

На правах рукописи



**ИСАЕВА СОФИЯ ДАВИДОВНА**

**МЕТОДОЛОГИЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕЛИОРАЦИИ  
С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ  
ГЕОСИСТЕМ**

Специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана  
земель"

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

МОСКВА, 2004



На правах рукописи

**ИСАЕВА СОФИЯ ДАВИДОВНА**

**МЕТОДОЛОГИЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕЛИОРАЦИИ  
С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ  
ГЕОСИСТЕМ**

Специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана  
земель"

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

МОСКВА, 2004

Работа выполнена в отделе водопользования и экономики Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н.Костякова

Научный консультант: доктор геолого-минералогических наук, профессор  
Н.М. Решеткина

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Г.Х. Исмаилов

доктор технических наук  
Ю.П. Добрачев

доктор технических наук, профессор  
В.А. Щербаков

Ведущая организация: ФГУП "СНЦ Госэкомелиовод"

Защита состоится 4 марта 2004 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 006.038.01 во Всероссийском: научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации им А.Н.Костякова по адресу: 127550, г.Москва, Б.Академическая, 44.

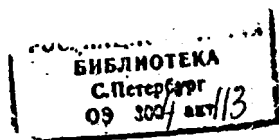
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВНИИГиМ им.А.Н.Костякова

Автореферат разослан 2 февраля 2004 года.

Ученый секретарь Совета,  
к.т.н.



Е.Л.Ворожцова



Актуальность. Потребность в развитии комплексных мелиораций сельскохозяйственных земель в России обусловлена природными факторами: для основных сельскохозяйственных регионов юга страны характерно недостаточное и неустойчивое увлажнение, предрасположенность почвенного покрова к эрозии, засолению и осолонцеванию; на остальной территории - переувлажнение, повышенная кислотность, заболачивание. Комплексные мелиорации — мощный фактор интенсификации сельскохозяйственного производства, обеспечения продовольственной независимости государства.

Вместе с тем, как показывает многолетний опыт, при осуществлении мелиоративных мероприятий, прежде всего, гидротехнических, возможны негативные последствия. Недостаточность знаний о закономерностях взаимодействия и взаимного влияния природных и антропогенных факторов, о причинах процессов, развивающихся в природной среде при осуществлении мелиоративных мероприятий, является одним из главных препятствий на пути к созданию экологически чистых и экономически эффективных мелиоративных систем и технологий. Актуальность выполненных исследований по совершенствованию научной методологии обоснования мелиораций с учетом экологической устойчивости геосистем к техногенному воздействию обусловлена потребностями практики мелиорации и развитием научных представлений в этой области.

Трудами отечественных и зарубежных ученых доказана необходимость дальнейшего развития научной методологии обоснования комплексных мелиораций, в которой системный анализ важнейших факторов адаптации техногенных мероприятий к природным условиям включает учет влияния гелиокосмических и глубинных геофизических процессов на экологическую устойчивость мелиорируемого агроландшафта. Расширение предметной области исследований обеспечивает повышение надежности научного обоснования мелиораций и снижение риска развития таких негативных процессов, как вторичное засоление орошаемых земель, снижение продуктивности агроландшафта, подтопление земель и др.

Реализованный в данной работе геосистемный подход к обоснованию комплексных мелиораций является логическим развитием методологии адаптивно-ландшафтного подхода к созданию высокопродуктивных и устойчивых агроландшафтов.

Цель исследований заключается в совершенствовании методологии обоснования мелиорации, повышении ее эффективности при обеспечении экологической устойчивости природной среды.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1) обосновать научное положение о выделении геосистем в качестве объекта воздействия гидромелиораций, выявить закономерности строения и функционирования геосистем разных иерархических уровней;

2) разработать теоретические положения экологической устойчивости геосистем к гидромелиоративному воздействию;

3) создать обобщенную концептуальную модель взаимодействия гелио-космических и глубинных геофизических факторов формирования и развития геосистем;

4) разработать методологические подходы и сформировать комплекс моделей для оценки экологической устойчивости геосистем, опасности и риска развития негативных процессов;

5) разработать структуру информационной технологии оценки устойчивости геосистем к гидромелиоративному воздействию для поддержки принятия планово-проектных решений по обоснованию мелиорации с использованием эколого-экономического моделирования и оптимизации;

6) выявить особенности строения и функционирования геосистем Волжского бассейна, оценить опасность развития экологически неблагоприятных процессов и разработать практические рекомендации по развитию мелиорации земель в Поволжье.

Гипотеза. Рабочая гипотеза состояла в том, что для повышения эффективности мелиорации необходим учет экологической устойчивости геосистем, базирующийся на анализе их структурно-функциональных особенностей и

оценке экологического риска при гидромелиоративном воздействии.

Методика исследований. Методической основой выполненных исследований являются принципы системного анализа с использованием методов исследования операций, математического моделирования и теории вероятности.

В основу научных исследований положены труды Р. Беллмана, В.В. Белоусова, Л.С. Берга, В.И. Вернадского, В.В. Докучаева, Б.А. Зимовца, Д.М. Каца, В.А. Ковды, П.А. Костычева, А.Н. Костякова, В.Л. Личкова, А.И. Перельмана, Б.Б. Полынова, Н.М. Решеткиной, А.В. Шнитникова, Б.Б. Шумакова, У.Р. Эшби, а также И.П. Айдарова, Г.К. Бондарика, С.Я. Бездниной, И.К. Гавич, М.А. Глазовской, А.А. Григорьева, Е.С. Дзекцера, Ю.П. Добрачева, В.В. Добровольского, Ф.Р. Зайдельмана, Л.В. Кирейчевой, Д.А. Манукьяна, Б.С. Маслова, Н.И. Парфеновой, Н.Ф. Реймерса, А.Л. Рагозина, В.Е. Райнина, Л.М. Рекса, В.Н. Сукачева, В.Т. Трофимова, А.И. Шеко, В.М. Шестакова, И.Ф. Юрченко.

Личный вклад автора состоит в постановке научной проблемы и формировании путей ее решения, включая теоретические исследования устойчивости сложных систем, адаптацию результатов к анализу устойчивости геосистем при воздействии природных и техногенных факторов, оценку опасности и рисков, возникающих при реализации мелиорации. На основе обобщения литературных и фондовых материалов выявлены закономерности влияния гелиокосмических и геофизических факторов на формирование и развитие геосистем. Проведены численные эксперименты с использованием современных методологических положений и методов для условий геосистем Волжского бассейна, выполнено их районирование по степени опасности развития экологически неблагоприятных процессов при гидромелиоративном воздействии, оценена эколого-экономическая эффективность мелиорации в Поволжье.

Достоверность научных результатов. Разработанные принципы, методы, и модели базируются на фундаментальных положениях мелиоративной науки, системного анализа, геологии, гидрогеологии, теории исследований операций. Полученные результаты подтверждаются данными многолетней практики орошения земель в Поволжье и других регионах страны, результатами численных

экспериментов по оценки устойчивости геосистем к гидромелиоративному воздействию.

Научная новизна.

1. Разработаны теоретические положения экологической устойчивости геосистем, включающие концептуальную модель формирования и развития геосистем, их структурно-функциональные особенности, принципы и критерии оценки экологического состояния геосистем под влиянием гидромелиоративной деятельности.

2. Создана обобщенная концептуальная модель взаимодействия гелио-космических и геофизических факторов формирования и развития геосистем.

3. Разработана методология обоснования мелиорации с учетом оценки экологической устойчивости геосистем к гидромелиоративному воздействию

4. Предложен комплекс моделей для реализации геосистемного подхода к обоснованию мелиорации, включающий: структурно-функциональные модели, раскрывающие закономерности строения и функционирования геосистем; модели поведения геосистемы в процессе техногенных воздействий для оценки экологической устойчивости и риска; оптимизационные модели для выбора эффективных вариантов комплексных мелиоративных проектов.

5. Разработана структура информационной технологии оценки устойчивости геосистем, включающая прогнозирование их динамического состояния, проведение сценарных исследований, оценку риска и эколого-экономической эффективности гидромелиорации.

6. Впервые выполнено районирование геосистем бассейна Волги по степени опасности развития экологически неблагоприятных процессов.

7. Обоснована стратегия развития орошения в Поволжье на основе геосистемного подхода, оценки устойчивости и эколого-экономического моделирования с использованием сценарных исследований.

Практическая значимость результатов работы. Для практического использования рекомендованы методические подходы и разработанная информационно-технологическая схема оценки экологической устойчивости геосистем



с учетом возможной опасности и риска при гидромелиоративном воздействии, показатели состояния геосистем разных иерархических уровней, предложенная статическая (текущего состояния) и динамическая (на перспективу) оценка устойчивости геосистем; методика районирования территорий геосистем по степени опасности развития экологически неблагоприятных процессов. Результаты исследований могут быть использованы научными и проектными институтами для обоснования строительства и реконструкции гидромелиоративных систем, а также при организации экологического мониторинга на глобальном и региональном уровнях, для обоснования принятия решений по оптимизации комплексных мелиоративных мероприятий, оросительных норм и режимов орошения. Разработанная методология апробирована на примере обоснования мелиорации сельскохозяйственных земель Волжского бассейна.

#### На защиту выносятся.

1. Теоретические положения экологической устойчивости геосистем к гидромелиоративному воздействию.
2. Методология обоснования мелиорации на основе геосистемного подхода и оценки устойчивости геосистем при гидромелиоративном воздействии.
3. Структура информационной технологии оценки устойчивости геосистем к гидромелиоративному воздействию для поддержки принятия решений по обоснованию мелиорации земель.

Апробация работы: Основные результаты исследований были доложены на Международном симпозиуме по инженерной геологии и охране окружающей среды (Греция, Афины, 1997), на VI-VIII Международных симпозиумах по применению математических методов в геологии и горно-рудной промышленности (Чехия, Прага, 1997-1999), на IV Международном симпозиуме "Применение математических методов и компьютерной технологии при решении задач геохимии и охраны окружающей среды" (Киев, 1998), на I, III, и IV Международных Конгрессах: "Вода: Экология и технология" (Москва, 1996, 1998, 2000), на Конференции "Костяковские чтения" (Москва, МГУП, 1998, 2001), на III съезде Докучаевского общества Почвоведов (Суздаль, 2000), на Юбилейной

конференции ВНИИГиМ (Москва, 2000), на Международной конференции "Экологические проблемы мелиорации" (РАСХН, ВНИИГиМ, 2002), на Европейской региональной конференции " Устойчивое использование земельных и водных ресурсов" (МКИД, Чехия, Брно-Прага,2001), на Европейской региональной конференции "Проблемы предотвращения опустынивания земель" (Словения, 2002), на 18-ом Конгрессе по ирригации и дренажу (Канада, Монреаль, 2002), на Международной научно практической конференции "Модели и технологии оптимизации земледелия" (Курск, 2003).

Публикации. Основные результаты исследований опубликованы в 48 работах, включая 3 монографии (две — в соавторстве).

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 5 глав и выводов, списка использованной литературы из 361 наименования, содержит 330 страниц текста, включая: 16 таблиц и 21 рисунок.

Автор выражает глубокую благодарность д.т.н. Н.И.Парфеновой за консультации при работе над диссертацией.

## Глава 1. Теоретические положения экологической устойчивости природных систем к гидромелиоративному воздействию

Современная мелиоративная наука перешла на качественно новый виток своего развития. Опыт широкомасштабного развития орошения в Средней Азии, на Украине, в Поволжье и на Северном Кавказе выявил существенные недостатки методологии; обоснования мелиорации и необходимость ее совершенствования. В настоящее время не может быть использован ошибочный технократический подход к решению мелиоративных проблем при концентрации усилий только на инженерных решениях. Одним из основных принципов современного природопользования является сохранение экологического равновесия в природе, что стало неотъемлемой частью научного обоснования мелиорации (рис. 1).

