

**Комбинированное применение моделей штрафов и экологического страхования для управления рисками деградации водных бассейнов**

**Аннотация:** В работе исследуются экономико-математические методы управления рисками деградации уникальных водных бассейнов в аридных регионах России. На примере озер Баскунчак и Эльтон проанализированы основные угрозы, связанные с техногенной нагрузкой и климатическими изменениями. Для озера Баскунчак предложена модель штрафных санкций с прогрессивной ставкой. Для озера Эльтон разработана модель параметрического страхования на случай превышения критической минерализации вод. Разработаны соответствующие математические аппараты для расчета размера штрафа и страховой выплаты. Доказано, что комбинированное применение данных инструментов позволяет создать систему стимулирования водосбережения и формирования финансовых резервов для реабилитации экосистем.

**Ключевые слова:** озеро Баскунчак, озеро Эльтон, управление водными ресурсами, экономические инструменты, модель штрафов, параметрическое страхование, экологические риски, засоление

**Введение**

Деградация водных бассейнов представляет собой одну из наиболее острых экологических проблем современных аридных регионов России. Интенсивное водопользование в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов, усугубляемое климатическими изменениями, ведет к необратимым последствиям для уникальных экосистем, экономики и социальной сферы [1]. Особую уязвимость демонстрируют гипергалинные озера, такие как Баскунчак и Эльтон, гидрологический баланс которых крайне чувствителен к любому изменению режима водопотребления и

климатическим колебаниям [2]. Традиционные административные методы управления часто оказываются неэффективными из-за недостаточного финансирования и отсутствия прямых экономических стимулов для водопользователей к рационализации своей деятельности. В этой связи актуальной задачей является разработка и внедрение адаптивных экономических механизмов, которые не только наказывают за нерациональное использование ресурсов, но и создают финансовую основу для ликвидации последствий и адаптации. Целью данной работы является разработка комбинированной экономико-математической модели управления рисками деградации водных бассейнов, интегрирующей инструменты штрафования и страхования, адаптированной для озер Баскунчак и Эльтон.

#### *Задачи исследования:*

Провести сравнительный анализ рисков для озер Баскунчак и Эльтон и обосновать выбор управленческих инструментов.

Разработать математическую модель штрафных санкций за сверхнормативный водозабор для озера Баскунчак.

Предложить модель параметрического страхования на случай превышения критической минерализации для озера Эльтон.

Сформулировать практические рекомендации по внедрению предложенных механизмов.

### **Анализ уязвимых водных бассейнов на примере озер Эльтон и Баскунчак**

Озера Эльтон и Баскунчак, расположенные в Прикаспийской низменности, являются уникальными природными объектами России и яркими примерами водных бассейнов, находящихся под угрозой деградации [3]. Их уязвимость обусловлена сочетанием естественных климатических факторов (аридный климат, высокое испарение) и возрастающей антропогенной нагрузки.

#### **Озеро Баскунчак: риски промышленного водопользования**

Озеро Баскунчак — крупнейшее месторождение самосадочной соли в России, где осуществляется ее промышленная добыча [4]. Ключевым риском является деятельность основного водопользователя. Производственный цикл требует значительных объемов воды для промывки соли и хозяйственной деятельности.

Водозабор осуществляется из подземных горизонтов и из реки Горькая, что нарушает естественный гидрологический баланс территории и может привести к падению уровня грунтовых вод [5]. Таким образом, основной риск имеет техногенную природу.

### **Озеро Эльтон: комплексные климатические и антропогенные угрозы**

Озеро Эльтон – крупнейшее минеральное озеро Европы, имеющее статус охраняемой территории (природный парк «Эльтонский»). Его экосистема обладает высокой экологической и рекреационной ценностью. Риски носят комплексный характер: рост температуры, увеличение частоты засух ведут к усиленному испарению и повышению минерализации вод, что угрожает уникальной биоте [6]. Антропогенный фактор усугубляет ситуацию.

