных бедствий. Долговременные и систематические наблюдения за экосистемами в рамках экологического мониторинга могут позволить установить количественные закономерности изменчивости характеристик биосистем в период природных катастроф, обнаружить начало негативных последствий хозяйственной деятельности человека на

природную среду. Спутниковый мониторинг соответствующей направленности, подкреплённый оперативными данными гидрометеорологической сети на основе использования геоинформационных технологий и методов краткосрочного гидрометеорологического прогноза может позволить с достаточно высокой вероятностью предсказывать прохождение ураганов и тайфунов, наводнений.

Из рис.1./4/ видно, что риск возникает только в области пересечения опасности с объектом и не существует без них. Отсюда вытекают наиболее общие определения обсуждаемых понятий.



Рис. 1. Схема формирования риска от внешней опасности

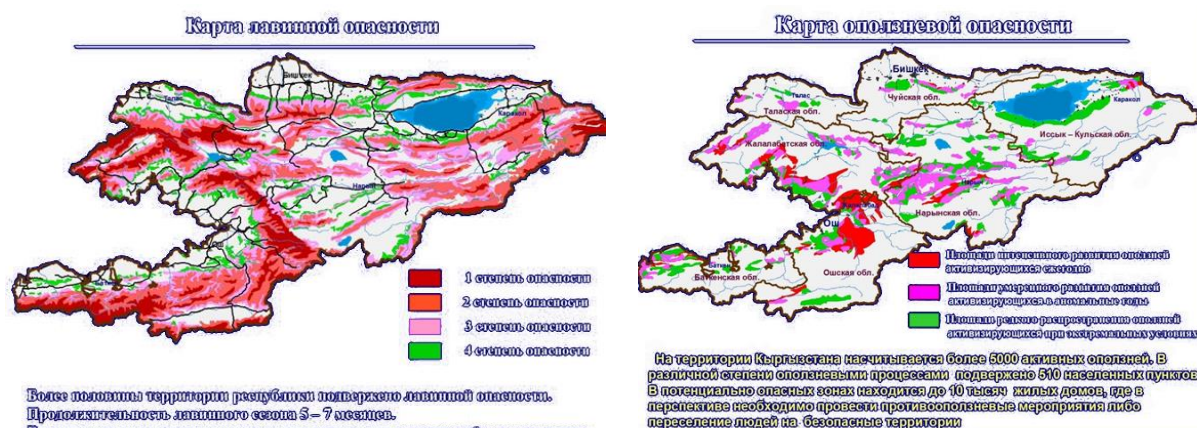
Опасность — это процесс, свойство или состояние природы, общества или техники, представляющие угрозу для жизни или благосостояния людей, объектов хозяйства или окружающей среды.

Уязвимость — свойство объекта утрачивать способность к выполнению своих естественных или заданных функций в результате негативных внешних воздействий.

Природная опасность — процесс, свойство или состояние определенных частей литосферы, гидросферы, атмосферы или космоса, представляющие угрозу для общества.

Риск — вероятностная мера опасности, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за определенное время. Природный риск — вероятностная мера соответствующей природной опасности, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за определенное время.

Гидрометеорологическая безопасность должна определяться как степень защищенности экономики, населения и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия опасных гидрометеорологических явлений, неблагоприятных условий погоды и экстремальных изменений климата и их последствий. Причиной подавляющего большинства бедствий являются гидрометеорологические явления/8/ (Рис.2). Кыргызстана (отсутствуют, к примеру, вулканы, тайфуны). Распространение, повторяемость, наносимый ущерб от природных явлений колеблется из года в год.