В последние годы во ВНИИГиМе и ряде других организаций развивается экологический подход к обоснованию мелиорации. Истоки этого подхода — в

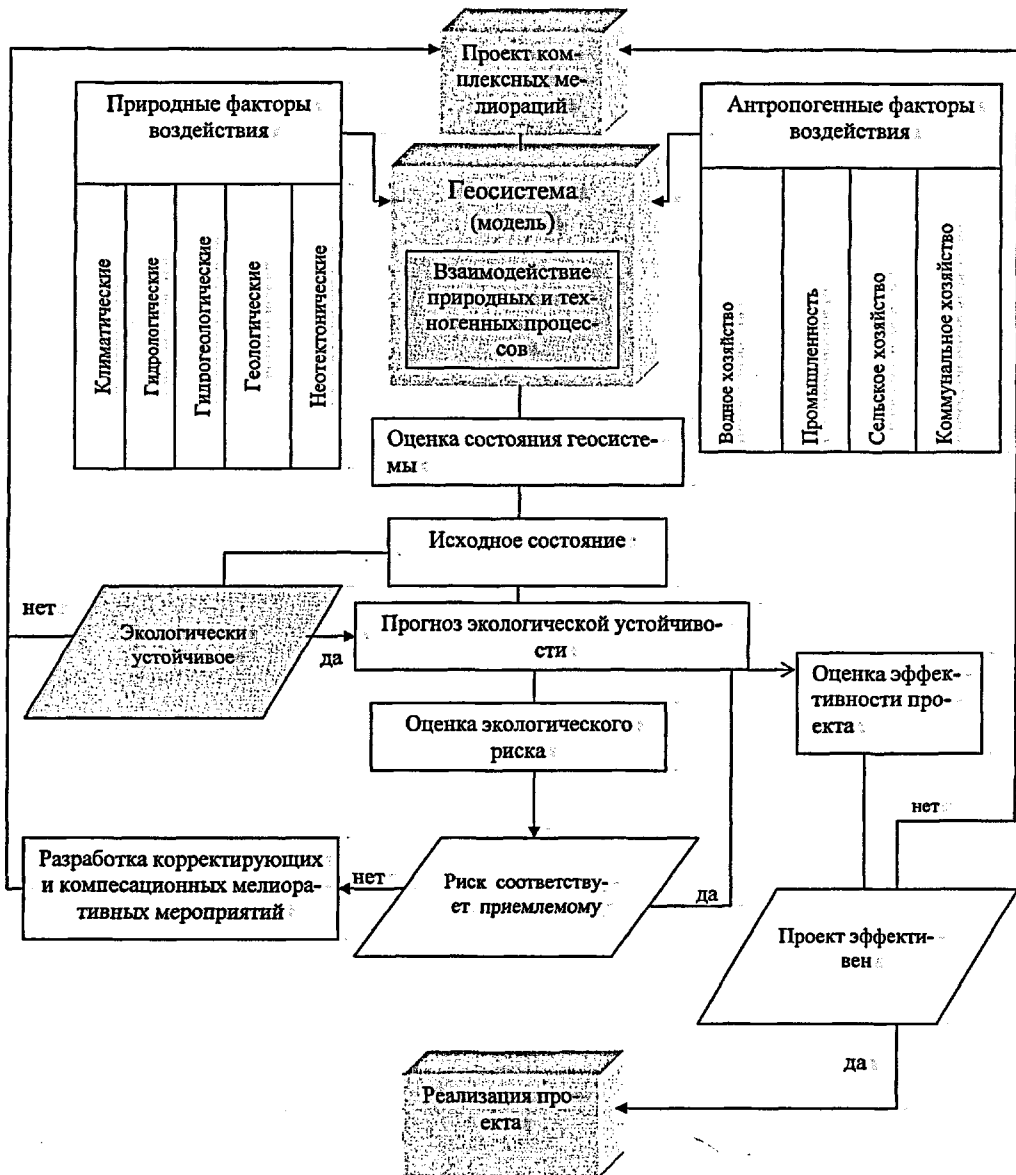


Рис.1. Концептуальная модель обоснования комплексных мелиораций с учетом экологической устойчивости геосистем

мировоззрении русской школы естествоиспытателей конца XIX - начала XX века. Подход зародился и получил развитие в работах М.В. Ломоносова, В.В. Докучаева, В.И. Вернадского, П.А. Костычева, Л.С. Берга, В.Н. Сукачева, Б.Б. Полынова, А.И. Воейкова, А.Н. Костякова и др.

Суть экологического подхода к обоснованию мелиорации заключается в целостном восприятии природы как сложной саморегулирующейся системы, сохраняющей устойчивость к антропогенному воздействию лишь в определенных пределах, не нарушающих ее устойчивость и исключающих развитие негативных экологических процессов.

Анализ и системное обобщение; работ Н.Ф. Балуховского, А.А. Баренбаума, Б.Л. Личкова, Т.В. Лунгерсгаузена, В.Д. Наливкина, Л.И. Панкуль, Н.И. Парфеновой, А.И. Перельмана, Г.П. Тамразяна, И.А. Шикломанова, А.В. Шнитникова, Н.А. Ясманова и др. позволил автору построить новую обобщенную концептуальную модель взаимодействия гелиокосмических и геофизических факторов формирования и функционирования природных систем (рис. 2). Модель отражает взаимозависимость процессов, протекающих в недрах Земли и на ее поверхности, влияние геофизических факторов, которые обуславливают тектонические движения земной коры, формирование геологических структур, тектонически ослабленных зон, макроформ рельефа, а также определяют структурные условия формирования гидрогеохимических потоков.

Среди основных тектонических факторов, прямо или косвенно влияющих на формирование гидрогеохимических потоков в естественных условиях и при гидромелиоративном воздействии, в модели выделено плитное строение фундамента, общие и волновые тектонические колебания, наличие разломных зон и др. Тектонические движения, морские трансгрессии и регрессии в сочетании с климатическими, гидрогеологическими и биологическими факторами определяют литологический состав и мощность водовмещающих отложений, а следовательно, условия фильтрации подземных вод, особенности формирования ирригационного питания, структуры фильтрационных потоков и химиче-

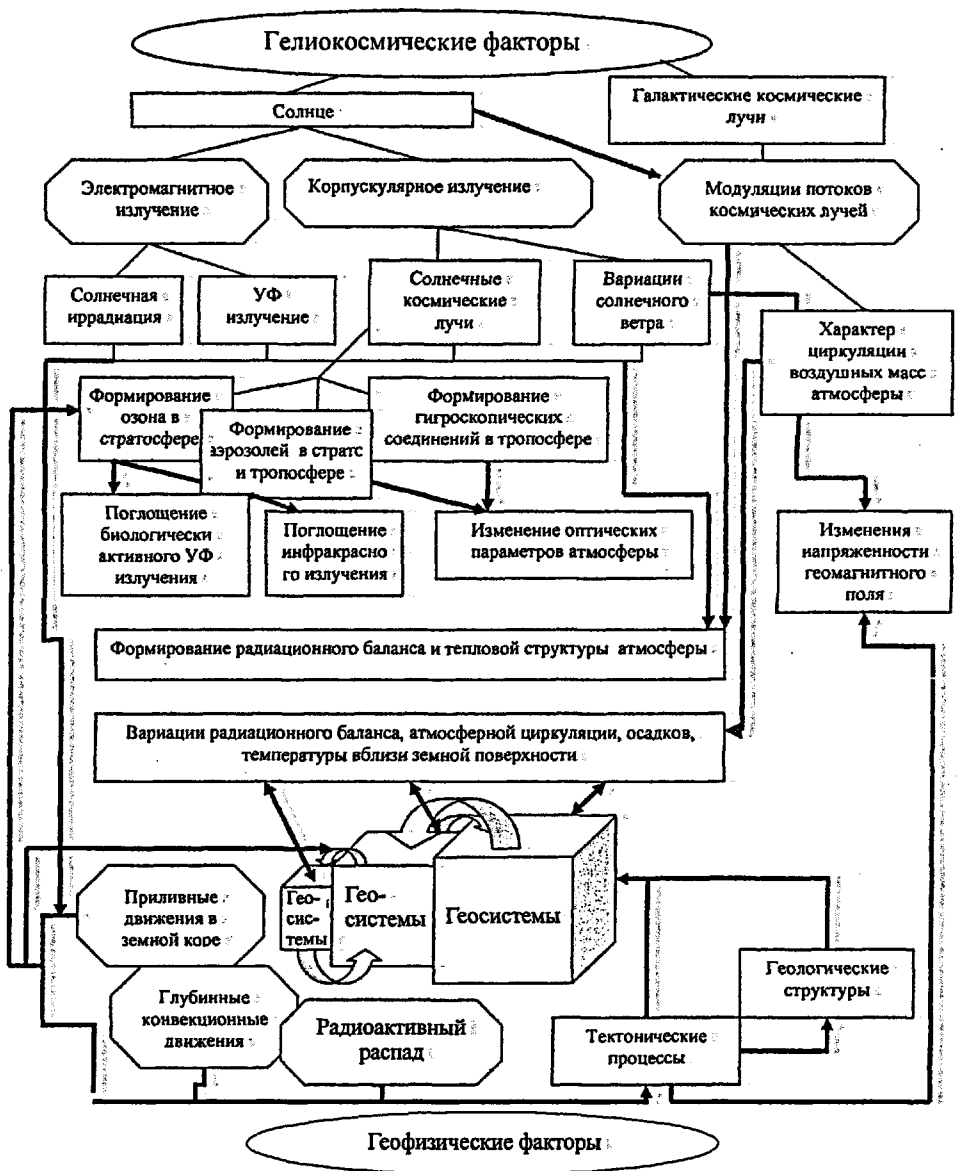


Рис. 2. Обобщенная модель взаимодействия гелиокосмических и геофизических факторов формирования и функционирования природных систем

ского состава подземных вод. С современными агроландшафтами связаны древние геологические структуры гидрогеохимическими потоками подземных вод.

Естественную дренированность территории определяют тектоническое строение, рельеф, литологический состав и водопроницаемость отложений. При исходно низкой естественной дренированности земель создаются предпосылки для интенсивного подъема уровня грунтовых вод при дополнительном ирригационном питании. В условиях аридного климата эти процессы приводят к увеличению минерализации грунтовых вод, развитию засоления, постепенной деградации почв. Геологические условия и литологический состав отложений определяют развитие карста, суффозионных и эрозионных процессов, а также природное засоление пород зоны аэрации. При избыточном ирригационном питании химическое выщелачивание, суффозионные и эрозионные процессы усиливаются, снижается защищенность подземных вод от загрязнения; в миграционные процессы постепенно вовлекаются геологические запасы солей, поступающих из зоны аэрации в почвенный слой и грунтовые воды.

Возможность развития экологически опасных процессов при орошении в значительной степени зависит от приуроченности территории к определенным элементам тектонических структур. Для зон глубинных тектонических нарушений характерна трещиноватость покровных отложений, повышенная проницаемость пород зоны аэрации. В этих зонах возможно напорное питание грунтовых вод высокоминерализованными водами глубоких горизонтов, загрязнение подземных вод, активизация процессов эрозии, засоления, осолонцевания, а также, как показывают новейшие исследования, повышенное фоновое содержание тяжелых металлов в почвах, интенсивное их накопление при техногенном воздействии, формирование аazonальных биоценозов.

Показано, что геолого-тектонические факторы оказывают разностороннее и многоплановое влияние на условия формирования гидрогеохимических потоков поверхностных и подземных вод, почв и биоценозов, определяя или усиливая роль зонально-климатических факторов и формируя предрасположенность

природной среды к развитию негативных экологических процессов: эрозии, засолению, загрязнению почв и подземных вод.

Анализ составляющих радиационного баланса в разных ландшафтно-климатических зонах позволяет констатировать, что на перераспределение солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли, влияют глубинные геологические структуры не только через рельефные особенности территории, но и за счет наличия разломных зон. (В.И. Гридин, Е.З. Зак, 1994; Н.И. Парфенова 1997, 2001; О.Л. Кузнецов, В.В. Муравьев, Ю.Л. Видяпин, 1999; Г.Л. Кофф, Р.М. Лобацкая, 1997; В.Л. Сывороткин, 1998; Л.И. Морозова, 1993). В этих зонах образуются региональные и локальные геофизические и геохимические аномалии, характерные изменения мощности озонового слоя, а также показателя гидротермического режима, активно влияющего на почвообразовательные процессы и плодородие почв.

Установлено, что совместное действие гелиокосмических и геофизических факторов вызывает развитие процессов, охватывающих атмосферу, геологические структуры, поверхностные и подземные воды, а также почвы и биоту. Гумификация и минерализация органических веществ являются основными биогеохимическими процессами малого биологического круговорота, в результате которых образуются зольные компоненты -  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Ca, Mg, K, P, Na, Cl, N, S, а также гуминовые кислоты, фульвокислоты, муравьиная, уксусная, уголекислота, сероводород, метан, происходят новообразования глинистых минералов и кварца. С инфильтрационным питанием подземных вод из малого круговорота в большой поступают биогенные вещества ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{C}_{\text{орг}}$ ). органиогены ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ), гуминовые и др. кислоты, химические элементы (Na, Cl,  $\text{SO}_3$ , Si, Al, Ti, F, Br, J и др.). Неполная замкнутость биогеохимических циклов приводит к дифференциации элементов и накоплению их в атмосфере, гидросфере, осадочных породах. Поскольку при антропогенном регулировании водного режима возможна интенсификация этих процессов, это необходимо учитывать при обосновании мелиорации.

