A wide-angle photograph of a vast agricultural field, likely a grain field, stretching to the horizon. The crops are a mix of golden-brown and green, indicating they are ripe. The sky is a clear, bright blue with several fluffy white clouds scattered across it. The overall scene is bright and open.

# **Системы водопользования в гумидной зоне**

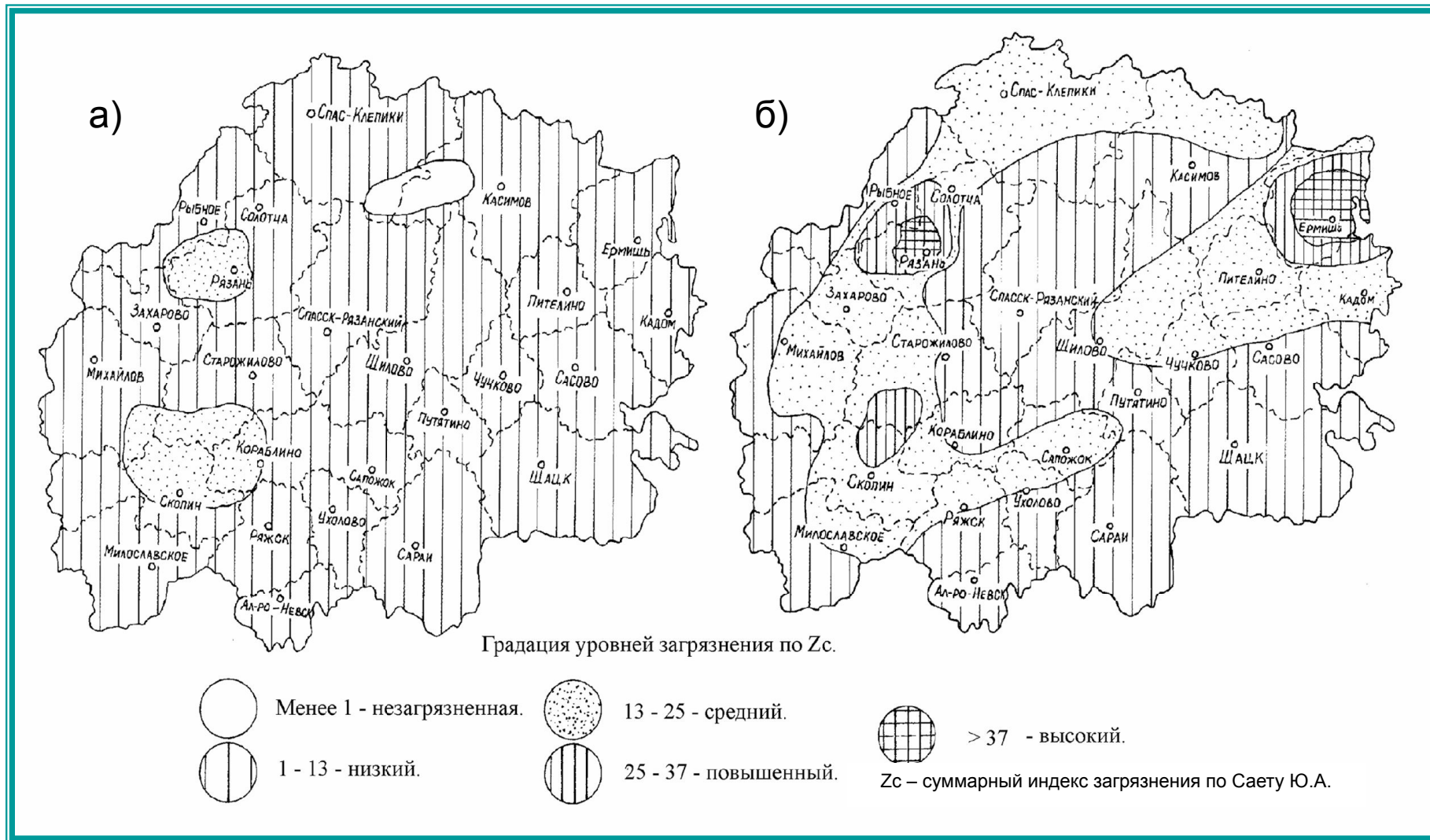
**Объект и предмет исследования.** Мелиорируемые техногенно загрязненные почвы Рязанской области. Научное обоснование режимов мелиорации, обеспечивающих снижение техногенной нагрузки на агроландшафты и водные объекты. Разработка новых экологически безопасных технологий и технических решений водопотребления и водоотведения в гумидной зоне.