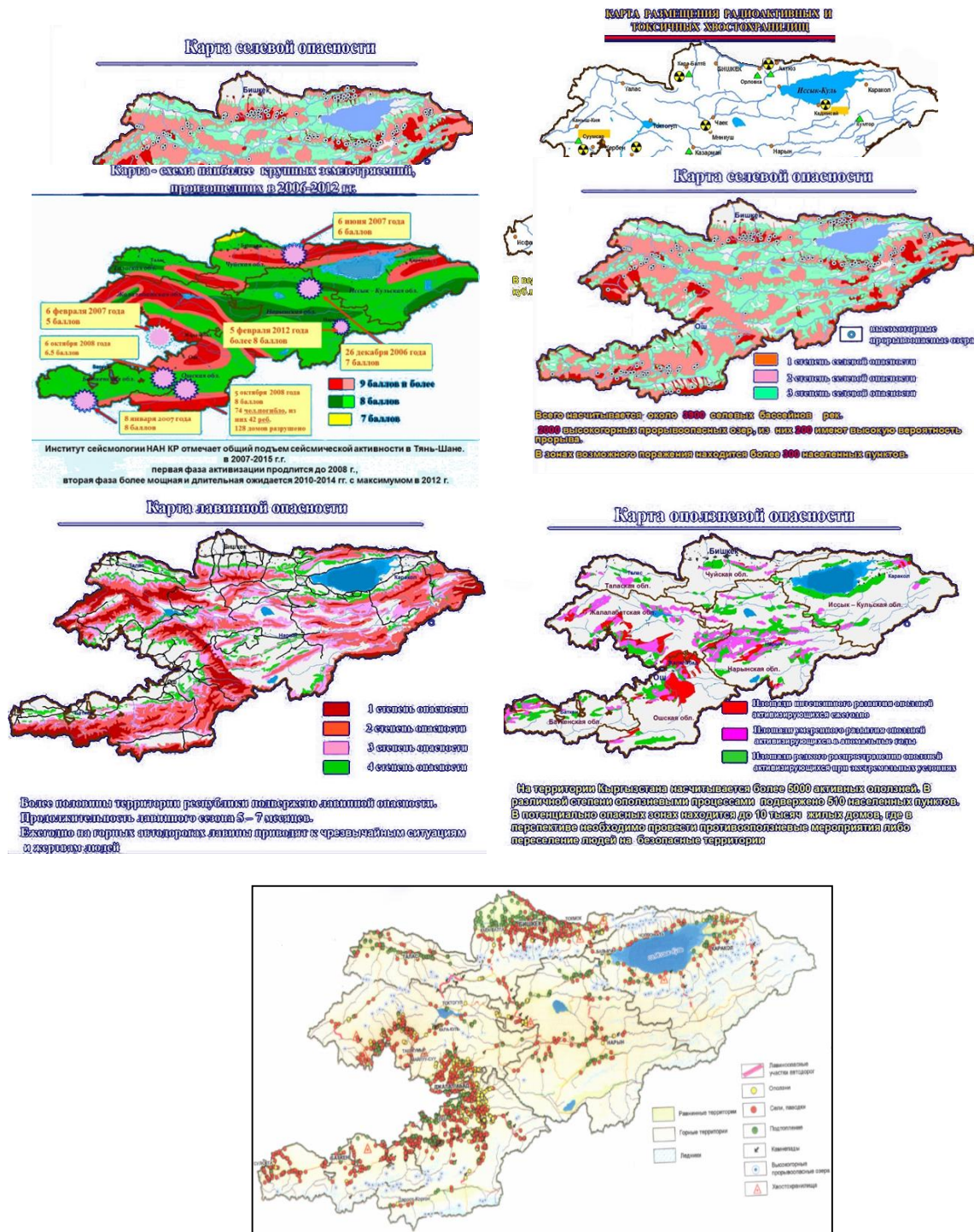


Рис. 2 Карты-схемы распространения опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики.

Табл. 2. Реестр рисков (перечень возможных стихийных бедствий и техногенных катастроф на территории страны), подчеркивает важность рассмотрения на государственном уровне вопросов реагирования на чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера в Кыргызской Республике.

№ риска	Риск	Последствие	Вероятность	Степень риска
1	<p>Землетрясения 74 населенных пунктов, отнесенных к категории сейсмоопасных, находится в зоне возможных очагов землетрясений, интенсивность которых может быть более 9 баллов. В них проживают около 75% населения республики. По предварительным оценкам около 3,3 млн.чел. проживает в домах весьма неустойчивых к ожидаемым сильным землетрясениям, что составляет 66% населения республики.</p>	катастрофическое	вероятно	высокая
2	<p>Оползни На территории республики насчитывается не менее 5000 оползнеопасных участков. Наибольшее распространение оползневые процессы имеют на юге республики в Жалалабатской и Ошской областях (90%). Всего под наблюдением находится 261 наиболее оползнеопасных участков, которые представляют угрозу населенным пунктам, автодорогам и инженерным сооружениям.</p>	высокое	вероятно	высокая
3	<p>Снежные лавины Распространены во многих районах республики, угрожая главным образом автодорогам Бишкек-Ош и другим автодорогам страныв горной местности, а также линиям связи и электропередачи. Лавиноопасный период продолжается с ноября по апрель, при этом пик активности приходится на февраль-март.</p>	низкое	вероятно	высокая
4	<p>Паводки и сели Более 95% населенных пунктов и миллионы жителей республики расселены непосредственно вблизи водоисточников преимущественно вдоль русел рек, которые находятся под воздействием селевых и паводковых явлений. Наиболее часто данные природные процессы происходят в предгорной и низкогорной частях Ферганского хребта (Ошская, Жалалабатская области), предгорных зонах Кунгей-, Терской Ала-Тоо и Кыргызского хребта). Проведенный мониторинг показал, что на территории республики под угрозой воздействия селей и паводков находится 497 населенных пунктов и объектов, включая северную часть республики, охватывающую территорию г.Бишкек.</p>	низкое	почти определенное	высокая