Разработанная автором обобщенная концептуальная модель отражает

подчиненность биологического и геологического круговоротов изменениям энергетического режима Земли и околоземного пространства. Эти круговороты представляют собой циклические явления в развитии природы. Процессы внутри циклов характеризуются определенной ритмичностью. Значение ритмов, сложившихся в течение геологического и исторического периодов времени, особенно велико для биогенных компонентов биосферы: эти ритмы стали условиями существования организмов. При обосновании мелиорации важно учитывать, что геологические, тектонические, климатические, гидрологические, гидрогеологические и биологические ритмы и циклы взаимосвязаны. Для ландшафтных процессов характерны ритмы с периодичностью 2-3 года, 5-6, 11, 22-23, 30-35, 80-90 лет (А.В. Шнитников, 1968; Б.Б. Личков, 1969; И.А. Шикломанов, 1989). Каждый компонент биосферы (биотический и абиотический) характеризуется собственной ритмичностью процессов, тесно взаимосвязанной с ритмами и циклами развития всей планеты. Эта цикличность отражается в потоках поверхностных и подземных вод, активно влияет на почвы и биоту. Известно, что цикличность является формой устойчивого развития любых категорий систем. Техногенное, в том числе мелиоративное, вмешательство не должно нарушать природные циклы и становиться катализатором экологически негативных процессов. Цикличность процессов необходимо учитывать при определении экологических ограничений в задачах оптимизации взаимодействия природных и техногенных систем.

## **Глава 2. Геосистемы как объекты воздействия гидромелиорации**

В соответствии с принципами системного анализа, выделение систем как объектов изучения, их деление на подсистемы, а также иерархия систем определяются целью исследований (У.Р. Эшби, 1959; А.А. Ляпунов, 1980) и вместе с тем "...свойства пространства зависят от размеров рассматриваемой области" (А.А. Ляпунов, 1980). Анализ и обобщение работ А.А. Григорьева Ю.К. Ефремова, С.В. Калесника, Д.Л. Арманда, Н.Ф. Реймерса, Л.С. Берга, А.А. Григорье-



ва, Б.Б. Польшова, В.Н. Сукачева, В.Н. Солнцева, Ф.Н. Милькова, М.А. Глазовской, А.Г. Исаченко, В.Б. Сочавы, Г.К. Бондарика, В.Т. Трофимова и др. позволили выявить существенные различия в подходе к выделению природных систем как объектов исследования. Показано, что в этих работах недостаточное внимание уделено роли глубинных геологических факторов в формировании ландшафтных процессов.

При необоснованном ограничении объекта исследований возможны ошибки при анализе его свойств. Если исходить из определения Л.С.Берга, то ландшафты формируются под воздействием физико-географических процессов и включают рельеф, поверхностные воды, грунтовые воды, почвы, растительный и животный мир. В исследованиях ландшафтов, как правило, глубина изучения физико-географических процессов ограничивается несколькими десятками метров от поверхности (Ф.Н. Мильков, 1990); реже - глубиной воздействия экзогенных факторов - до 300 м (С.В; Калесник,1970) или пределами зоны активного водообмена: на равнинах — это всего лишь первые десятки метров (М.Г. Глазовская, 1988). Во всех этих случаях за рамками рассмотрения остаются глубинные факторы, роль которых незаметна в естественных условиях, но при интенсивном техногенном; воздействии может оказаться с существенной. Кроме того, при ограниченном рассмотрении объекта остаются неясными генетические свойства ландшафта, природные закономерности его развития, а также возможные причины возникновения негативных процессов и явлений при осуществлении мелиорации.

Выполненные автором исследования позволили обосновать новое содержание понятия "геосистема". Под **геосистемами (геологическими системами)** следует понимать пространственную совокупность природных компонентов - приземной части атмосферы, биоты, почв, поверхностных вод, горных пород и подземных вод земной коры, отражающую геологические, геоморфологические и биоклиматические особенности территории и образующую целостные динамические природные системы. Геосистемы и вещественно-энергетические потоки в них определяют развитие ландшафтов, закономерно

сти их функционирования и устойчивость к природным и техногенным возмущениям.

Применительно к задачам обоснования мелиорации выделены следующие иерархические уровни геосистем. *К глобальному уровню* относятся сочлененные в пространстве крупные геоструктуры, интразональные по биоклиматическим условиям, образующие бассейны рек высшего порядка (Днепра, Дона, Волги, Урала и др.). Водные и воздушные потоки связывают разобщенные территории глобальных геосистем в единое целое. Целостное функционирование глобальных геосистем и их компонентов определяет качество и объем стока крупнейших рек. На глобальном уровне геосистемный подход позволяет оценить перспективу развития гидромелиорации в нашей стране и сопредельных странах на основе рационального использования водных и земельных ресурсов, определения допустимых объемов изъятия речного стока и отбора подземных вод, сброса коллекторно-дренажных вод и других составляющих водного баланса крупных речных бассейнов.

*К региональному уровню* относятся геологические структуры (антеклизы, синеклизы), заключающие артезианские бассейны первого порядка. Эти структуры определяют основные условия и закономерности формирования гидрогеохимических потоков поверхностных и подземных вод, пространственное распределение зон регионального питания, транзита, расположение основных базисов дренирования. На региональном уровне геосистемный подход позволяет обосновать систему ограничений на мелиоративную составляющую антропогенной нагрузки от совокупного воздействия гидромелиоративных систем, крупных водохранилищ и магистральных каналов в регионе.

*К локальному уровню* отнесены геологические структуры низших порядков, геоморфологические элементы, в пределах которых формируются локальные гидрогеохимические потоки. При развитии гидромелиорации эти потоки подвергаются наиболее интенсивному воздействию и влияют на устойчивое функционирование ландшафтов. На локальном уровне на основе геосистемного подхода решаются конкретные задачи поиска оптимальных планово-проектных

решений, обеспечивающих экологически безопасное и экономически эффективное сельскохозяйственное производство на мелиорируемых землях.

В иерархии геосистем каждая из них определяет, с одной стороны, условия функционирования своих компонентов (поглощение и излучение поступающих потоков энергии, вещества и информации и их преобразование, в результате которого происходит изменение состояния и развитие геосистем), с другой - ограничения на процессы функционирования этих компонентов для обеспечения экологически устойчивого состояния геосистемы в целом.

Для каждой геосистемы характерны определенные размеры: объем, площадь и масса. Внешние воздействия (например, избыточное ирригационное питание), ведущие к изменению массы геосистемы, могут нарушать процессы функционирования, быть экологически опасными и приводить к потере устойчивости.

На уровне глобальных геосистем техногенное воздействие особенно заметно при регулировании поверхностного стока и создании водохранилищ. Нарушение скорости водообмена речных вод, изменение (даже незначительное) минерализации и содержания отдельных компонентов в речных водах, нарушение биологических условий — признаки изменения экологической ситуации на глобальном уровне. На уровне региональных геосистем неблагоприятными последствиями водохозяйственной деятельности может стать подпор подземных вод, нарушение структуры водного баланса водосборной территории и другие.

Техногенное вмешательство в процессы функционирования геосистем локального уровня в виде избыточного ирригационного питания может оказать заметное влияние на экологическое состояние региональных геосистем. Экологически благоприятное состояние природной среды определяется антропогенной деятельностью на локальном уровне, поэтому мелиоративные мероприятия должны быть направлены на предотвращение подъема грунтовых вод при орошении, развития вторичного засоления, осолонцевания, эрозии, деградации почв. Интенсивность развития негативных экологических процессов во многом определяется предрасположенностью природной среды к их возникновению

или активизации. Поэтому важное значение имеет естественная дренированность земель, литологические и фильтрационные особенности отложений, наличие напорного питания и др. При обосновании мелиоративных мероприятий предрасположенность к развитию негативных экологических процессов оценивается с учетом выявленных глобальных и региональных особенностей строения и функционирования геосистем. Оценка возможного ухудшения экологической ситуации в геосистемах базируется на комплексных прогнозах для иерархически взаимосвязанных геосистем, начиная с локального уровня.

В прогнозах следует учитывать особенности водной миграции химических элементов, закономерности формирования гидрогеохимических потоков на разных иерархических уровнях геосистем, связь структурного строения артезианских бассейнов с формированием подземного стока рек, спецификой водо- и солеобмена в разных зонально-климатических условиях и при различной естественной дренированности земель, равно как особенности влияния солнечной энергии и глубинных факторов на формирование почвенного покрова, грунтовых вод и других компонентов ландшафта. Особая роль принадлежит тектонически ослабленным зонам, определяющим поступление глубинных высокоминерализованных напорных вод в грунтовые. В грунтовые воды, а также в почвы в тектонически ослабленных зонах проникают тяжелые металлы, аммиак, углекислый газ и другие токсичные элементы. В этих зонах возможно развитие экологически опасных оползневых, карстовых, суффозионных и эрозийных процессов, а также наиболее активное засоление, осолонцевание и др. Все это требует экологического обоснования применения специальных способов мелиорации земель и агротехнических приемов.

В работе показано, что экологическая устойчивость к гидромелиоративному воздействию определяется генетическими особенностями строения геосистем и закономерностями их функционирования. Выделение геосистем, анализ особенностей их функционирования и районирование геосистем по степени экологической опасности является обязательным этапом технологии оценки их устойчивости при обосновании мелиорации. Учет особенностей строения и

функционирования геосистем позволяют по-новому подойти к анализу закономерностей развития ландшафтных процессов, выявлению причин возникновения экологически опасных явлений в агроландшафтах и обоснованию условий экологически безопасного функционирования геосистем в процессе гидромелиоративного воздействия.

### **Глава 3. Методологические положения оценки экологической устойчивости геосистем к воздействию гидромелиорации**

Методологические подходы к исследованиям устойчивости сложных систем рассмотрены в работах У.Р. Эшби, А.М. Ляпунова, Р. Беллмана, А.Д. Арманда, Ю.М. Свирежева, В.Б. Сочавы, Ю.Г. Пузаченко, Ю. Одума, Е.С. Дзекцера, А.И. Шеко, М.Д. Гродзинского, Н.И. Парфеновой и Н.М. Решеткиной, В.С. Круподерова, Т.П. Куприяновой, В.Т.Трофимова, Г.К. Бондарика, Н.Ф. Реймерса, В.С. Преображенского и др. Анализ этих работ и адаптация результатов к условиям устойчивости природной среды при воздействии гидромелиоративных факторов, позволили автору сформировать методологию оценки экологической устойчивости геосистем.

**Под экологической устойчивостью геосистем** следует понимать способность геосистем воспринимать воздействия природного или антропогенного характера в течение некоторого (определенного) интервала времени, сохраняя благоприятную для обеспечения жизнедеятельности человека структурную и функциональную целостность ландшафтно-климатических зон и процессов почвообразования.

Потеря устойчивости одним компонентом геосистемы, с теоретической точки зрения, влечет за собой возможность потери устойчивости всей геосистемы, поэтому рассмотрение устойчивости каждого компонента и геосистемы в целом является необходимой составной частью анализа устойчивости геосистем.

При определении устойчивости геосистемы ее состояние оценивается относительно некоторого начального состояния равновесия. В большинстве слу-

чаев исходным целесообразно считать состояние геосистемы до воздействия гидромелиорации. Естественные циклические изменения геосистемы при отсутствии возмущающих воздействий соответствуют ее равновесному состоянию. Если связать периоды устойчивости геосистем с периодами солнечной активности, то в этом случае для локальных геосистем минимальным расчетным периодом можно принять период в 11 лет, а для прогнозов регионального и глобального уровня - 30-50 лет.

Состояние геосистемы определяется процессами ее функционирования, которые могут быть охарактеризованы соответствующими переменными. Совокупность допустимых значений переменных определяет область допустимых состояний геосистемы, в пределах которой ее функционирование экологически устойчиво. Переменные, по которым можно судить о состоянии геосистем, принимаются в качестве показателей экологического состояния, а их численные значения, ограничивающие область экологически устойчивого функционирования геосистемы - критериальными значениями этих показателей. Показатели для разных иерархических уровней различны и определяются в процессе исследований устойчивости геосистем на основе комплексного геосистемного подхода с использованием экспертных оценок, моделирования и других методов.

