

## ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РИСКОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ В ПРОЕКТАХ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Н. С. Попов, А. А. Баламутова, С. Г. Толстых

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия*

**Ключевые слова:** моделирование; природо-промышленный комплекс; проектное решение; устойчивое развитие; социально-экологическая напряженность; слухи; факторы риска.

**Аннотация:** Дано описание методики оценки социально-экологических рисков проектных решений в задачах планирования территориального развития страны. В основу методики положена энтропия состояний природо-промышленного комплекса, позволяющая суммировать воздействия всех факторов риска проектных решений и прогнозировать стадии нарастания социально-экологической напряженности в общественном сознании.

### Введение

В условиях роста экономики государства уровень общественного благосостояния зависит от характера пространственной организации производительных сил: выбора наилучших вариантов совместного размещения всех элементов хозяйства, комплексного использования трудовых и естественных ресурсов и преимуществ территориального распределения труда, скоординированного использования природного и экономического потенциалов смежных регионов. Проекты территориального развития прямо или косвенно затрагивают качественное состояние природных сред, условия проживания и жизнедеятельности населения [1 – 3].

Последствия от строительства новых или модернизации существующих объектов территориального развития (ОТР), представляющих собой пространственно-распределенные природо-промышленные комплексы, часто оцениваются негативно жителями, которым предстоит жить вблизи предполагаемых мест их размещения. Причинами этому оказываются: 1 – недостаточно тщательная проработка проектных решений в части прогноза последствий от их реализации; 2 – неосведомленность населения

---

Попов Николай Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», e-mail: eco@mail.tstu.ru; Баламутова Анна Андреевна – аспирант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»; Толстых Светлана Германовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

о результатах и полноте экспертизы социально-экологической безопасности проектов. Обстоятельства неопределенности в таком случае порождают недоверие у населения и способствуют возникновению в обществе состояния социально-экологической напряженности (СЭН).

По определению, сформулированному в работе [4], СЭН является «характеристикой актуализации социально-экологических процессов в их взаимосвязи с реальной антропогенной нагрузкой на окружающую природную среду, позволяющую оценить связь между зачастую не воспринимаемыми человеком непосредственно изменениями свойств и характеристик биосферы и реальной жизнью». С позиций системологии СЭН представляет собой явление общественной самоорганизации, возникающее на определенном этапе территориального развития страны из-за нарушения согласия интересов различных субъектов социально-психологических, производственно-коммерческих и экологических отношений, порождающее в общественном пространстве негативные эмоциональные реакции типа беспокойства, страха, недоверия, агрессии, конфликта и других, способных оказывать деструктивное влияние на процесс принятия решений, связанных с развитием регионов. В личностном плане СЭН означает нарушение душевного равновесия людей по причине возникающей у них дисгармонии с внутренним и внешним миром. Возникнув однажды из-за нарушения равновесного (компромиссного) состояния в системе указанных отношений, СЭН начинает развиваться в виде лавинообразного и хаотичного динамического процесса, затрагивающего интересы все более широкого круга социальных индивидов и групп и влияющего на их общественное поведение. Ведущей силой данного процесса оказываются слухи – информационные сообщения, распространяемые между людьми без предоставления доказательств их достоверности [5]. Слухи порождают у людей страхи – отрицательные эмоции, связанные с получением информации о реальной или мнимой угрозе их безопасности, возможном или реальном ущербе.

Таким образом, развитие СЭН во времени является отчасти стихийным и малопредсказуемым процессом, результаты которого в период активной фазы остановить проблематично. Радикальное решение по предупреждению СЭН заключено в устранении или ослаблении первопричин его возникновения, основываясь при этом на оценках социально-экологических рисков проектных решений. Под риском здесь понимается вероятность наступления неблагоприятного для общества и природы события, вызванного негативным влиянием хозяйственной деятельности. К таким событиям относятся нарушения строительных регламентов, размеров санитарно-защитных зон, нормативных ограничений в экологии, режимов эксплуатации оборудования и т.п.