5	<p>Вспышка инфекционного заболевания (ВИЗ) а).ВИЗ подвергающая опасности большое количество людей. Подобная вспышка может перерасти во вспышку пандемического гриппа у людей. б).ВИЗ в локализованном виде, например вспышка инфекционного заболевания, передающегося через воду, такие как холера и тиф. в).ВИЗ у животных, например H5N1 у животных, или же ящур у скота приводит к значительному ущербу в сельскохозяйственном секторе.</p>	<p>высокое среднее</p> <p>низкое</p>	<p>возмож- но возмож- но</p> <p>возмож- но</p>	<p>средняя средняя</p> <p>средняя</p>
6	<p>Радиационно-опасные объекты а).<i>Хвостохранилища и отвалы:</i> На территории республики имеется 50 хвостохранилищ, которые содержат более 100 млн.м3 хвостов и значительное количество отвалов. Имеется высокий риск возникновения радиационно-опасных экологических катастроф трансграничного характера. б).<i>Сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ):</i> Всего в республике насчитывается 100 объектов, использующих в своей технологии СДЯВ. 19 из них отнесены к категории химически опасных объектов (ХОО). Наиболее опасными являются: аммиак, соляная кислота, серная кислота, азотная кислота, цианиды, хлор, трихлорсилан. В зоне возможного заражения может создаваться угроза населению, сельскохозяйственным животным.</p>	<p>катастро- фическое</p> <p>среднее</p>	<p>возмож- но</p> <p>возмож- но</p>	<p>высокая</p> <p>высокая</p>
7	<p>Прорывоопасные высокогорные озера На территории республики находятся более 300 прорывоопасных высокогорных озер. Они подразделяются по категориям опасности: I категория опасности (очень опасные), II категория опасности (опасные), III категория опасности (менее опасные). Эти озера находятся на территории каждой области республики. Прорывоопасные высокогорные озера создают серьезную потенциальную угрозу населению и народнохозяйственным объектам, так как их прорывы, быстрый сброс воды вызывают формирование мощных</p>	<p>высокое</p>	<p>возмож- но</p>	<p>высокая</p>

	селевых и паводковых потоков, которые при выходе в густонаселенные долины могут привести к катастрофическим последствиям.			
8	<p>Взрывоопасные объекты</p> <p>а) взрывы, пожары при транспортировке железнодорожным и автомобильным транспортом взрывчатых материалов (ВМ), при хранении на складах ВМ, при изготовлении ВМ на стационарных пунктах изготовления гранулированных и водосодержащих взрывчатых веществ и пунктах по подготовке взрывчатых веществ заводского производства на предприятиях;</p> <p>б). Взрывы, пожары при транспортировке железнодорожным транспортом нефтепродуктов, при хранении на нефтебазах, при хранении и переработке на нефтеперерабатывающих заводах;</p> <p>в). Аварии, взрывы и пожары на магистральных газопроводах, компрессорных, наполнительных станциях сжатых и сжиженных газов, теплоэлектроцентралях.</p> <p>г). Учреждения, работающие с химикатами, нефтебазы и т.д.</p>	катастрофическое	вероятно возможно возможно возможно	высокая высокая высокая высокая
		высокое высокое высокое		