Проведенный анализ позволяет систематизировать риски и определить приоритетные инструменты управления (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика объектов исследования

Критерий	Озеро Баскунчак	Озеро Эльтон
Основной тип риска	Техногенный	Природно-климатический
Приоритетный инструмент	Модель штрафов	Модель страхования
Цель инструмента	Превентивное регулирование	Компенсация ущерба

В основе разработанных моделей лежат принципы экономики окружающей среды, в частности теория интернализации внешних эффектов [7] и теория управления рисками [8]. Для формализации процессов использованы методы математического моделирования и актуарных расчетов.

#### **Модель штрафных санкций (для озера Баскунчак)**

Пусть  $L$  – установленный лимит водозабора для предприятия ( $\text{м}^3/\text{год}$ ),  $V$  – фактический объем водозабора ( $\text{м}^3/\text{год}$ ). Размер штрафа  $F$  рассчитывается по формуле с прогрессивной ставкой:

$$F=k \cdot (V-L)\alpha + Ca, \quad (1)$$

где  $k$  – базовая ставка штрафа (руб./м<sup>3</sup>),  
 $\alpha$  – коэффициент прогрессии ( $\alpha > 1$ ),  
 $Ca$  – административные издержки (руб.).

Введение коэффициента  $\alpha$  обеспечивает нелинейный рост штрафа, что делает его экономически чувствительным для предприятия при значительных превышениях лимита. Для калибровки модели рекомендуется  $\alpha=1.5$  (умеренная прогрессия), а значение  $k$  установить в размере 2-3-кратной стоимости питьевой воды в регионе.

*Пример расчета:* При  $L=5 \times 10^6$  м<sup>3</sup>/год,  $V=5.5 \times 10^6$  м<sup>3</sup>/год,  $k=100$  руб./м<sup>3</sup>,  $\alpha=1.5$ ,  $Ca=10000$  руб.:

$$F=100 \cdot (5.5 \times 10^6 - 5 \times 10^6) 1.5 + 10000 = 100 \cdot (500000) 1.5 + 10000 \approx 100 \cdot 353553.9 + 10000 = 353563390 \text{ руб.}$$

Проведенный расчет показывает, что для предприятия-водопользователя штраф в размере **~353,6 млн рублей** за превышение лимита водозабора на 10% (на 500 тыс. м<sup>3</sup>) представляет собой существенную финансовую нагрузку. Для сравнения: стоимость забора и подготовки 500 тыс. м<sup>3</sup> воды для промышленных нужд в регионе оценивается ориентировочно в **5-7 млн рублей**. Таким образом, **экономический стимул** к соблюдению лимитов и инвестициям в водосберегающие технологии является крайне высоким — потенциальные затраты на штраф **на два порядка превышают** стоимость сэкономленного ресурса. Данный механизм создает прямую финансовую выгоду от экологически ответственного поведения.

### Модель параметрического страхования (для озера Эльтон)

В качестве параметра, определяющего наступление страхового случая, предлагается использовать минерализацию воды  $M$  (г/л). Страховой случай наступает, если  $M > M_{\text{крит}}$ , где  $M_{\text{крит}}$  – критический уровень минерализации (например, 350 г/л). Размер страховой выплаты  $S$  рассчитывается пропорционально степени превышения

$$S = S_{\text{max}} \cdot M - M_{\text{крит}} M_{\text{max}} - M_{\text{крит}} \cdot \beta, \quad (2)$$

где  $S_{max}$  – максимальная сумма по договору страхования,  
 $M_{max}$  – значение минерализации, при котором выплачивается  $S_{max}$ ,

$\beta$  – поправочный коэффициент (0.8-1.2), учитывающий дополнительные факторы (площадь озера, сезонность).

Расчет страховой премии основан на актуарной модели

$$P = E[S] \cdot (1 + \gamma) \cdot (1 - \delta) \cdot (1 - \epsilon), \quad (3)$$

где  $E[S]$  – математическое ожидание страховых выплат,

$\gamma$  – рискованная надбавка (15-25%),

$\delta$  – доля накладных расходов (10-15%),

$\epsilon$  – планируемая рентабельность (5-10%).