Повышая качество проектных решений в аспектах учета воздействия их на окружающую среду и более глубокого анализа последствий для природы и общества, можно избежать серьезных проблем, связанных с возникновением СЭН. Для этого необходимо использовать международные и национальные стандарты проектирования ОТР, современные технологические регламенты на оборудование, системы международной серти-

фикации и наилучшие мировые практики. Приведем примеры некоторых характерных в этом смысле документов:

– система добровольной сертификации LEED, разработанная в 1998 г. Американским советом по зеленым зданиям для оценки энергоэффективности и экологичности процессов устойчивого развития;

– система принципов ESG, разработанная и опубликованная ООН в виде резолюции «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», внедряемая в различные сферы деятельности компаний – от строительства зданий до минимизации их негативного воздействия на окружающую среду;

– система сертификации BREEAM, разработанная британской компанией BRE Global в 1990 г., стимулирующая рост рынка зеленых зданий и способствующая улучшению экологических показателей компаний.

В России экологическое сопровождение проектов развития ОТП регламентируется федеральными законами, ГОСТ и СанПиН. В их числе постановление Правительства РФ от 21.09.2021 г. № 1587 [6], в котором проекты отраслевого развития должны использовать наилучшие доступные технологии и подтвержденный верификатором положительный эффект воздействия проекта на окружающую среду и климат. Для качественной разработки территориальных инфраструктур предложена система оценки качества проектов IRIS [7], определяющая то, каким должен быть устойчивый и привлекательный для инвесторов проект. Особенно важным документом является постановление Правительства РФ от 28.11.2024 г. № 1644 [8], в котором определен порядок проведения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) в связи с планируемой хозяйственной деятельностью. В документе указано на необходимость выявления прямых, косвенных и иных воздействий планируемой хозяйственной деятельности на объекты природной среды и на прогнозирование изменений их состояния при реализации хозяйственной деятельности.

Ценность нормативно-правовой документации очевидна. Она регламентирует облик проекта ОТП, дружественного природе. Под словом «дружественный» здесь понимается вариант проекта с наличием в нем таких малозначимых факторов риска для окружающей среды и социального благополучия общества, ущерб от которых может быть экономически оправдан. Выявление и расчет величины факторов риска является обязательной задачей системного анализа проектных решений.

*Цель работы* – разработка методики расчета энтропийной оценки факторов риска проектных решений и прогноза последствий, принятых в условиях неопределенности решений, влияющих на социально-экологическую напряженность в общественном пространстве.

### **Задача территориального развития**

В России накоплен уникальный научный и практический опыт по освоению свободных и освобождаемых, при ликвидации устаревших хозяйств страны, пространств. Классический вариант вербальной постановки задачи формирования пространственной структуры условного района Сибири, сформулированной учеными академической школы СССР

в 70-х годах прошлого века, звучит следующим образом: «Определить вариант размещения комплексующих производств и элементов производственной инфраструктуры межрайонного и общероссийского значения при условии минимизации суммарных приведенных затрат на формирование и функционирование хозяйства экономического района с учетом намечаемого уровня жизни населения» [2].

Сложность решения данной задачи в математической постановке очевидна [2]. Для этого потребуются модели разной степени детализации (уровня) и назначения и большой объем достоверной первичной информации. Поэтому вопрос о последствиях принимаемых проектных решений логичнее перенести с глобального на локальный уровень объектов территориального развития, к которым, в частности, относятся:

- земельные ресурсы;
- центры деловой и политической активности;
- производственно-промышленные и социально-экологические комплексы;
- научные центры;
- объекты культурно-исторического назначения;
- зоны рекреации и туризма;
- муниципальные образования;
- жилые зоны.