На основе анализа существующих подходов к количественным оценкам состояния природной среды, рассмотренных в работах И.П. Айдарова, Т.Н. Антиповой, С.Л. Бездниной, В.В. Виноградова, А.И. Голованова, Л.В. Кирейчевой, В.А. Никольского, Ю.Н. Орлова., Н.И. Парфеновой, Н.М. Решеткиной, В.В. Снакина и др., было установлено, что состав показателей зависит от принципов выделения природных систем и цели проводимой оценки.

Для обоснования допустимого уровня гидромелиоративной нагрузки на геосистемы необходимо использовать как показатели, характеризующие экологическую ситуацию на определенный момент времени, так и показатели, позволяющие оценить динамику экологического состояния геосистем. В связи с этим предложено различать статическую и динамическую оценку устойчивости. Статическая — это оценка текущего состояния геосистемы. Динамическая -

оценка скорости развития неблагоприятных процессов как оценка устойчивости на перспективу.

Для статической оценки могут быть использованы интегральные показатели, суммирующие или обобщающие влияние частных показателей. В качестве интегральных показателей предложены:

- для геосистем глобального и регионального уровня — энергетические характеристики (показатели: гидротермического режима, энергии почвообразования, энергии гидрохимической трансформации), а также объем речного стока, объем стока подземных вод, минерализация речного стока, площади развития экологически опасных процессов (табл. 1);

- для геосистем локального уровня — площади подтопления, вторичного засоления, осолонцевания, площади деградации почв (по физическим свойствам и содержанию гумуса).

Таблица 1. Критериальные значения показателей, ограничивающие область благоприятного экологического состояния геосистем глобального и регионального уровня при мелиоративном и водохозяйственном воздействии.

(Составлена автором по данным Н.И.Парфеновой, 1997, В.Т.Трофимова и др., 1997).

№ п/п	Показатели экологического состояния геосистем	Критериальные значения показателей
1	Показатель гидротермического режима (безразмерная величина)	0,7 - 1,3
2	Показатель энергии почвообразования, ккал/см <sup>2</sup>	15 - 25
3	Показатель энергии гидрохимической трансформации [(кг/сек) / (А/м)]	1,1 - 2,3
4	Объем речного стока относительно естественных условий (в долях единицы)	0,9 - 1,0
5	Объем подземного стока относительно естественных условий (в долях единицы)	0,75 - 1,0
6	Минерализация речного стока относительно естественных условий (в долях единицы)	1,0 - 1,3
7	Площадь развития экологически неблагоприятных процессов (в долях единицы)	0 - 0,05

Анализ результатов натурных наблюдений, модельных исследований и литературных данных показал, что площадь развития неблагоприятных экологических процессов без нарушения устойчивого функционирования геосистем

верхних иерархических уровней не должна превышать 10-15 % общей площади.

Для локального уровня геосистем их устойчивое экологическое состояние может допускать наличие незначительных площадей с развитием таких процессов, как подтопление (до 5-10% территории), вторичное засоление (до 5-10%), слабое осолонцевание (до 10-15%), снижение содержания гумуса (до 5-10%). Критериальные значения показателей (с учетом зональных почвенно-климатических условий), определяющих экологически устойчивое функционирование локальных геосистем, приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Критериальные значения показателей экологически устойчивого функционирования геосистем локального уровня**

(Составлено автором по материалам Парфеновой Н.И. 1995; Б.А.Зимовца, 1992  
И.Н.Антипова-Каратаева, 1960, Н.И.Базилевич, Е.И. Панковой, 1968)

Ландшафтно-климатические условия		Лесостепная зона	Степная зона	Сухостепная зона	Полупустынная зона
Основные типы почв		Черноземы выщелоченные и оподзоленные	Черноземы, темно-каштановые	Темно-каштановые	Светлокаштановые, бурые
Критериальные значения показателей	Глубина залегания грунтовых вод, м от пов.земли	≥4-5	≥7-8	≥5-7	≥4-5
	Содержание гумуса в почвах, %	3-4	5-7	3-4	2-3
	pH	6,0-7,0	7,0-7,5	7,0-8,0	7,5-8,0
	Засоление почв, %	0,1-0,3	0,1-0,3	0,2-0,3	0,3-0,4
	Осолонцевание почв (содержание Na в ПНК, %)	<0,5	<1	<3	<5

При динамической оценке рекомендуется использовать показатели:

- на глобальном и региональном уровне — скорость уменьшения объемов, поверхностного и подземного стока, увеличения минерализации речных вод;
- на локальном уровне - скорость подъема уровня грунтовых вод, ско-



рость выноса гумуса, увеличение содержания обменного натрия в ППК.

По динамическим показателям условно выделены три градации потенциальной устойчивости - высокая, средняя, слабая (табл. 3).

При обосновании гидромелиоративных мероприятий на разных стадиях проектирования или реконструкции гидромелиоративных систем оценка устойчивости выполняется последовательно для различных иерархических уровней (снизу вверх) с учетом выходных параметров компонентов, величина которых не должна превышать критериальные значения показателей устойчивости. Определение области устойчивого состояния геосистемы, критериальных значений показателей и использование их в прогнозных расчетах позволяет определить норму допустимых воздействий, предохраняющих систему от потери устойчивости на протяжении заданного периода и перехода ее в кризисное состояние.

На основе аналитических исследований установлено, что устойчивость геосистем к гидромелиоративному воздействию связана с влиянием геосистем более высокого иерархического уровня и экологической инерционностью. Экологическая инерционность - это способность геосистем отдалять во времени проявление негативных последствий гидромелиоративного воздействия.

Инерционность определяется пространственно-временными особенностями геосистем (табл. 4): геолого-структурными и геоморфологическими условиями территории и циклическим характером развития геосистемных процессов (климатических, гидрологических, гидрогеологических, почвенных и др.). Наличие благоприятных (с точки зрения инерционности геосистем) природных условий указывает на исходную устойчивость территории к воздействию гидромелиорации. Низкая экологическая инерционность, напротив, определяет техногенную уязвимость геосистемы или ее компонентов, территориальных образований. Под уязвимостью здесь понимается неспособность геосистемы противостоять воздействию гидромелиоративных систем и сохранять исходный режим функционирования, обеспечивающий благоприятную экологию.

Таблица 3. Оценка потенциальной устойчивости геосистем по скорости изменения основных показателей их состояния при мелиоративном и водохозяйственном воздействии  
(Составлена С.Д.Исаевой на основе работ Д.М.Каца, Н.И.Парфеновой, Н.М.Решеткиной.)

Потенциальная устойчивость	Показатели потенциальной устойчивости					
	Глобальный и региональный уровень геосистем			Локальный уровень геосистем		
	Уменьшение поверхностного стока, % в год от средне-годовой величины	Увеличение минерализации речных вод, мг/л в год	Уменьшение подземного стока, % в год от средне-годовой величины	Скорость подъема уровня грунтовых вод, см / год	Уменьшение гумуса почвы, % / год от первоначального содержания	Увеличение содержания обменного Na в ППК почвы, % в год от содержания Na в ППК
высокая	<0,5	<10	<0,5	<5	<0,5	0,05
средняя	0,5-1,0	10-25	0,5-1,0	5-10	0,5-1,0	0,05-0,1
слабая	>1	>25	>1	>10	>1	>0,1

**Таблица 4. Характеристика экологической инерционности геосистем**  
 (Составлено автором с использованием данных Н.И.Парфеновой, Н.М.Решеткиной, 1995, Д.М.Каца, 1976, Л.В. Кирейчевой, 1996, В.В. Снакина, 1995, С.П. Позняка, 1974)

Иерарх. уровень	Показатели	Экологическая инерционность		
		высокая	средняя	низкая
Региональный	Площади в пределах геосистем: дренарованные, % природных ландшафтов, % со слабым напорным питанием, %	70-50	50-30	<30
		>90	90-70	70-60
		.	3-5	5-10
	Водопродимость, м <sup>2</sup> /сут	>200	200-150	<150
Локальный	Мощность зоны аэрации, м	>30	30-15	<10-15
	Минерализация грунтовых вод, г/л	<1	1-3	>3
	Подземный сток, мм/год	>500	500-300	<300
	Содержание агрегатов 0,25-10 мм в % к весу водопрочных	>70	70-60	60-55
	Емкость катионного обмена, мг-экв/100г	>40	40-30	30-20
	Мощность гумусового горизонта, см	>80	80-25	<25

гическую ситуацию.

Для районирования территории по предрасположенности природной среды к потере устойчивости введено понятие об опасности. Возможность (угроза) возникновения экологически негативных процессов или явлений в пределах геосистемы или ее компонентов, ведущая к потере устойчивости, называется **опасностью**. Мерой опасности служит риск (экологический, экономический, социальный).

Анализ существующих классификаций опасности по времени, характеру и масштабу проявления позволил в соответствии с иерархией геосистем выделить локальную, региональную и глобальную опасность. В работе предложена методика районирования территории по степени опасности развития экологически неблагоприятных процессов применительно к задаче прогнозирования

последствий гидромелиорации и оценки рисков.

Представление о риске широко используется в литературе по экономике, страхованию, инженерной геологии, строительству, значительно реже - мелиорации и водному хозяйству. Проблемам опасности и риска посвящены исследования Е.С. Вентцель, П.Л. Виленского, В.Н. Лившица, и С.А.Смоляка, Е.С. Дзекцера, Г.Л. Коффа, Б.И. Кошовца, В.С. Круподерова, Е.М. Певко, А.Л. Рагозина, В.Е. Райнина, Е.В.Рюминой, А.И. Шеко и др.

Учитывая большое разнообразие определений понятия риска, в данной работе принято, что риск — это возможность (вероятность) определенных потерь или ущербов (экологических, экономических, социальных) при опасности развития экологически неблагоприятных процессов или явлений в пределах геосистем.

Оценка риска проводится на разных уровнях и этапах принятия решений. Количественно риск оценивается в процессе прогноза при обосновании отдельного мелиоративного мероприятия или при обосновании комплекса мероприятий, а также при планировании стратегии развития гидромелиоративного воздействия в связи с обоснованием строительства или реконструкции гидромелиоративных систем.

В работе предложено устанавливать величину приемлемого экологического риска и на ее основе оценивать состояние геосистем. Величина приемлемого экологического риска (табл. 5) определяется экспертным путем или на основе моделирования. В зависимости от величины оцененного риска  $R$  выделены три градации состояния геосистемы: экологически безопасное или устойчивое  $R < R_{\text{ПРИЕМ}}$ ; экологически опасное или неустойчивое  $R > R_{\text{ПРИЕМ}}$ ; экологически кризисное  $R \gg R_{\text{ПРИЕМ}}$ .

Таблица 5. Оценка состояния геосистем по величине экологического риска (отношение площади развития опасных процессов к общей площади, в долях единицы):

Иерархический уровень геосистемы	Экологические риски	Величина приемлемого риска $R_{пр}$	Состояние геосистемы		
			Экологически безопасное (устойчивое) $R < R_{пр}$	Экологически опасное (неустойчивое) $R \geq R_{пр}$	Экологически кризисное $R \gg R_{пр}$
Региональный	Риск развития опасных экологических процессов	0,05	$< 0,05$	0,05-0,2	$> 0,2$
Локальный	Риск развития подтопления	0,1	$< 0,1$	0,1-0,3	$> 0,3$
	Риск развития процессов вторичного засоления	0,05	$< 0,05$	0,05-0,25	$> 0,25$
	Риск развития осолонцевания (слабосоленцованных почв)	0,15	$< 0,15$	0,15-0,30	$> 0,30$
	Риск деградации почв (по физическим свойствам и содержанию гумуса)	0,02	$< 0,02$	0,02-0,20	$> 0,20$

#### Глава 4. Эколого-экономическое моделирование для принятия решений по обоснованию мелиорации земель

Для принятия решений по обоснованию мелиорации земель, позволяющих снизить экологический риск при гидромелиоративном воздействии, автором сформирован комплекс моделей. Комплекс моделей включает: структурно-функциональные модели, раскрывающие закономерности строения и функционирования геосистемы до и после реализации воздействий; имитационные модели, позволяющие прогнозировать поведение геосистемы; оптимизационные модели для выбора наиболее эффективных вариантов планово-проектных решений.