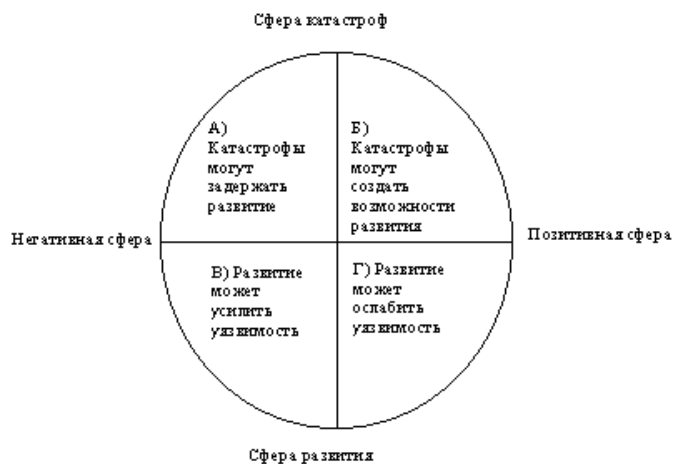


Рис. 3. Взаимосвязь между катастрофами и социально-экономическим развитием государства

В программах социально-экономического развития государства или региона необходимо учитывать возможность возникновения различного рода катастроф и предусматривать мероприятия по снижению уязвимости социально-экономических систем, производственных комплексов и объектов от катастроф и их последствий. Кроме того, техногенные аварии и катастрофы имеют всегда долговременные экологические последствия. Ликвидация последствий катастроф в одной сфере хозяйства требует отвлечения ресурсов из других сфер. Что приводит к снижению темпов социально-

экономического развития и, как правило, к снижению уровня социально-экономической защищенности населения, в особенности, его нетрудоспособной части: пенсионеров, инвалидов и детей /1-8/.

При формировании стратегии сбалансированного развития на национальном, региональном и глобальном уровнях применяются социально-экономические и экономико-экологические математические модели и комплексные системы таких моделей. Модель прогнозирования ущерба от редких сейсмических событий для территории Кыргызской Республики. Так как землетрясения для разных интервалов времени T выбираются случайно и независимо, а сами значения ущерба распределены по степенному закону, то возможны резко различающиеся случайные реализации. Реальный смысл имеют не конкретные случайные реализации (среди которых, ввиду случайного выбора событий из базы данных величин ущерба на каждом этапе расчета, могут встречаться даже уменьшающиеся со временем), а их статистические характеристики. Полученные результаты моделирования (приводимые на рисунках) демонстрируют ожидаемое отклонение от степенного закона распределения для экстремально больших значений ущерба и больших интервалов времени. Хорошо известным примером подобного изменения закона распределения является загиб вниз графика повторяемости закона Гуттенберга-Рихтера в области сильных землетрясений. При этом (в области выполнения степенного закона с $\beta \leq 1$) между параметром степенного закона β и параметром α

выполняется соотношение: $\alpha = 1/\beta$. Изменения закона повторяемости (от значений $\beta \leq 1$ к $\beta > 1$) и закона роста величин накопленного ущерба $U(t)$ с нелинейного на линейный закон роста связаны с фундаментальной ограниченностью любого закона распределения, описывающего реально измеряемые характеристики. В нашем случае это изменение связано с фундаментальной ограниченностью величин ущерба, будь то число убитых или раненых или величин экономического ущерба. Такая коррекция, качественно не изменяя результаты анализа, позволила точнее оценить степень однородности каталога. На рис.6. приведены полученные аналитически и путем метода моделирования изменения вероятного числа жертв и материального ущерба от сейсмических катастроф со временем в мировом масштабе.