Для этих и подобного рода других ОТР постановка задачи планирования территориального развития в конкретной местности ставится следующим образом. Дано множество допустимых проектных решений

$$\Omega^+ = \{w_i \in \Omega : Q_i > 0\}, \quad (1)$$

на котором требуется найти оптимальный вариант

$$w_i^* = \arg \min_{w_i \in \Omega^+} Q(w_i), \quad i = \overline{1, r}, \quad (2)$$

удовлетворяющий действующим технико-технологическим и социально-экологическим нормативам. Критерием выбора оптимального решения являются затраты по проекту с учетом возможных потерь

$$Q = \left[ \sum_{t=0}^T (D_t - C_t)/(1+n)^t + \sum_{j=1}^{k_i} P_j(V_{ij})B_{ij} \right], \quad (3)$$

где первое слагаемое – чистая приведенная стоимость, а второе – возможные социально-экологические ущербы;  $P_j(V_{ij})$  – вероятность появления негативных последствий в случае реализации  $i$ -го решения;  $B_{ij}$  – цена возможных потерь;  $V_{ij}$  –  $j$ -е число факторов риска в  $i$ -м проектном решении;  $t$  – время реализации проектного решения, годы;  $D_t$  и  $C_t$  – соответственно значения годового дохода и затрат по проекту;  $n$  – дисконтный процент.

При системном выявлении факторов риска  $V_{ij}$  их удобно разделять на группы:

- социальные (ухудшение здоровья людей, смена мест работы, изменение качества жизни и т.п.);
  - экологические (загрязнение природных сред, миграция видов и т.п.);
  - ресурсно-ландшафтные (деградация ландшафта, биоресурсов и т.п.);
  - ландшафтные (ухудшение пейзажа, рельефа местности и т.п.) и др.;
- Анализируя факторы риска в каждой из названных групп, можно полнее определить наиболее значимые из них, а при необходимости установить и взаимосвязи между ними.

Пример определения факторов риска для россыпного месторождения «Центральное» [9] (рис. 1) представлен на рис. 2.

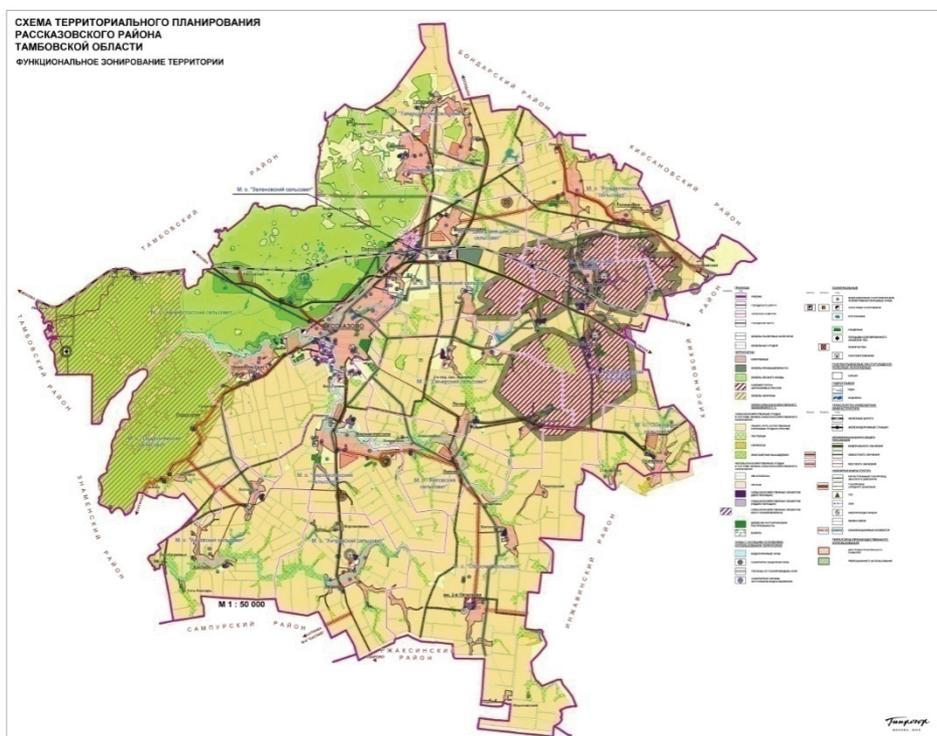


Рис. 1. Схема расположения месторождения «Центральное»