Структурно-функциональные модели относятся к классу вербально-графических и представляют собой базу данных, состоящую из текстовых опи-

саний, таблиц, карт, структурных и функциональных схем. Эти модели являются основой для построения математических моделей и выполнения прогнозных многовариантных расчетов (сценарных исследований), имитирующих динамику состояния геосистем в процессе воздействия гидромелиорации.

Математические модели служат одним из основных инструментов исследования экологической устойчивости геосистем. Моделирование геофильтрации путем использования существующих (наиболее распространенных) программных средств основано на решении классических уравнений математической физики, описывающих закономерности миграции воды и химических элементов в пористой и других средах.

Решение задач, связанных с оценкой устойчивости геосистем регионального и локального уровня к воздействию гидромелиорации, было выполнено в работе на основе геосистемного подхода и использования классических моделей фильтрации (Л.Лукнер, В.М.Шестаков, 1976; И.К. Гавич, 1988; В.М.Шестаков, 1995).

На завершающем этапе поддержки принятия решений по развитию мелиорации и выборе эффективного варианта плано-проектного решения в работе использованы оптимизационные эколого-экономические модели.

С эколого-экономической точки зрения развитие мелиорации с учетом сохранения устойчивости геосистем требует дополнительных инвестиций и затрат на эксплуатацию. Эффективность, отражающая соответствие затрат и результатов целям и интересам инвесторов, при геосистемном подходе соответствует категории общественной эффективности, показатели которой отражают интересы общества в целом (В.Е. Райнин 1996, 2002; П.Л. Виленский и др., 2002). Оценка общественной эффективности необходима и достаточна для сравнения и ранжирования вариантов развития мелиорации на глобальном, региональном и локальном уровне иерархии геосистем.

Задачи обоснования мелиорации относятся к классу задач принятия решений в условиях неопределенности. Сочетание математических и эвристических методов позволяет сделать выбор эффективного варианта решения. Опи-

раясь на расчеты, специалист может оценить и сопоставить сильные и слабые стороны каждого варианта решения в разных условиях и на этой основе сделать окончательный выбор. Существует множество методов поддержки принятия решения в условиях неопределенности (Е.С.Вентцель 1972, Х.Таха, 2000 и др.). В работе использован критерий Сэвиджа.

Выполненные теоретические исследования позволили автору разработать структуру информационной технологии оценки устойчивости геосистем для поддержки принятия решений на основе анализа опасности и риска развития экологически неблагоприятных процессов (рис. 3).

#### Глава 5. Обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель Волжского бассейна с учетом экологической устойчивости геосистем.

Глобальная геосистема бассейна Волги представляет собой гидравлически обособленный бассейн стока с направлением движения поверхностных и подземных вод, определяемым положением основного базиса дренирования-Каспийского моря. Собственно бассейн Каспия приурочен к зоне тектонического сочленения трех крупных структурных элементов земной коры — Русской; платформы, Скифской и Туранской плит. Отсюда — повышенная тектоническая активность в пределах акватории, циклические колебания ее уровня с характерными периодами, продолжительностью порядка 1000,100 лет, а также с внутривековыми колебаниями, обусловленными тектоническими и климатическими факторами. Максимальные амплитуды колебаний за последние 10 тыс. лет достигали 25 м, за последние 2,5 тыс. лет - 15 м в диапазоне отметок -20...-35 м (И.С.Зонн, 1997).

Границы глобальной геосистемы совпадают с водоразделом бассейна р. Волги. Соответственно, в пределах глобальной системы выделены региональные геосистемы: Верхне-Волжская, Волго-Камская и Прикаспийская. Ритмические колебания активности тектонических движений, морских и континентальных условий осадкообразования этих региональных геосистем синхронны. Современное функционирование геосистем Волжского бассейна, включая про-

# Структура информационной технологии оценки устойчивости геосистем

Технологические этапы

Технологические процессы

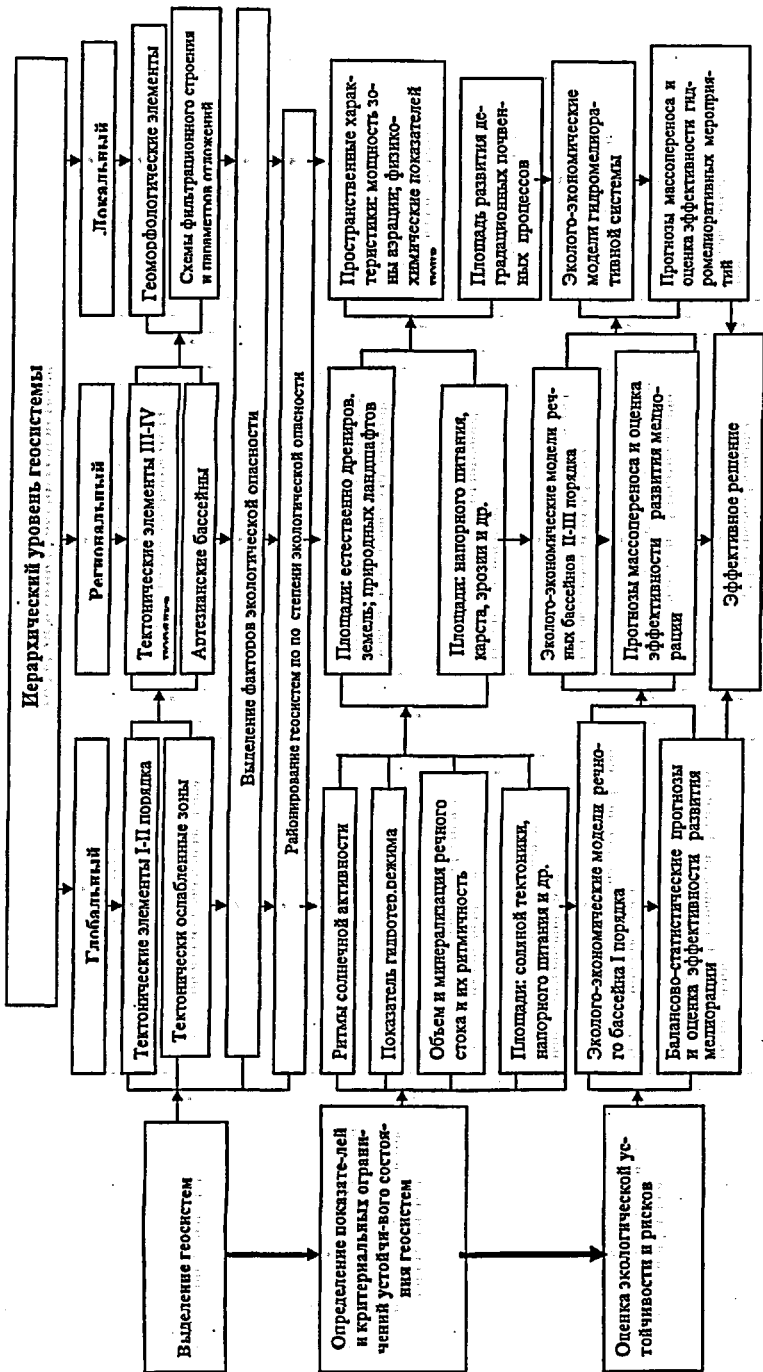


Рис. 3. Структура информационной технологии оценки устойчивости геосистем для поддержки принятия решений по обоснованию гидрометеорологических мероприятий



цессы формирования гидрогеохимических потоков, почв, жизнь биоты, есть закономерный результат их геологического развития.

Строение и функционирование трех региональных геосистем Волжского бассейна применительно к обоснованию мелиорации имеют следующие особенности.

Площадь Верхне-Волжской геосистемы свыше 415 тыс. км<sup>2</sup>. Поступающая солнечная энергия характеризуется показателем гидротермического режима в диапазоне 0,7-1,0; инфильтрационное питание в естественных условиях 40-80 мм/год. Основные типы почв в пределах геосистемы - дерново-подзолистые, подзолистые, а также: подзолисто-болотные. Основными неблагоприятными экологическими процессами являются суффозия, карстообразование, заболачивание.

**Волго-Камская геосистема** расположена в бассейне Средней и частично Нижней Волги. Площадь геосистемы 359, 7 тыс. км<sup>2</sup>. Показатель гидротермического режима изменяется от 0,4 до 1,3. Среднегодовые величины инфильтрационного питания в естественных условиях составляют 10-80 мм/год, уменьшаясь с севера на юг. Развита дерново-подзолистые, подзолистые, подзолисто-болотные почвы, а также серые лесные и черноземы. Неблагоприятные экологические процессы - выщелачивание, суффозия; карстообразование, эрозия. Резкое уменьшение поверхностного и подземного стока свойственно Общему Сырту. Для гидрогеохимических потоков характерна безнапорная фильтрация только до глубины заложения речной сети, значительное повышение напоров и минерализации ниже урезом средних и крупных рек, а также неглубокое залегание мощных соленосных отложений. В зонах разломов активное влияние глубинных вод определяет в верхних водоносных горизонтах повышенную минерализацию до 3 г/л и более, а зона пресных вод при этом сужается до 25 м и менее.

**Прикаспийская геосистема** (площадь 270,75 тыс.км<sup>2</sup>) приурочена к части Прикаспийской тектонической впадины. Показатель гидротермического режима изменяется от 1,4 до 2,3; естественное среднесуточное инфильтра-

ционное питание грунтовых вод - от 0,5 до 29 мм/год. Развиты формы рельефа, связанные с солевой тектоникой. Основные типы почв - каштановые, лугово-каштановые, лугово-бурые, солончаки. Развиты процессы засоления, осолонцевания, эрозии. Характерная особенность геосистемы - значительная мощность осадочных образований, широкое развитие соляно-купольной тектоники, с которой связана миграция рассолов из палеозойских водоносных комплексов в вышележащие водоносные горизонты и грунтовые воды, а также континентальное засоление пород и подземных вод. Современная интенсивность соленакопления 20-40 т/км<sup>2</sup>, в год является одной из наиболее высоких в геологической истории рассматриваемой территории (Н.Ф.Глазовский, 1987). Для центральной и южной части геосистемы характерны вертикальные гидрогеохимические потоки. Грунтовые высокоминерализованные (до 40-70 г/л) гидрогеохимические потоки замедлены, развиты бессточные области; только вблизи Волги грунтовые воды слабоминерализованные—до 3 г/л.

Для всех трех региональных геосистем бассейна Волги в работе определены общие и специфические факторы опасности (табл. 6, рис.4). Из факторов опасности для Верхне-Волжской геосистемы характерно наличие карста, эрозионно опасных земель (34% территории), слабая естественная защищенность подземных вод от техногенного загрязнения (25% территории), а также заболоченность, возможность естественного загрязнения почв и грунтовых вод тяжелыми металлами, бором, бромом, радоном и другими веществами в тектонически ослабленных зонах и др. Для Волго-Камской геосистемы факторами опасности являются: развитие эрозионных (25%) и карстовых процессов (22% земель), слабая естественная защищенность подземных вод от загрязнений, возможность попадания в грунтовые воды и почвы глубинных флюидов в зонах добычи нефти (20%), а также подпор подземных вод, слабая естественная дренированность, засоление, осолонцевание, напорное питание грунтовых вод высокоминерализованными глубинными водами, заболоченность территории и др.