**Цель исследований** – обоснование и разработка научно-методических основ экологически безопасного и экономически эффективного функционирования водооборотных систем водопользования в гумидной зоне.

**Значимость полученных результатов.** Проведено обследование и дана экологическая оценка современного состояния и прогноз экологической ситуации мелиорируемых агроландшафтов гумидной зоны на примере Рязанской области. Определен региональный геохимический фон и разработана градация уровней загрязнения, которые положены в основу оценки степени загрязнения почв региона, и представлены в виде картосхем (рис. 1).

В результате проведения экологического аудирования разработаны основные положения экологических аспектов мелиоративной и хозяйственной деятельности и установлено, что валовое содержание цинка, свинца и кадмия превышает предельно допустимые значения в почве отдельных участков. Также разработаны технологии и методы по повышению экологической безопасности функционирования систем водопользования в гумидной зоне.

**Рис.1.** а) Схема загрязнения территории Рязанской области по средним показателям; б) Индуктивно-логический прогноз загрязнения по максимальным показателям



Установлено, что расчет коэффициента водопотребления сельскохозяйственных культур, в условиях почвенного загрязнения ТМ, следует проводить по зависимости:

$$K_{\bar{o}} = a \cdot 10^{-3} \left( A_z Z_c^3 + B_z Z_c^2 + C_z Z_c + D_z \right)^6 + c$$

в формуле

$$E = f \left( K_{\bar{o}}, \sum d \right) \cdot n$$

где  $a, b, c$  – эмпирические коэффициенты связи биологических коэффициентов с урожаем, полученные опытным путем;

$Z_c$  – суммарный индекс загрязнения почвы тяжелыми металлами;

$A_z, B_z, C_z, D_z$  – эмпирические коэффициенты,  $E$  – водопотребление;

$\sum d$  – сумма дефицитов влажности воздуха за расчетный период  $n$

На основании этих зависимостей были проведены расчеты водопотребления полевых культур для различных уровней загрязнения почвы, а также расчет экономии воды и энергоресурсов (табл. 1).

Предложен ряд методов очистки воды, одним из которых является нами опробованный биологический канал (биоканал) (рис. 2).

Наблюдения за гидрохимическим режимом воды на входе и выходе биоканала показали, что общая концентрация загрязнителей в воде понижается на 30–70%. Биоканал по очистке воды дренажного стока может использоваться при проектировании и эксплуатации водооборотных мелиоративных систем как дополнительное техническое сооружение. Адаптивная водооборотная мелиоративная система при этом может работать в трех уровнях: нормальном, допустимом и критическом. Для каждого уровня разработаны агротехнические мероприятия по обеспечению экологически безопасного функционирования систем (табл. 2).

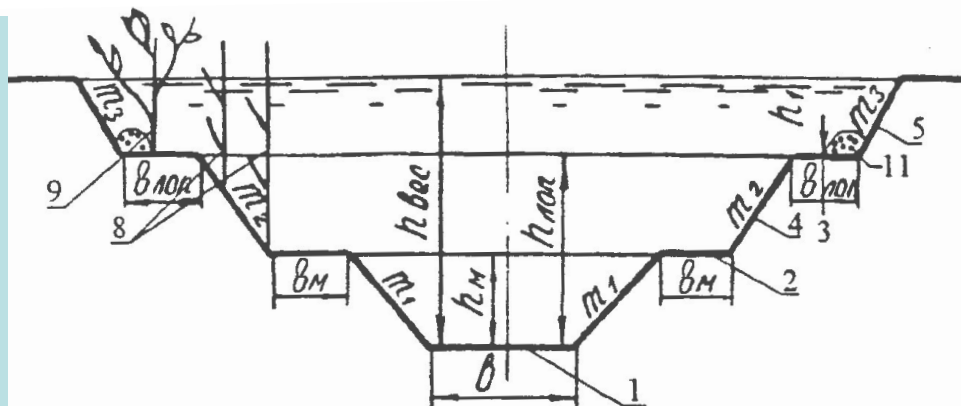
На основании проведенных исследований на мелиоративных объектах Рязанской области и обобщения данных ранее проведенных исследований были разработаны «Рекомендации по повышению экологической безопасности систем водопользования в гумидной зоне», которые были внедрены в производство.

Внедрение природоохранных режимов и технологий в ЗАО «Московское» Рязанского района на площади 130 гектаров мелиорируемых сенокосов и пастбищ и в АОЗТ «Малинищи» Пронского района на площади 70 гектаров орошаемых лугов позволило увеличить продуктивность травостоя на 19–20% и получить экологически чистую продукцию.