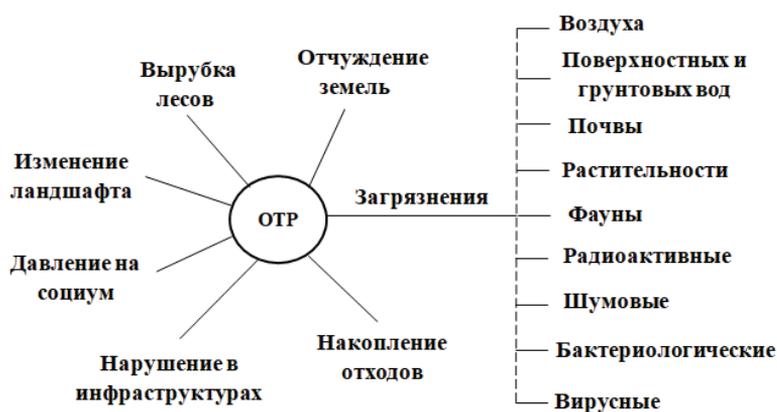


Рис. 2. Факторы риска месторождения «Центральное»

Вследствие расположения месторождения в нескольких населенных зонах, при вводе его в эксплуатацию ожидаемо появление СЭН. Основной акцент при определении факторов риска сделан на загрязнение природных сред, снижение численности биологических видов, занесенных в Красную книгу Тамбовской области, и инфекционные проблемы из-за наличия на полях месторождения скотомогильников.

### **Методика энтропийного подхода к оценке СЭН**

Выше отмечалось, что состояние СЭН в обществе возникает по причине неопределенности ситуации, связанной с возможными негативными последствиями проектных решений ОТР для окружающей природной среды и качества жизни населения. Снижению неопределенности и конфликтности в общественном пространстве содействуют не только нормативно-правовые предписания государственных органов управления в аспекте директив по устойчивому территориальному развитию и охране окружающей среды, но также и накопленный опыт проектных организаций, приобретаемый ими в задачах планирования ОТР.

Вместе с тем следует признать, что полное устранение неопределенности последствий от ОТР маловероятно не только из-за невозможности исследования всех гипотетических факторов риска в проектных решениях, но и из-за особенностей ОТР как распределенных природо-промышленных комплексов, для которых характерны сложность, нелинейность, стохастичность, запаздывания в обратных связях, бифуркационность, изменение целей развития, наличие переломных моментов в поведении и многое другое. Оценка влияния факторов риска на территориальное развитие при таких обстоятельствах резко усложняется и нуждается в использовании сценарного подхода, основанного на имитационном моделировании будущих социально-экономических и экологических ситуаций [10].

Поскольку первичным в анализе негативных воздействий проектных решений ОТР на природу и общество является количественная оценка рисков, в настоящей работе предложена методика их расчета на основе энтропии – априорной меры неопределенности состояний физических систем. Цель методики двойственна: 1 – построение обратной связи между степенью неопределенности социально-экологической ситуации, связанной с проектированием ОТР, и ее источниками возникновения, а именно – факторами риска проектных решений; 2 – визуализация последствий принимаемых решений посредством графического отображения состояний СЭН в условиях роста неопределенности.

Последовательность операций по применению методики представлена на диаграмме рис. 3. В их числе:

1. Выявление потенциально значимых факторов риска экспертами и оценка вероятности их возникновения средствами имитационного моделирования.

2. Интеграция и перевод всех выявленных факторов риска ОТР в значение энтропии, обладающей свойством аддитивности.

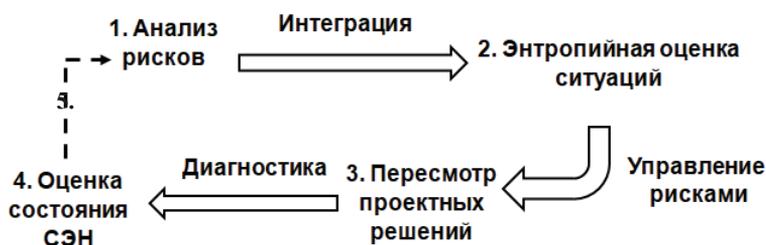


Рис. 3. Методика энтропийного цикла в оценке СЭН

3. Управление рисками в процессе изучения и выбора наилучших вариантов проектных решений, позволяющих снизить социально-экологические потери ОТР до приемлемого уровня.