Для Прикаспийской геосистемы при гидромелиоративном воздействии опасность представляет низкая естественная дренированность и бессточность

Таблица 6. Оценка опасности развития экологически неблагоприятных процессов и явлений при мелиоративном и водохозяйственном воздействии на геосистемы Волжского бассейна





№ п/п	Факторы опасности	Степень опасности в баллах	Градация областей по степени экологической опасности (по сумме баллов) *	
			Степень опасности	Баллы
<b>Верхне-Волжская геосистема</b>				
1.	Подтопление	3	Экологически безопасная	1
2.	Развитие эрозийных процессов	3		
3.	Слабая естественная защищенность подземных вод от загрязнения	2		
4.	Напорное питание грунтовых вод	2		
5.	Развитие карстовых процессов	1		
6.	Интенсивная заболоченность территории	1	Экологически слабоопасная	2-3
7.	Возможность естественного загрязнения почв тяжелыми металлами, бором, бромом и др.	1		
8.	Ограниченная (менее 100м) мощность зоны пресных вод	1	Экологически среднеопасная	4-5
9.	Формирование региональных воронок депрессии при водоотборе	1	Экологически опасная	6-8
<b>Волго-Камская геосистема</b>				
1.	Подтопление земель	3	Экологически безопасная	1-2
2.	Развитие эрозийных процессов	3		
3.	Слабая естественная дренированность	2		
4.	Напорное питание грунтовых вод	2		
5.	Развитие карстовых процессов	1	Экологически слабоопасная	2-3
6.	Слабая естественная защищенность подземных вод от загрязнения	1	Экологически среднеопасная	4-5
7.	Интенсивная заболоченность территории	1		
8.	Ограниченная (менее 100м) мощность зоны пресных вод	1		
9.	Возможность естественного загрязнения почв тяжелыми металлами, бором, бромом и др.	1		
<b>Прикаспийская геосистема</b>				
1.	Подтопление земель	3	Экологически безопасная	1-2
2.	Интенсивная подверженность почв деградации	3		
3.	Бессточность территории	2		
4.	Наличие грунтовых вод повышенной минерализации	2	Экологически слабоопасная	3-4
5.	Наличие естественно засоленных почв	2	Экологически среднеопасная	5-6
6.	Неблагоприятные отклонения гидротермического режима от зонального	2		
7.	Напорное питание грунтовых вод	1		
8.	Мощность зоны аэрации менее 20 м	1		
9.	Возможность естественного загрязнения почв тяжелыми металлами, бором, бромом и др.	1	Экологически опасная	7-9
10.	Наличие соляной тектоники	1		

РОС. НАЦИОНАЛЬНАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
С.Петербург  
09 100 квт









Рис. 4. Схематическая карта районирования бассейна р. Волги по степени опасности развития экологически неблагоприятных процессов при гидромелиоративном воздействии.

Обозначения областей по степени опасности

	экологически безопасная		экологически среднеопасная
	экологически слабоопасная		экологически опасная

Обозначения опасных явлений

	подтопление		весьма слабая естественная дренированность земель
	карст		бессточность территории
	напорное питание грунтовых вод		слабая защищенность подземных вод от загрязнения

территории (90 % земель), наличие грунтовых вод повышенной минерализации и естественно засоленных почв (60%), осолонцевание (20%), неблагоприятные отклонения гидротермического режима от зональных величин (23%), напорное питание грунтовых вод (88%), малая мощность зоны аэрации и др.

Выделенные выше факторы ранжированы по степени опасности для каждой геосистемы и оценены в баллах. На основе бальной оценки впервые выполнено районирование территорий геосистем по степени опасности развития экологически неблагоприятных процессов при гидромелиоративном воздействии (рис. 4). При этом выделено четыре градации: безопасная, слабоопасная, среднеопасная и опасная. Показано, что наивысшая степень экологической опасности хозяйственного освоения характерна для Прикаспийского региона.

*Оценка устойчивости и экологического риска при развитии подпора* от Саратовского водохранилища проведена методом моделирования. Рассмотрены условия нестационарной геофильтрации в пределах геосистемы, включающей две надпойменные террасы Волги и Сырты в междуречье рек Самара - Волга - Б.Иргиз (рис. 5). С помощью структурно-функционального моделирования определена необходимость рассмотрения пространственного потока в условиях двухслойной среды в пределах надпойменных террас Волги и двухпластовой модели на Сыртах. Установлено, что процесс развития подпора был наиболее интенсивным в первые два десятилетия после наполнения водохранилища. За это время значительно сократилась разгрузка подземных вод в Волгу. Подъем уровня грунтовых вод в пределах надпойменных террас составил до 7 ... 11 м. Расчеты позволили классифицировать состояние геосистемы как экологически неустойчивое ( $R=0,1$ ; табл. 5). Процесс развития подпора от Саратовского водохранилища продолжает развиваться в настоящее время, что представляет экологическую опасность не только для надпойменных террас, но и для Сыртов. Следует ожидать дополнительного подъема уровня до 2,5...7,5 м в пределах надпойменных террас на расстоянии до 15 км от Волги и на 7...9 м в 20...50 км от водохранилища. К окончанию развития процесса подпора (примерно 2050 г.) состояние геосистемы ( $R>0,2$ ) оценивается как кризисное (ши-

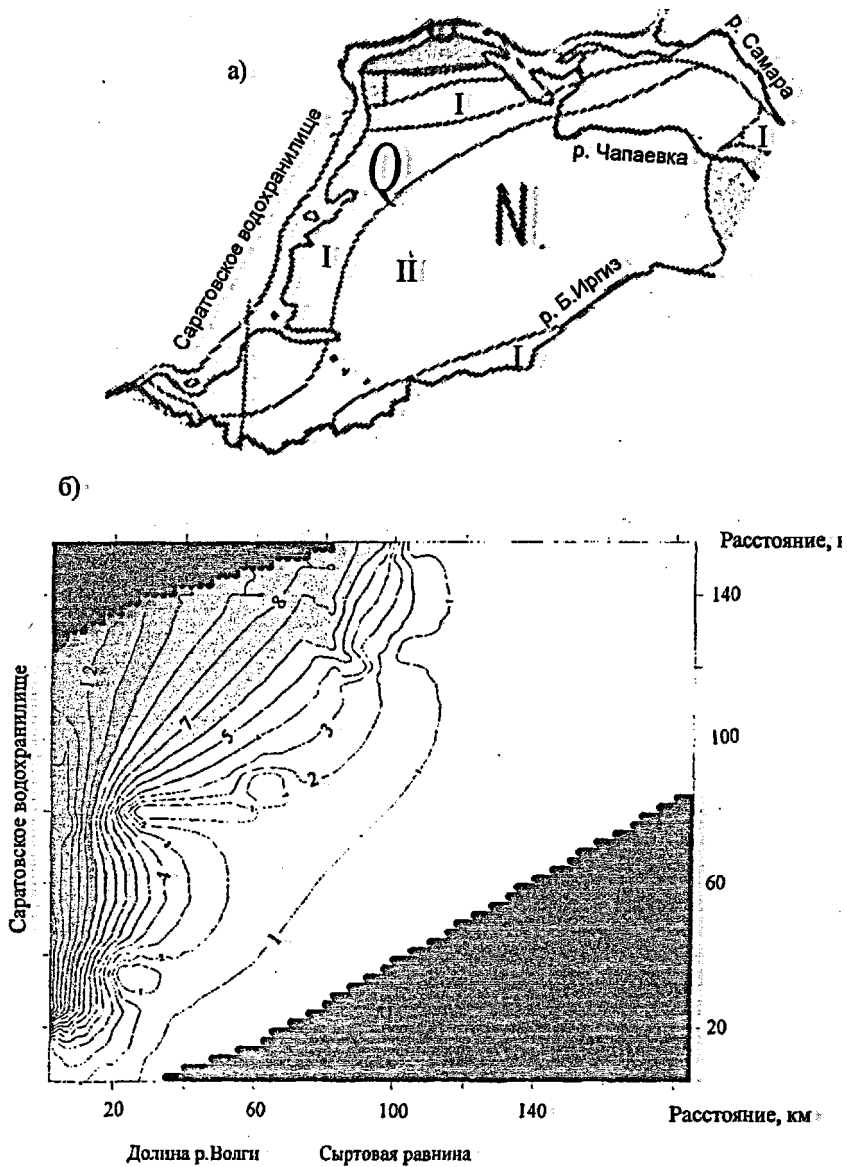


Рис. 5. К оценке устойчивости региональной геосистемы при развитии подпора подземных вод от Саратовского водохранилища

- а) Фрагмент структурно-функциональной модели геосистемы  
I - надпойменные террасы; II - Сырт
- б) Карта-схема максимального подпора  $\Delta h$  (м) грунтовых вод по данным моделирования

рина зоны подпора достигнет на левобережье Волги 100-120 км).

*Оценка устойчивости геосистемы локального уровня к воздействию орошения.* Выполнена динамическая оценка устойчивости геосистемы по скорости подъема уровня грунтовых вод при орошении в зависимости от инфильтрационного питания. Для оценки норм допустимого гидромелиоративного воздействия определялась возможная площадь и интенсивность ирригационного питания в условиях естественной дренированности. Рассматривались условия (характерные для надпойменных террас р.Волги), наиболее благоприятные для развития орошения после наполнения Саратовского и Волгоградского водохранилищ.

Оценка устойчивости выполнялась с помощью построенной автором структурно-функциональной модели геосистемы (рис. 6), на основе которой составлена трехмерная математическая модель, реализованная с использованием программы Modflow. Рассматривалась задача нестационарной фильтрации в двухслойной среде.

Численное моделирование показало, что интенсивное ирригационное питание грунтовых вод более 100 мм/год на террасах Волги без искусственного дренажа неизбежно ведет к снижению потенциальной устойчивости. Сокращение ирригационного питания на 50-75% увеличивает период относительно устойчивого функционирования геосистемы примерно до 15-20 лет, но не предотвращает подтопления и деградации почв и, как следствие, полной потери устойчивости за 30-40 лет. Данные расчеты подтверждают необходимость своевременного строительства дренажа.

Рассмотрены варианты разной продолжительности периодов орошаемого и неорошаемого земледелия при различных величинах инфильтрационного питания. Наилучшие результаты получены при сочетании мероприятий по сокращению инфильтрационного питания до 50 мм/год и уменьшению его площади до 50% территории. Однако, даже в этом случае потенциальная устойчивость характеризуется как слабая (скорость подъема уровня грунтовых вод составляет 0,15 м/год) и развитие кризисного состояния в регионе неизбежно.

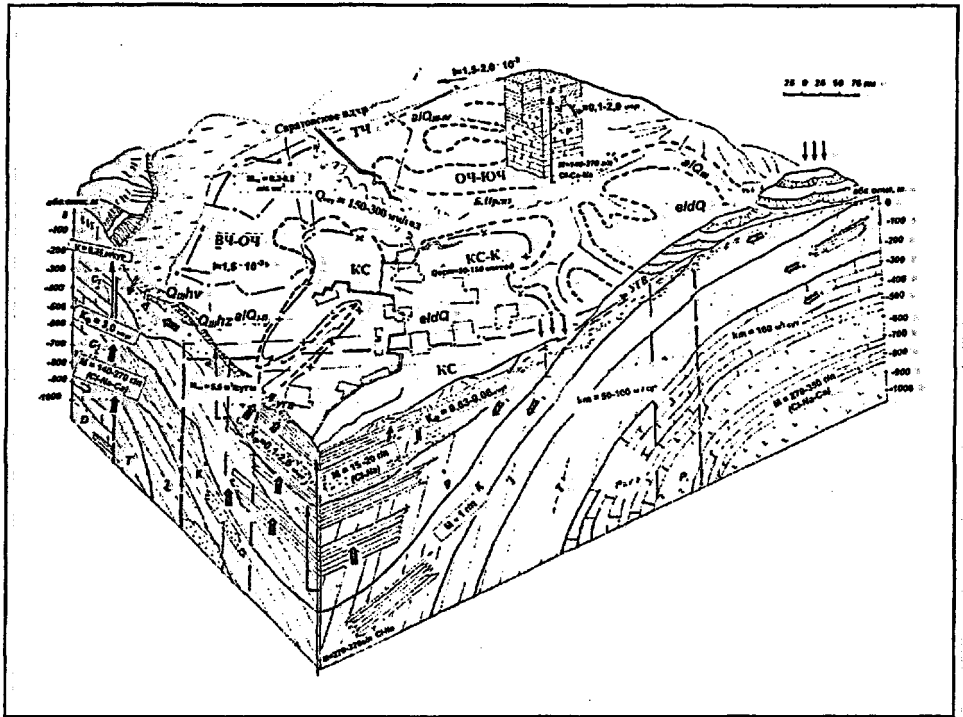


Рис.6.Фрагмент структурно-функциональной модели бассейна р.Б.Иргиз для оценки устойчивости геосистемы локального уровня к воздействию оросительных мелиораций



*Оценка эффективности развития орошения в Поволжье.* На территории Среднего и Нижнего Поволжья необходимость развития мелиорации обусловлена, прежде всего, засушливым климатом. Обеспеченность этого региона водными ресурсами такова, что площадь орошения может быть увеличена до 3,2 млн.га. (И.П.Кружилин и др., 2003г.). Если исходить из того, что объем водных ресурсов является единственным ограничением, то можно рассмотреть варианты стратегии развития орошения на данной площади при условии включения в качестве обязательного варианта отказа от орошения.