**Рис.2. Мелиоративный биоканал**

**а) Поперечный разрез биоканала:**

$v$  – ширина биоканала по дну;  $vm$  – ширина бермы при пропуске бытовых расходов ( $Q_{быт}$ );  $v_{лос}$  – ширина бермы при пропуске летне-осенних дождевых паводков;  $hm$  – уровень воды в бытовой период;  $h_{лос}$  – уровень воды при пропуске летне-осенних дождевых паводков;  $h_{вес}$  – уровень воды при пропуске весеннего половодья;  $m_1, m_2, m_3$  – коэффициенты заложения откосов



**б) Продольный разрез биоканала:**

1 – дно биоканала; 2 – нижняя берма; 3 – верхняя берма; 4, 5 – откосы; 6 – бровка; 7, 8, 9, 10 – высшие водные растения; 11 – валик; 12 – уровень воды при пропуске  $Q_{быт}$ ; 13 – уровень воды при пропуске  $Q_{л-ос.}$ ; 14 – максимальный расчетный уровень воды

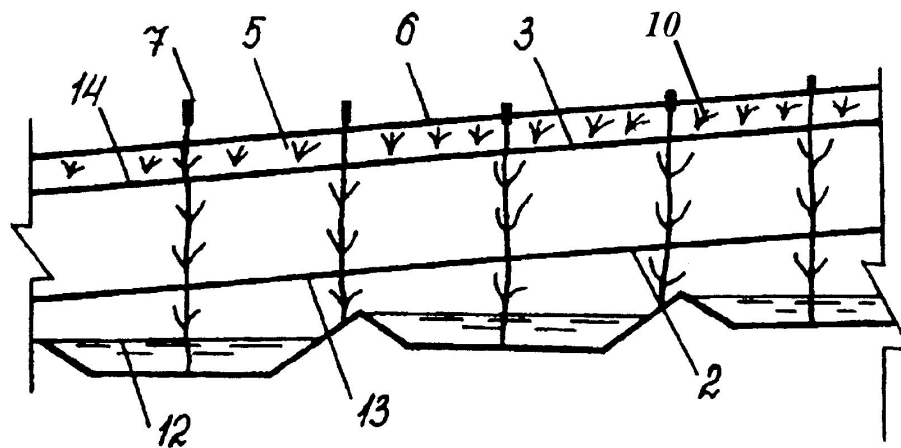


Таблица 1. Расчет экономии воды и энергоресурсов при использовании параметров режима орошения с учетом загрязнения почвы тяжелыми металлами

Показатели	Культуры севооборота		
	Картофель	Люпин	Зерновые яровые
Индекс загрязнения почв тяжелыми металлами	25	20	22
Урожайность, ц/га:			
• проектная	280	400	40
• фактическая	240	348	35
• рассчитанная по формуле	245	365	36
Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га:			
• по действующей методике	1000	780	1170
• по предлагаемой методике с учетом загрязнения почвы	880	640	980
Экономия водных ресурсов, м <sup>3</sup> /га	120	150	190
Экономия энергоресурсов, квт.ч на 1 га	21,64	25,2	34,53
Экономия, %	13,6	21,7	19,5

**Таблица 2. Мероприятия по обеспечению устойчивости экосистемы на различных уровнях функционирования**

Уровни функционирования экосистемы	Характеристика загрязненности	Возможности использования мелиорированной территории	Предлагаемые мероприятия
1. Нормальный	Содержание химических элементов в почве, дренажном стоке на уровне геохимического фона	Использование в системе полевых и овоще-кормовых севооборотов	Снижение уровня воздействия источников загрязнения экосистемы. Научно обоснованная система удобрений, направленная на повышение плодородия освоенных почв и урожайности сельскохозяйственных культур
2. Допустимый	Содержание химических элементов в почве, дренажном стоке выше геохимического фона и достигло ПДК	Использование в системе полевых и специальных севооборотов	Мероприятия, аналогичные первому уровню. Усиление контроля над использованием дренажных вод. Очистка дренажных вод путем высшей водной растительности в биоканале. Совершенствование технологии производства. Химическая, биологическая мелиорация
3. Критический	Содержание химических элементов в почве, дренажном стоке выше геохимического фона в 4–5 и более раз	Использование культур – фитосанитаров с последующей их утилизацией. Выращивание технических, бобовых, зерновых культур и многолетних трав на семена с последующей утилизацией пожнивных остатков	Проводить санацию почвы путем перемещения верхних загрязненных горизонтов почвы на глубину 30–40 см в сочетании с внесением органических удобрений и извести. Химическая и биологическая мелиорации. Проведение контроля над всеми объектами экосистемы