4. Диагностика состояний СЭН по результатам расчета социально-экологических рисков и суммарной энтропии.

5. Переход к повторным расчетам при нежелательном развитии ситуации с СЭН.

При выполнении операций в пп. 1 – 4 все частные факторы риска  $rf$  будем интерпретировать как события, которые могут произойти или не произойти, и оценивать единственным числом – вероятностью события, характеризующим меру степени их объективной возможности. В данной методике вероятность события выражает меру опасности грядущих последствий проектных решений, связанных с нарушением установленных законами требований социально-экологического и санитарно-гигиенического характера. Интерес для экспертов представляют следующие виды событий: невозможные – с вероятностями  $p(rf_i) = 0, i = \overline{0, n}$ , достоверные – с вероятностями  $p(rf_j) = 1, j = \overline{0, m}$  и возможные – с вероятностями в диапазоне значений  $0 < p(rf_k) < 1, k = \overline{0, l}$  [11]. С учетом такого деления все факторы риска можно распределить по трем группам (рис. 4).

Элементы множества  $M_1$  не создают проблему с СЭН, поскольку вероятность возможного нарушения ими каких-либо требований социально-экологического или санитарно-гигиенического характера в проектном решении равна нулю. В противоположность этому наличие элементов в множестве  $M_3$  с вероятностью единица свидетельствует о явных нарушениях

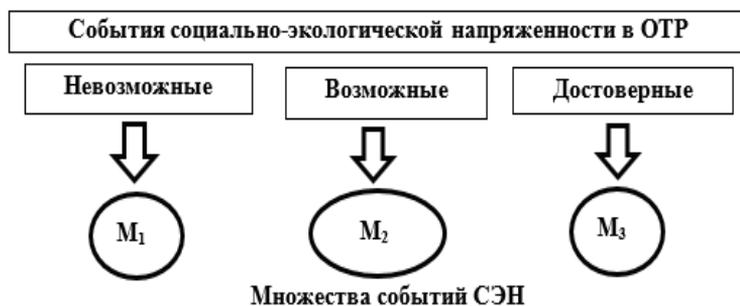


Рис. 4. Типизация событий в анализе СЭН

социально-экологических или санитарно-гигиенических нормативов, что побуждает проектировщиков к кардинальному пересмотру ряда характеристик проектного решения. Особую значимость имеют элементы множества  $M_2$ , создающие неопределенность ситуации с СЭН из-за частичного (с вероятностью меньше единицы) нарушения экологического и социального законодательств. В этом случае для смягчения ситуации с СЭН проектировщикам необходимо руководствоваться концепцией приемлемого риска с последующими обсуждениями окончательных результатов проектирования на общественных слушаниях.

Выполнение операций в п. 2 основано на понимании того, что  $rf$  характеризуют негативные социально-экологические последствия в природо-промышленном комплексе, состоящем из двух типов систем: экологических и социально-экономических, взаимно зависимых или независимых в конкретных ситуациях. При объединении произвольного числа независимых систем их энтропии суммируются, а при определении энтропии системы с зависимыми  $rf$  необходимо использовать формулу расчета условной энтропии [11].

Однако без потери общности рассмотрим вариант независимых систем и представим все факторы риска в виде ансамбля:

$$RF = \{rf, p_i(rf)\}, \quad \sum_{i=1}^N p_i(rf) = 1. \quad (4)$$

При  $N = 2$  рассматриваются два возможных состояния  $rf$ : 1 – нарушение социально-экологических нормативов с вероятностью  $p$ ; 2 – отсутствие нарушений с вероятностью  $q = 1 - p$ . Полная энтропия состояний системы вычисляется по формуле

$$H(RF) = \sum_{i=1}^L p_i(rf) \ln p_i(rf). \quad (5)$$

Важно отметить, что  $H(RF)$  ограничена снизу и сверху

$$0 \leq H(RF) \leq \ln L, \quad (6)$$

где  $L$  – общее число факторов риска проектного решения. Значение  $p_i(rf)$  определяется средствами имитационного моделирования состояний природо-промышленного комплекса в предположении реализации конкретного проектного решения.