Рассмотрены три варианта: первый вариант - богарное земледелие, второй вариант — комплекс оросительных мелиораций конца прошлого века, не предусматривающий природоохранные мероприятия, предотвращение избыточного ирригационного питания на фоне недостаточного искусственного дренажа, третий, вариант - развитие комплексных мелиораций на основе строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем нового поколения, обеспечивающих оптимальные мелиоративные режимы и охрану природной среды. В соответствии с "Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель" (РД-АПК.3.00.01.003-03) сравнение вариантов выполнено по критерию максимума чистого дисконтированного дохода за расчетный период (ЧДД).

Во всех трех вариантах инвестиционный период равен 10 годам с ежегодным вводом земель в эксплуатацию по 320 тыс. га. Расчетный период принят равным 25 годам. В расчетах использованы цены мирового рынка в их рублевом эквиваленте. В первом варианте инвестиционная программа на развитие богарного земледелия оценена в 3,1 тыс.руб/га. Во втором варианте предусмотрены дождевание и (предлагаемое в последние годы для условий Поволжья) поверхностное орошение по бороздам при КПД систем 0,6...0,7. Дренаж предусмотрен на 40% орошаемой площади. Инвестиции приняты равными: 50 тыс.руб/га. В производственные затраты включены текущие издержки на ведение сельского хозяйства (посев, сбор урожая, приобретение и ремонт техники и т.д.), внесение органических и неорганических удобрений, уход за лесополоса-

ми, гипсование и мелиоративную обработку солонцов. Учтена плата за пользование водными объектами в соответствии с государственными расценками (забор чистой воды и сброс дренажных вод). В третьем варианте предусмотрено строительство гидромелиоративных систем с замкнутым или полузамкнутым циклами водооборота, дренаж на 80-90% территории; помимо дождевания используется внутрипочвенное орошение. Предполагается высокая технологическая культура орошаемого земледелия. Размер инвестиций в третьем варианте - 75 тыс.руб/га, что составляет инвестиционную программу в сумме 240 млрд.руб.

Расчет эффективности вариантов выполнен при условии, что на 65% данной площади возделываются кормовые культуры, а на 35% - зерновые (табл. 7). Исходя из фактических условий принято, что на данной площади к началу инвестиционного периода 20% земель осолонцовано, 20% - засолено, 5% - эродировано и 55% земель находится в благоприятных условиях.

**Таблица 7. Посевные площади и их использование**

Мелиоративное состояние	Посевные площади, тыс.га			
	Пшеница	Люцерна	Кукуруза на зерно	Кукуруза на силос
Исходно благоприятное,	440	704	176	352
из них в зоне подпора	88	141	35	70
Исходно неблагоприятное	360	576	144	288
Итого	800	1440	320	640

Основываясь на величине средней урожайности и коэффициенте вариации, принятым по данным ОПХ "Орошаемое" (Волгоградская область), задана начальная урожайность рассматриваемых культур в благоприятных условиях (без подтопления, осолонцевания, эрозии и засоления) и ее вариации по годам с учетом циклического изменения климатических условий. Принят 11-летний цикл изменения величин осадков и урожайности культур. Дополнительно рассчитана урожайность при возможном подтоплении земель, а также в условиях засоления, осолонцевания, эрозии.

Сравнительный анализ рассмотренных вариантов показывает следующее (табл. 8). Гипотетический первый вариант развития сельскохозяйственного производства без орошения и иных мелиоративных мероприятий экономически неэффективен, ведет к деградации земель и необратимым экологическим изменениям природной среды. Второй вариант с мелиорацией земель на основе гидромелиоративных систем, аналогичных существующим в конце прошлого века, также неэффективен, поскольку характеризуется отрицательной величиной ЧДД в пределах рассмотренного расчетного периода. Эффективен третий вариант, несмотря на значительные затраты.

**Таблица 8. Показатели оценки эффективности развития мелиорации:**

Варианты:	Показатели				
	Максимальная продуктивность, тыс.руб./га	Инвестиции, тыс. руб/га	Производственные затраты, тыс.руб./га	ЧД млрд.руб.	ЧДД млрд. руб.
Первый	5,4	3,1	4,0	2,0	-17,0
Второй	13,0	50,0	8,75	15,4	-46,7
Третий	23,7	75,0	14,0	245,6	12,33

Для оценки эффективности рассмотренных вариантов при разных природно-климатических условиях, урожайности культур и т.д. выполнено моделирование, имитирующее ресурсные потоки в зависимости от прогнозного состояния геосистемы в течение расчетного периода для каждого из вариантов стратегии развития орошения. По результатам моделирования построена матрица (табл. 9). Рассмотрены три варианта прогнозной ситуации: 1-наиболее реальный прогноз состояния геосистемы; 2- пессимистический, предполагающий преобладание неурожайных лет в течение расчетного периода из-за неблагоприятных климатических условий, отклонений показателей режимов почвообразовательных процессов от необходимых для формирования урожая значений, а также неблагоприятных сочетаний различных факторов жизни растений, (прежде всего, увлажнения и минерального питания) и др.; 3 - оптимистический прогноз, имитирующий период благоприятной обеспеченности атмосферными осадками, необходимое сочетание факторов жизни растений и преобладание

урожайных лет. Каждой стратегии и каждому состоянию системы соответствует результат, представленный в виде величины чистого дисконтированного дохода ЧДД.

**Таблица 9. Значения ЧДД при разных условиях реализации стратегий развития орошения**

Вариант стратегии	Значения ЧДД при разных условиях реализации стратегий, млрд.руб.		
	Пессимистический вариант	Реальный вариант	Оптимистический вариант
Первый	-22,5	-17,0	-5,6
Второй	-83,9	-46,7	-17,1
Третий	3,9	12,3	15,6

Установлено, что реализация третьего варианта обеспечивает минимальный риск потери ЧДД при всех трех типах прогнозной ситуации.

#### Выводы

1. Анализ и системное обобщение многолетнего опыта развития мелиорации и результатов научных исследований убедительно доказали необходимость дальнейшего совершенствования обоснования комплексных мелиорации как мощного фактора воздействия на природную среду. В последние годы мелиоративной наукой были получены значительные результаты в решении проблем рационального природопользования и охраны природной среды на основе адаптивно-ландшафтного подхода. Дальнейшее их развитие требует более глубокого исследования закономерностей взаимодействия и взаимного влияния природных и антропогенных факторов. К числу нерешенных до настоящего времени проблем относится сохранение устойчивости природной среды к антропогенному воздействию при осуществлении гидромелиоративных мероприятий.

2. Изучение в качестве объектов воздействия гидромелиорации геосистем (геолого-тектонических структур, где глубинные и гелиокосмические вещественно-энергетические потоки определяют закономерности развития ландшафтов) существенно расширяет предметную область исследований и по-

звolyет разработать новые теоретические и методологические положения для решения задачи обеспечения экологической безопасности природной среды, что способствует повышению надежности обоснования мелиорации и снижению риска развития экологически неблагоприятных процессов.

3. Теоретические положения экологической устойчивости основаны на представлении природной среды как целостной саморазвивающейся динамической системы. Предложена обобщенная концептуальная модель взаимодействия гелиокосмических и геофизических факторов формирования и развития геосистем, учитывающая не только зонально-климатические, но геологические и космические факторы. Модель позволяет подойти к обеспечению экологической безопасности на основе анализа особенностей развития, строения и закономерностей функционирования геосистем и учета цикличности процессов. Показано, что экологическая устойчивость определяется генетическими особенностями строения геосистем и закономерностями их развития и функционирования, как сложного процесса поглощения, излучения, преобразования энергии, вещества и информации.

4. На основе концептуальной модели установлено, что геолого-тектонические факторы в ряде случаев определяют предрасположенность природной среды к развитию негативных экологических процессов: эрозии, засолению, загрязнению почв и подземных вод. Выявлена роль тектонически ослабленных зон в формировании геофизических и геохимических аномалий. Наличие этих зон обуславливает изменения гидротермического режима, формирующего плодородие почв, а также поступление глубинных вод в ландшафты, активизацию процессов засоления, осолонцевания, эрозии. Для предотвращения развития этих негативных процессов необходима корректировка оросительных норм, режимов орошения и осушения, подбор севооборотов, агротехнических мероприятий, а также разработка мероприятий для повышения надежности гидромелиоративных систем.

5. Установлена связь устойчивости геосистем к гидромелиоративному воздействию с инерционностью их функционирования как способности гео-

систем отдавать во времени проявление негативных последствий. Показано, что инерционность зависит от водно-физических характеристик отложений, степени естественной дренированности земель, мощности зоны аэрации, буферных свойств почв. При низкой инерционности геосистем необходимо строительство дренажа одновременно со строительством оросительной системы, сокращение ирригационного питания при обеспечении общей высокой культуры орошаемого земледелия.

6. Разработанная методология обоснования мелиорации на основе геосистемного подхода к оценке устойчивости геосистем при гидромелиоративном воздействии является качественно новым шагом в развитии стратегии мелиорации и повышении ее эффективности.

7. Предложенный комплекс моделей для реализации геосистемного подхода к обоснованию мелиорации, включающий структурно-функциональные, прогнозные и оптимизационные модели, позволяет выполнять моделирование процессов взаимодействия и взаимовлияния природных и производственных факторов при мелиоративном воздействии, проводить сценарные исследования по оценке опасности возникновения негативных явлений, а также риска потери части экономического эффекта вследствие возможного возникновения и развития кризисных ситуаций.

8. Разработана структура информационной технологии оценки экологической устойчивости для поддержки принятия планово-проектных решений при обосновании мелиорации. Основными технологическими этапами являются: выделение геосистем, определение показателей и критериальных ограничений устойчивого состояния геосистем, оценка экологической устойчивости и рисков на основе сценарных исследований и эколого-экономического моделирования. Все это позволило выполнить многовариантные численные эксперименты и оценить количественные соотношения между величиной мелиоративного воздействия и реакций геосистем, определить пределы устойчивости геосистем и величину риска в зависимости от гидромелиоративной нагрузки,

инерционности и предрасположенности геосистем к развитию негативных процессов.

9. Выполнено моделирование с целью обоснования мелиорации сельскохозяйственных земель в пределах Волжского бассейна применительно к трем выделенным геосистемам (Верхне-Волжской, Волго-Камской и Прикаспийской), которое позволило установить закономерности ритмических колебаний в процессах тектонических движений и осадкообразования. Доказано, что существенные с точки зрения мелиоративного воздействия структурно-функциональные различия этих трех геосистем обусловлены разной формой и скоростью тектонических движений, погружения и подъема отложений. Выявлены факторы (наличие заболачивания, карста, эрозии, засоления, осолонцевания и др.) и оценена опасность развития экологически неблагоприятных процессов при гидромелиоративном воздействии (в баллах); впервые проведено районирование территорий геосистем по степени опасности. Показано, что наивысшая степень экологической опасности характерна для Прикаспийской геосистемы.

10. Выполненная на основе моделирования оценка опасности и риска ухудшения экологической ситуации в результате подпора грунтовых вод от Саратовского водохранилища позволила установить постоянное снижение экологической устойчивости региона в зоне развития подпора. За 20 лет подъем уровня в пределах Волжских террас составил от 7 до 11 м. Процесс подпора от Саратовского водохранилища продолжает развиваться, что представляет экологическую опасность не только для надпойменных террас, но и для Сыртов. К окончанию развития процесса подпора (примерно 2050 г.) состояние геосистемы оценивается как кризисное (ширина зоны подпора на левобережье составит 100-120 км).

11. Оценка потенциальной устойчивости геосистемы локального уровня (применительно к Волжским левобережным террасам) в зависимости от скорости подъема уровня грунтовых вод подтвердила, что избыточное ирригационное питание грунтовых вод (более 100 мм/год) без искусственного дренажа

неизбежно ведет к снижению потенциальной устойчивости геосистемы. Показано, что сокращение ирригационного питания на 50-75% не предотвращает развития подтопления и деградации почв; потенциальная устойчивость геосистемы характеризуется как слабая. Создание дренажных систем на Волжских террасах является неотъемлемой частью комплекса мелиоративных мероприятий. Вопрос о сроках введения дренажных систем в эксплуатацию должен решаться в процессе проектирования конкретных оросительных систем на основе эколого-экономических расчетов.