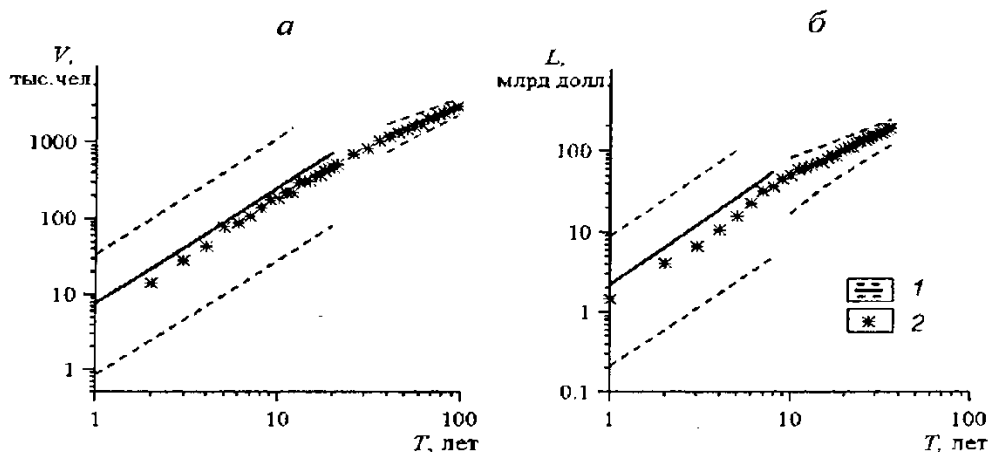


Рис. 4. Прогноз мировых значений ущерба от землетрясений для накопленного числа жертв (а) и величин прямых экономических потерь (б); 1-доверительный интервал (аналитический расчет), 2-результаты численного моделирования медиан значений ущерба бутстреп-методом.

Полученный прогноз представляется обоснованным на срок около 50 лет. Характерными особенностями режима роста величин ущерба от землетрясений являются большой (на порядки величины) разброс значений возможного ущерба, и нелинейный режим роста величин ожидаемого ущерба (различных его квантилей) на протяжении первых 10-20 лет. Наличие такого нелинейного режима роста (в стационарном режиме обычно ожидается линейный закон роста накопленного эффекта) иногда необоснованно связывался с общим ухудшением геоэкологической обстановки и нестационарным ростом величин ущерба от природных катастроф. Анализ рисков включает выработку представлений о риске. За счет понимания риска и любых существующих систем контроля для минимизации воздействия, можно оценить степень вероятности и ожидаемые последствия риска, что позволит определить степень риска.

Комиссии по гражданской защите на местном уровне или местная власть должны тщательно анализировать риски, а также изучать причины вызывающие ту или иную степень опасности риска возникновения ЧС на закрепленной территории и регистрировать их. При документировании необходимо включить в список выявленных источников риска, предпринимаемые в настоящее время действия для смягчения риска, запланированные мероприятия, а также риски, которые уже были смягчены. Хотя устранить все риски невозможно, но введение такой регистрации поможет при планировании действий и распределении скудных ресурсов. Несмотря на принимаемые усилия по снижению риска, остаточный риск обычно всегда существует. Этот остаточный риск и может привести к чрезвычайным ситуациям.

В некоторых случаях, при проведении анализа рисков целесообразнее сгруппировать риски с одинаково оцененной степенью вероятности, последствиями и уровнем риска. Это позволит минимизировать количество рисков и стратегий устранения рисков, которые необходимо рассмотреть в процессе реагирования на ЧС.

Кыргызстан – самая крупная по площади горная республика из государств СНГ. Одна из наиболее характерных черт – повсеместное распространение потенциально опасных явлений - обвалов, оползней, лавин, селей, ледников.

Из **70 видов** распространенных в мире опасных природных явлений, которые наносят значительный ущерб населению и хозяйству, **почти все проявляются на территории**

Для территорий, подверженных воздействиям ОПТП, простейшим видом риска потерь является любой случай выведения из строя отдельных площадей в результате поражения оползнями, селями, абразией и другими процессами.

Примем в качестве объекта опасности освоенную часть территории таксона, имеющую площадь S_o , при общей её площади S_t . В пределах этой территории периодически возникает опасность I , каждый раз поражающая площадь S_H . Тогда вероятность поражения любой точки как в пределах освоенной, так и неосвоенной частей территории равна

$$P(S_t S_o) = S_H * S_t^{-1} \quad (1)$$

При $S_t > S_t$ рассматриваемая вероятность
 $P(S_t S_o) = 1$.

Полученная таким образом вероятность определяет долю возможных потерь объекта в случае реализации опасности I . Будем называть эту вероятность степенью уязвимости территории при воздействии определенной опасности, или просто уязвимостью, и обозначать $V_m(I)$. Тогда материальный ущерб, представленный в виде площади, пораженной при единичном проявлении опасности I , может быть определен как

$$D_m(H) = V_m(H) * S_o = S_H * S_o * S_t^{-1} \quad (2)$$

Отсюда риск поражения (разрушения, выведения из строя) единицы площади в пределах освоенной части территории S_o во времени и в пространстве опасностью H и

полный интегральный риск потерь при этом событии вычисляются соответственно по формулам:

$$R_{sm}(H) = P^*(H) * V_m(H) \quad (3)$$

$$R_m(H) = P^*(H) * D_m(H) = R_{sm}(H) * S_0 \quad (4)$$

где: $P^*(H)$ — повторяемость опасности (\dot{I}), численно равная ее статистической вероятности.