Характер изменения энтропии двух возможных состояний  $rf$  показан на рис. 5. Наибольшая неопределенность ситуации с СЭН появляется при  $p = q = 0,5$ . Очевидно, что корректировка проектного решения либо переход к рассмотрению альтернативных вариантов, в принципе, может изменить значения  $p$  до приемлемого уровня и контролировать ожидаемый социально-экологический ущерб по формуле

$$Y = \sum_{i=1}^L p_{i\text{пр}}(rf) y_i, \quad (7)$$

где  $p_{i\text{пр}}(rf)$  – приемлемая вероятность нарушений по  $i$ -му фактору риска, а  $y_i$  – соответствующая ему цена потерь.

Расчеты по формулам (5) и (7) соответствуют выполнению операций в пп. 2 и 3 настоящей методики.

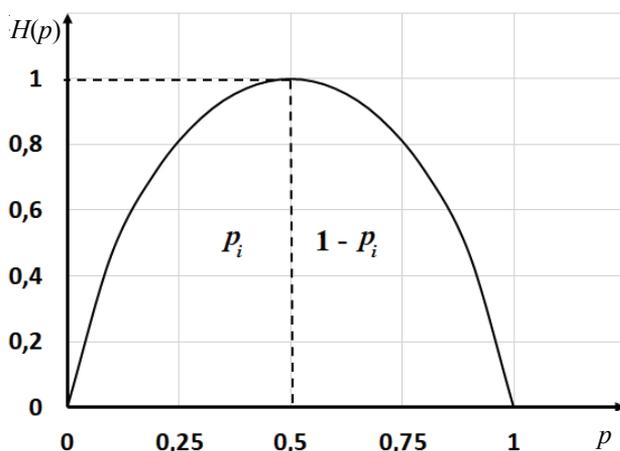


Рис. 5. Энтропия двух состояний RF

### Прогноз СЭН в задачах проектирования ОТР

Неопределенность ситуации, связанной с последствиями строительства ОТР, как часто бывает, порождает негативные слухи среди населения. Необходимо своевременно контролировать рост СЭН в зоне размещения ОТР в зависимости от значения  $H(rf)$ . Для этого следует использовать математические модели. В известных моделях распространения слухов отсутствует связь между уровнем неопределенности состояния природо-промышленного комплекса и числом граждан, охваченных слухами.

Простейший вариант детерминированной модели распространения слухов имеет вид [12]

$$N(t) = N_0(1+r)^t, \quad (8)$$

где  $N_0$  и  $N(t)$  – соответственно начальное и прогнозируемое на момент времени  $t$  число граждан, подверженных слухам;  $r$  – коэффициент передачи слухов между людьми;  $t$  – время, сут.

В настоящей методике предложена нестационарная вероятностная модель распространения слухов следующего вида:

$$N(t) = N_0 \exp \left[ \int_0^t r(\tau) d\tau \right], \quad (9)$$

где  $N_0$  и  $N(t)$  – переменные, аналогичные модели (8);  $r(\tau)$  – вероятностный коэффициент передачи слухов между людьми. Модель (9) базируется на предположении, что в каждый момент времени  $t$  среднее значение

$$\bar{r} = \frac{1}{t} \int_0^t r(\tau) d\tau \quad (10)$$

и дисперсия  $\sigma^2 t$  распределены экспоненциально и не зависят от времени. При этом плотность вероятности  $f(N(t)/N_0)$  является экспоненциальной, со средним числом контактов при передаче слухов