Предлагается модель синергетического взаимодействия двух инструментов

$$R_{total} = F_{sum} \cdot \eta_{Savg} \cdot \omega, \quad (4)$$

где:  $R_{total}$  – интегральный показатель эффективности системы,

$F_{sum}$  – сумма собранных штрафных payments,

$S_{avg}$  – средняя страховая выплата,

$\eta$ ,  $\omega$  – весовые коэффициенты значимости инструментов.

### Методы внедрения

1. **Для модели штрафов:** Установление лимитов водопотребления на основе гидрологических исследований и внедрение системы автоматического мониторинга водозабора.

2. **Для модели страхования:** Непрерывный мониторинг минерализации с передачей данных в страховую компанию.

3. **Синергетический эффект:** Часть средств от штрафов на Баскунчаке может направляться в целевой фонд для субсидирования страховых премий для Эльтона.

### Заключение

Разработана дифференцированная экономико-математическая модель управления рисками для озер Баскунчак и Эльтон,

включающая модель штрафов с прогрессивной ставкой и модель параметрического страхования.

Предложенные модели являются практико-ориентированными и могут быть адаптированы для применения органами власти.

Научная новизна работы заключается в комбинации двух инструментов для управления различными типами рисков в одной географической зоне и разработке комплексного математического аппарата. Практическая значимость заключается в создании экономических стимулов для промышленных предприятий к модернизации и формировании устойчивого источника финансирования для восстановительных работ. Перспективы исследований включают точную калибровку моделей на основе реальных данных и правовой анализ для внедрения механизмов.

#### Литература:

1. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. – М.: Наука, 2006. – 221 с.
2. Water Code of the Russian Federation of June 3, 2006. – No. 74-FZ (as amended on July 1, 2021).
3. Safronov I.N., Pilipenko V.N. Natural Park "Eltonsky": current state and conservation problems // Scientific bulletins of the Belgorod State University. Series: Natural sciences. – 2019. – Vol. 43, No. 2. – P. 195-203.
4. Yakushev V.S., Chibilyov A.A. Issues of rational use of water resources in the Lake Baskunchak basin // Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2017. – Vol. 19, No. 1(2). – P. 254-259.
5. Bogdanov N.A. Lake Baskunchak: research history and modern problems // Vestnik of the Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry. – 2018. – No. 2. – P. 55-63.
6. Goryachkin S.V., et al. Dynamics of soil and water salinization in the Lake Elton area under modern climate change // Arid ecosystems. – 2020. – Vol. 26, No. 4(85). – P. 34-42.
7. Golub A.A., Strukova E.B. Environmental economics. – М.: Aspect Press, 2019. – 315 p.

8. *Jarzabek L., et al.* Drought insurance as a tool for water management // *Water Resources Management*. – 2019. – Vol. 33. No. 1. – P. 73-88.

---

**Усманова Т.Х., Демьянова О.В.**

### **Формирование социально-экономической безопасности МТК «Север-Юг»**

**Аннотация:** Международный транспортный коридор (МТК) «Север-Юг» разрабатывается как Мегапроект. Глобальные и интеграционные процессы, происходящие за последние десятилетия, формируют множество крупных проектов. Обеспечение социально-экономической безопасности крупных систем важно для развития регионов.

**Ключевые слова:** социально-экономическая безопасность, МТК «Север-Юг», цифровизация, глобализация

**Актуальность.** Современное развитие крупных инфраструктурных, логистических и производственных структур происходит в условиях всемерной цифровизации. Глобальные процессы предусматривают развитие проектов с учетом контроля, мониторинга, управления и оперативного принятия управленческого решения.

Сложные системы как МТК «Север-Юг» нуждаются в формировании надежной системы обеспечения безопасности [1].

Различные варианты пространственного развития глобальных проектов отличаются качественными характеристиками, формированием альтернативных вариантов уже существующим проектам. При этом количественные параметры новых мегапроектов кардинально отличаются проработанностью на долгосрочную перспективу.

Тенденции развития нового Мегапроекта МТК «Север-Юг» предусматривает охват как Восточного, так и Западного транспортного коридора с выходом на каспийский бассейн. А каспийский бассейн – это река Волга с охватом многих регионов Поволжья с огромными ресурсами: природными и человеческими.