Формула (3) характеризует вещественный риск удельных потерь с единицы площади как объекта, так и всей оцениваемой территории за единицу времени, что можно условно выразить, например, через размерность га/га·год; км²/км²·год и т.д. Назовем такой риск «удельным риском поражения территории», имея в виду необходимость уточнения в каждом случае, в чем конкретно заключаются последствия поражения.

Удельный риск поражения представляется перспективным показателем для картографирования и сравнительной оценки риска от ОПТП, особенно при отсутствии достоверной информации о размещении и стоимости отдельных объектов хозяйства. Он может также стать одним из основных интегральных показателей надежности или устойчивости территорий при воздействиях опасностей любого генезиса.

Как следует из формулы (3), удельный риск определяет вероятность поражения или отказа оцениваемой территории при воздействии опасности \dot{I} за единицу времени. Тогда устойчивость (надежность) этой территории к воздействиям опасности \dot{I} может быть установлена в виде безразмерной вероятности ее безотказной работы за то же время из выражения

$$P(FIH) = 1 - P^*(H) * V_m(H) \quad (5)$$

Такой методический прием позволяет оценить устойчивость любых по размеру территорий с использованием ограниченного числа показателей вероятности ее безотказной работы. При этом вычисление более одного значения вероятности необходимо только в случае оценки устойчивости территорий, подверженных опасностям разного генезиса и интенсивности, приводящих к несопоставимым потерям земель.

Полное значение риска поражения, полученное по формуле (4), определяет условную скорость потери земель в пределах освоенной части территории. Значения ущерба и риска для всей территории (если она принята за объект опасности) могут быть получены по тем же формулам (2, 4) после замены S_0 на S_t , что приведет к их упрощению.

Рассмотренные выше математические модели были разработаны для оценки риска от одномоментных, не постоянно действующих опасностей. Для перманентных опасностей, типа абразии, подтопления и некоторых других, риск потери земель и его удельное значение устанавливаются непосредственно через скорость развития процесса по формулам:

$$R_m(H) = V_n * P(V_n) * P(L) * L_t \quad (6)$$

$$R_{sm}(H) = R_m(H) * S_0^{-1}, \quad (7)$$

где: V_n — линейная скорость развития процесса; $P(V_n)$ — вероятность реализации этой скорости;

$$P(L) = V_m(H) = L_n \cdot L_t^{-1} -$$

геометрическая вероятность линейного поражения (уязвимость) территории при протяженности границы развития процесса L_n и общей ее протяженности L_t ; S_0 — площадь оцениваемой территории (объекта).

Литература:

1. Tynybekov A.K., Aliyev M.S. Modelling of environmental risks in Kyrgyzstan, Collected papers of the 14th International Conference. "Mathematics, computer, education" ICE-2007, - Moscow, Moscow State University Lomonosov M.V.
2. Tynybekov A.K. Method zoning environmental risks, "Известия ВУЗов" №1-2, 2007, - Бишкек, p. 191-197.
3. Tynybekov A.K. The use of GIS Risk Assessment. The Second International Symposium on Earth Observation for Arid and Semi-Arid Environments (ISEO 2014), Central Asia: Looking from Space, 10-12 Sept. 2014, p. 72-75, -Issyk-Kul, Kyrgyzstan.
4. Tynybekov A.K. Natural and ecological risks of the Kyrgyz Republic", KRSU, - Bishkek, 2012 .
5. Tynybekov, A.K., Lelevkin, V.M. 2008. Environmental issues of the Kyrgyz Republic and Central Asia, in: Liotta, P.H., Mouat, D.A., Kepner, W.G., Lancaster, J.M. (Eds.), Environmental Change and Human Security: Recognizing and Acting on Hazard Impacts. Springer, Dordrecht, pp. 407–432.
6. Тыныбеков А.К. Оценка природного и экологического риска //Технологии гражданской безопасности. –М., Изд-во: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России ISSN: 1996-8493. - 2013. - №4 (38). - с. 72-77.
7. Тыныбеков А.К., Азаматов Н.А. Методология оценки рисков. Архитектура, дизайн и строительство в горных условиях, КРСУ, 2014, -Бишкек, с. 99-104.
8. Тыныбеков А.К. Risks Assessment of the Natural Disasters, Floods and avalanches ecology in KR, 23-24 окт. 2015, -Бишкек, с. 36-42.