$$\bar{N}(t) = N_0 \exp(\bar{r}t). \quad (11)$$

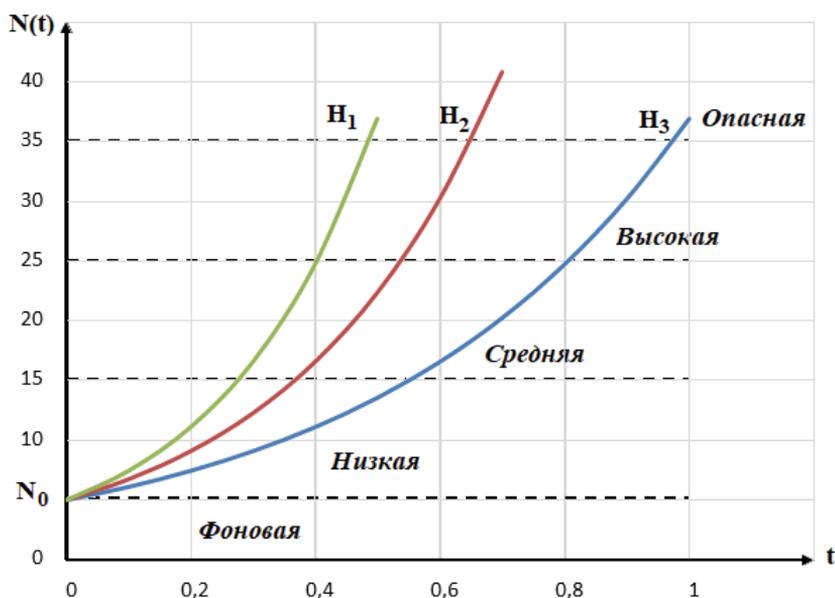


Рис. 6. Зависимость скорости распространения слухов от значений энтропии

Учитывая тот факт, что для экспоненциального распределения  $\bar{r}$  энтропия

$$H_{\text{эксп}} = 1 - \ln \bar{r}, \quad (12)$$

можно графически выразить связь меры неопределенности последствий проектных решений  $H(RF)$  с числом граждан, обеспокоенных строительством ОТР, то есть визуализировать возможный рост СЭН, связанный с наличием факторов риска в проектных решениях.

На рисунке 6 приведен пример семейства  $N(t)$  за время одной недели при разных значениях  $H(RF)$ .

Диагностика состояний СЭН в методике проводится первоначально экспертами при выполнении операции в п. 4 и отображается параллельными пунктирными линиями на графике рис. 6. Результаты диагностики позволяют принять решение либо о повторных операциях, либо о завершении работы над проектным решением согласно п. 5.

### Заключение

1. Предложена методика комплексной оценки социально-экологических рисков проектных решений в задачах планирования объектов территориального развития.

2. В основу методики положен расчет энтропии состояний природо-промышленного комплекса, прогнозируемых в процессе выбора наилучшего проектного решения.

3. Энтропийный подход позволяет объединить различные по смыслу факторы риска в единый показатель неопределенности ситуации с социально-экологической напряженностью, возникающей в гражданском обществе.

4. Значения энтропии позволяют разработать цифровую шкалу СЭН при недостаточной осведомленности населения о качестве проектных решений.

5. Методика может быть расширена в экспертной системе анализа проектов территориального развития.

#### *Список литературы*

1. О стратегическом планировании в Российской Федерации : Федер. закон от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ. – Текст электрон. – URL : [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_164841/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/) (дата обращения: 16.06.2025).

2. Моделирование формирования территориально-производственных комплексов = Modelling of territorial-production complexes formation // М. К. Бандман, О. П. Бурматова, В. В. Воробьева [и др.] ; отв.ред. М. К. Бандман. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1976. – 338 с.

3. Numan, M. BIM and Risk Management: A Review of Strategies for Identifying, Analysing and Mitigating Project Risks // Journal of Engineering Research and Sciences. – 2024. – Vol. 3, No. 1. – P. 20 – 26. doi: 10.55708/js0301004

4. Национальный атлас России. Природа и экология [Электронный ресурс] / Карты ФГУП "ГОСГИСЦЕНТР". – М. : Роскартография, 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

5. Allport, G. W. The Psychology of Rumor / G. W. Allport, L. Postman. – N.-Y. : Henry Holt and Company, 1948 (Printing). – 276 p.

6. Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в Российской Федерации : Постановление РФ от 21.09.2021 г. № 1587. – Текст электрон. – URL : <http://government.ru/docs/all/136742/> (дата обращения: 24.07.2025).