12. Результаты геосистемного анализа, эколого-экономическое; моделирование и многовариантные расчеты обоснования стратегии развития орошения в Поволжье показали, что из трех наиболее характерных вариантов, включающих 1) богарное земледелие, 2) комплекс оросительных мелиорации конца прошлого века, не предусматривающий природоохранные мероприятия, предотвращение избыточного ирригационного питания на фоне недостаточного искусственного дренажа, 3) вариант орошения с использованием оросительных и дренажных систем нового поколения в сочетании с другими видами мелиорации (химические, агротехнические, устройство лесополос и др.) и с высокой культурой земледелия, третий вариант стратегии развития орошения в этом регионе, несмотря на более высокие инвестиционные и операционные затраты, является наиболее эффективным, что подтверждает принципиальное положение о целесообразности применения ресурсосберегающих и природоохранных технологий комплексных мелиорации сельскохозяйственных земель.

### **Основные публикации по теме диссертации:**

1. Особенности гидрогеологического обоснования технических проектов реконструкции оросительных систем. // Матер.совещ. в г.Одесса 25-30 сент.1978 г."Почвенно-мелиоративные проблемы и пути повышения плодородия орошаемых земель УССР". -М.: ВАСХНИЛ, 1978, - с.114-116.

2. Изменение гидрогеологических условий под влиянием мелиорации. Экспресс-информация. Серия: Коммунальное хозяйство. Минск: БелНИИ на-



уч.-технич.информации и тех.-экологических исследований Госплана БССР, 1980, - 18 с.( Ю.Г.Богомолов, П.И.Закржевский).

3. Изменение гидрогеологических условий под влиянием мелиорации. - М.:Наука,1979, -162 с. ( Ю.Г.Богомолов, В.Ф.Жабин, В.Х.Хачатурьян).

4. Математическая модель природно-мелиоративной системы. //Тез.докл. IV межвед. сов. по мелиор. гидрогеол., инж.геол. и мелиор. почвоведению."Методы борьбы с заболоч., засол, земель и предупреждению неблагоприятных инженерно-геол. процессов".- М.:ВНИИГиМ; 1980;

5. Постановка гидрогеологических исследований в сложных природно-мелиоративных условиях.// Тез. докл. Всесоюз. совещ. "Методика инж.изысканий для мелиоративного строительства в аридной зоне." -М.: ВНИИГиМ, 1983, -с.118-120.

6. Гидрогеологическое обоснование проектов осушения переувлажненных земель в условиях напорного питания. //Тез.докл.V Всесоюз.совещ. по мелиор.гидрогеол., инж.геол. и мелиор.почвовед. -М.: ВНИИГиМ, 1984, -с.93-97 (Д. А. Манукьян, А.И. Сергеев).

7. Эксплуатационные прогнозы режима уровня грунтовых вод при орошении//Тез. докл. Всесоюз. науч.-технич. совещ."Совершенствование методов надзора за мелиоративным состоянием орошаемых земель и определения влияния водных мелиорации на окружающую среду". -М.: Изд. ЦБНТИ МВХ СССР, 1987,-с.46-48.

8. Рекомендации по эксплуатационным прогнозам режима уровня грунтовых вод на орошаемых массивах. -М.: ВНИИГиМ, 1989,-98 с. (Д.М.Кац, Д.А.Манукьян).

9. Рекомендации по методике оценки оправдываемости гидрогеологических прогнозов на орошаемых землях. -М.: ВНИИГиМ, 1989,\*-48 с. (Д.М. Кац, Л.М. Рекс, Д.А. Манукьян).

10. Оценка оправдываемости гидрогеологических прогнозов на орошаемых землях и рациональное использование водных ресурсов.// Тез.докл.республ.науч.-технич.совещания "Гидрогеол.проблемы рационального использования подземных вод". Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 1989. -с.93-95

11. Об определении понятия устойчивости геосистем к мелиоративному и

водохозяйственному воздействию.// Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и почвоведения. -М.:ВНИИГиМ,1996, -с.97-117.

12. Отдельные аспекты мониторинга подземных вод при исследовании устойчивости геосистем к антропогенной деятельности. //Тез.докл. II Междунар.конгр.: " Вода: Экология и технология " -М.: СИБИКО, 1996.

13. О проблеме устойчивости геосистем к мелиоративной и водохозяйственной деятельности// Proceedings Volume of VI-th International Symposium in Application of Mathem.Methods and Computers in Mining, Geology and Metallurgy.Praga,1997 (И.Г.Бондарик).

14. Исследование устойчивости геосистем на примере бассейна Волги. //Тр. ВНИИГиМ, т.97 "Мелиорация земель республики Калмыкия" М.:ВНИИГиМ, 1997. С.62-78.

15. Об устойчивости геосистем при водохозяйственной и мелиоративной деятельности.// МиВХ, 1997, №3.-с.27-32 (Н.И.Парфенова, Н.М.Решеткина).

16. Оценка экологического состояния Прикаспийского региона при мелиоративном воздействии. -М.: ВНИИГиМ, РОМА, 1997,-179 с. (Н.И. Парфенова, Н.М.Решеткина, Е.А.Макарычева и др.).

17.О методологии исследования геосистем при оценке их устойчивости к водохозяйственной деятельности.//Тез.докл. Междунар. конф. в г.Барнауле 1-4 июля 1998 г. Барнаул: Ин-т водных проблем СО РАН, 1998.

18. Принципы построения физических моделей природных систем при оценке экологической устойчивости к мелиоративной деятельности. //Тез.ИV Междунар. симпозиума "Прим. матем. методов и компьютерной технологии при решении задач геохимии и охраны окружающей среды "Киев, Нац. АН Укр,1998, с.43-46. (Н.М.Решеткина).

19. Определение допустимых нагрузок на геосистемы при оценке их устойчивости к мелиоративной и водохозяйственной деятельности.//Тез.докл.III Междунар. конгресса:" Вода: Экология и технология " 25-30 мая 1998 г.-М.: СИБИКО, 1998.

20. Водохозяйственная и мелиоративная деятельность и глобальные проблемы современности.//"Природообустройство - важная деятельность человека" -М.:МГУП,1998, -с.81-83 (Н.М.Решеткина, Н.И.Парфенова, Т.Н. Антипова).

21. В поиске решения экологических проблем при мелиоративной и водохозяйственной деятельности.//The Mining Příbram Symposium. The International Section on Geoetics. 12-14 oct1998, Prague, Czech Republic.

22. О связи биологического и геологического круговоротов при мелиоративной; и водохозяйственной деятельности. // МиВХ,. 1998, №2, -с.21-25. (Н.М.Решеткина, Н.И.Парфенова).

23. Поиск учета энергетических природных процессов при оценке изменений почвенного покрова.//Тез. докл. Всеросс. конф."Антропогенная деградация почв. покрова и меры ее предупреждения" 16-18 июня 1998 г.Т.1.М.:РАСХН, Почв.ин-т им. В.В.Докучаева,1998, -с.60-62. (Н.М.Решеткина, Н.И.Парфенова)

24. Риск-анализ при мелиорации земель.//The Mining Příbram Symposium. The International Section on Geoetics. Prague, Czech Republic, 1999.-

25. Принципы исследования экологической устойчивости геосистем для повышения надежности сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях.// Юбил.сб.научных трудов "Современные проблемы мелиорации и пути их решения Г. -М.:ВНИИГиМ,1999, Т.II, -с.93-103.

26. Принципы оценки экологической устойчивости и риска - при комплексных мелиорациях и системах земледелия.М.:ВНИИГиМ, 1999, 48 с.

27. Предупреждение негативных экологических процессов на орошаемых почвах.// Тез.докл.III съезда Докучаевского об-ва: Почвоведов 11-15 июля; 2000г,Суздаль. Кн.2,- М.:РАН,2000, -с.217-218

28. Оценка экологического риска при водохозяйственном строительстве и мелиорации земель.// Тез.докл.Г/ Междунар.конгр.: Вода:Экология:и технология " -М.,2000.М.,СИБИКО,2000, -с.79-80.

29. Экологическая устойчивость и оценка риска при мелиорации земель.// Вопросы мелиорации, 2000г.,№1-2, с. 139-146.

30. Роль геоструктур в формировании биогидрогеохимических потоков при экологическом обосновании мелиорации.// Вопросы мелиорации, №3-4, 2001, -с. 113-120 (Н.М.Решеткина, Н.И.Парфенова).

31. Строение и функционирование геологических и гидрогеологических систем как основа для экологически безопасных мелиорации.// Сб.конф. "Кос-

тяжковские чтения", МГУП, 2001, -с.17-18. (Н.М..Решеткина, Н.И.Парфенова).

32. Комплексирование гидрогеологических и экологических исследований для обоснования мелиорации.// Тез. Всеросс. науч.-практ.конф."Научно-методические основы и практика картографирования" М.:ВСЕГИНГЕО, 21-23 ноября 2001. -М.: ВСЕГИНГЕО, 2001 (Н.И.Парфенова).

33. Экологическое обоснование комплексных мелиорации и систем земледелия.//Сб. "Проблемы научного обеспечения экономической эффективности орошаемого земледелия в рыночных условиях ".Мат. междунар.науч.практ.посвящ.100-летию со дня рожд. Заслуж.мелиорат.РФ/ д.с.-х.н., проф. М.Н.Багрова.Волгоград: изд.Волг.гос.с.-х.академии, 2001, -с.100-101.(Н.И.Парфенова,Н.М.Решеткина)

34. Экологическая устойчивость геосистем к мелиоративному и водохозяйственному воздействию.//Международ.конф."Экологические проблемы мелиорации" РАСХН, ВНИИГиМ. -М.: Изд. УПК "Федоровец", 2002,-с.33-36.

35. Концепция обеспечения экологически, устойчивого функционирования природных систем при мелиоративной и водохозяйственной деятельности. -М.:ВНИИГиМ, 2001, -66 с. (Н.И.Парфенова, Ю.С.Лялин, Е.А.Макарычева)

36. Подходы к оценке рисков при мелиорации; земель. //Сб.мат.науч,-тех.конф.М.:МГУПД002.С.30-31

37. Методические рекомендации по эколого-экономической. оценке эффективности мелиоративных и водохозяйственных объектов. -М.:ВНИИГиМ, 2002 г., -93 с.(Н.С.Быстрицкая, С.Л.Безднина, Н.И.Парфенова и др.)

38. Экологическое обоснование мелиорируемых земель.-М.: ВНИИГиМ, УПК "Федоровец", 2001, -242 с. (Н.И.Парфенова, В.Н. Зинковский, Л.В.Руднева)

39. Концептуальные положения об устойчивости почвенных процессов к мелиоративным и водохозяйственным воздействиям.// Тез.докл.Всерос.конф. "Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям". М.:РАСХН, Почв.ин-т им В.В.Докучаева, 2002, -с.388.(Н.И.Парфенова)

40. Устойчивость геосистем и оценка экологической опасности при мелиоративном и водохозяйственном воздействии.// МиВХ, 2002, № 4,-с.15-19

41. Обоснование мелиорации с учетом экологической устойчивости гео-

систем. -М.:2003 (Деп. в ВИНТИ 26.12.03, № 2278-В2003),- 319 с.

42. Some Principles of Survey Optimization by Monitoring the Environment. Proceedings International Symposium Engineering Geology and Environment. Athens, Greece, 1997 (И.В.Исаев)

43. Ecological and Ethics Principles Confirmation of Hydraulic construction Foundation. //The Mining Příbram Symposium. The International Section on Geoetics, 2000.

44. Some Ecological and Ethics Problems caused by Land Reclamation.//The Mining Příbram Symposium. The International Section on Geoetics. Prague, Czech Republic, 2000:

45. Search of New Approaches to Sustainiation of Environmental Stability of Region. //International Commision on Irrigation and Dranage (ICID). 19-th European Regional Conferencer Sustainable Use of Land and Water. 4-8 June, 2001, Brno and Prague, Czench Republic (Н.М.Решеткина, Н.И.Парфенова).

46. Estimation of Ecological Risk Caused by Land Reclamation. //International Commision on Irrigation and Dranage (ICID) 19-th European Regional Conferencer Sustainable Use of Land and Water. 4-8 June, 2001, Brno and Prague, Czech Republic.

47. Prevention of Negative Ecological Processes Caused by Irrigation on Risk Assessment Base. //International Commision on Irrigation and Dranage (ICID), Canada, 2002.

48. Human Impact Limitation as the Part of Land Desertification PreventionV/ International Commision on Irrigation and Dranage (ICID), 20-th European Regional Conference, " Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification", Slovenia, 2002.

Подписано к печати 29.01.04г. Формат 60x84/16

Усл.печ.л. 2.0

Тираж 150 экз. № 5

ГНУВНИИГиМ

127550, Москва, ул.Б. Академическая, 44





**P-2809**