7. IRIS. Система оценки качества и сертификации инфраструктурных проектов / Национальный центр государственного частного партнерства. – АЕСОМ, ВЭБ РФ, 2021. – 228 с. – URL : <https://pppcenter.ru/upload/iblock/8a0/8a0ae4072c2dfcfd1571d5ca8181c9fd.pdf> (дата обращения: 01.10.2025).

8. О порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду : Постановление Правительства Российской Федерации от 28.11.2024 № 1644. – Текст электрон. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1310313498> (дата обращения 24.07.2025).

9. Хорохорина, И. В. От экологического алармизма – к зеленым проектам разработки месторождений / И. В. Хорохорина, Н. С. Попов, А. О. Сухова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2024. – № 3(93). – С. 80 – 91. doi: 10.17277/voprosy.2024.03.pp.080-091

10. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем / Т. Нейлор, Дж. Ботон, Д. Бердик [и др.] ; пер. с англ. В. Ю. Лебедева, А. В. Лотова ; под ред. А. А. Петрова ; с предисл. Н. Н. Моисеева. – М. : Мир, 1975. – 500 с.

11. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учебник для втузов / Е. С. Вентцель. – 3-е изд., испр. – М. : Наука, 1964. – 576 с.

12. Huang Neo, Deng Nancy. Калькулятор распространения слухов. – URL: <https://calculatorultra.com/ru/tool/rumor-spread-calculator.html#gsc.tab=0> (дата обращения: 16.06.2025).

#### *References*

1. Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_164841/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/) (accessed 16 June 2025).

2. Bandman M.K., Burmatova O.P., Vorob'yeva V.V. [et al.]; Bandman M.K. (Ed.). *Modelling of territorial-production complexes formation*, Novosibirsk: Nauka. Sib. otdeleniye, 1976, 338 p. (In Russ.).
3. Numan M. BIM and Risk Management: A Review of Strategies for Identifying, Analysing and Mitigating Project Risks, *Journal of Engineering Research and Sciences*, 2024, vol. 3, no. 1, pp. 20-26. doi: 10.55708/js0301004
4. *Natsional'nyy atlas Rossii. Priroda i ekologiya* [National Atlas of Russia. Nature and Ecology], Moscow: Roskartografiya, 2007. (In Russ.).
5. Allport G.W., Postman L. *The Psychology of Rumor*, N.-Y.: Henry Holt and Company, 1948 (Printing), 276 p.
6. Available at: <http://government.ru/docs/all/136742/> (accessed 27 July 2025).
7. Available at: <https://pppcenter.ru/upload/iblock/8a0/8a0ae4072c2dfcfd1571d5ca8181c9fd.pdf> (accessed 01 October 2025).
8. Available at: <https://docs.entd.ru/document/1310313498> (accessed 27 July 2025).
9. Khorokhorina I.V., Popov N.S., Sukhova A.O. [From environmental alarmism to green field development projects], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2024, no. 3(93), pp. 80-91. doi: 10.17277/voprosy.2024.03.pp.080-091 (In Russ., abstract in Eng.)
10. Naylor T.H., Boughton J.M. Computer simulation experiments with models of economic systems. Wiley, 1971, 502 p.
11. Venttsel' Ye.S. *Teoriya veroyatnostey: uchebnyy dlya vtuzov* [Theory of Probability: a textbook for colleges], Moscow: Nauka, 1964, 576 p. (In Russ.).
12. Available at: <https://calculatorultra.com/ru/tool/rumor-spread-calculator.html#gsc.tab=0> (accessed 16 June 2025).

---

## **An Entropy Approach to Assessing Social and Environmental Stress Risks in Territorial Development Projects**

**N. S. Popov, A. A. Balamutova, S. G. Tolstykh**

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

**Keywords:** modeling; natural-industrial complex; project solution; sustainable development; social and environmental stress; rumors; risk factors.

**Abstract:** This article describes a methodology for assessing the social and environmental risks of project solutions in national territorial development planning. The methodology is based on the entropy of the states of the natural-industrial complex, which allows for summing up the impact of all risk factors of project solutions and forecasting the stages of increasing social and environmental stress in the public consciousness.

---

© Н. С. Попов, А. А. Баламутова, С. Г. Толстых, 2025