

**И.П.Айдаров**

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНЫХ  
МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ**



Москва, 2004

**И.П. Айдаров**

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНЫХ  
МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ**

МГУ Природообустройства  
МОСКВА, 2004

УДК 631.6  
ББК 40.6  
А 11

**Айдаров И.П. Перспективы развития комплексных мелиораций в России, монография, М., МГУ Природообустройства, 2004, 137 с.**

ISBN 5-89231-127-9

В книге на основании обобщения результатов многолетних опытно-производственных и теоретических исследований и имеющегося опыта рассмотрены проблемы природопользования в сфере АПК и особенности природно-хозяйственных условий экономических районов. Дан анализ изменения основных свойств природных ландшафтов при трансформации их в агроландшафты. Выявлены причинно-следственные связи, на основании которых сформулированы основные цели и задачи комплексных мелиораций агроландшафтов. Рассмотрены различные варианты развития комплексных мелиораций и приведены результаты прогнозных расчетов, основанных на использовании наиболее простых моделей, интегральных критериях и показателях.

Предложена методика и выполнена оценка эколого-экономической эффективности инвестиций в комплексные мелиорации. Определены основные направления развития комплексных мелиораций, позволяющие: улучшить экологическое состояние агроландшафтов и стабильность сельскохозяйственного производства.

Предназначена для научных работников, аспирантов и студентов сельскохозяйственных и мелиоративных учебных заведений, а также для работников сельскохозяйственных организаций.

Таблиц – 43, иллюстраций – 17, библиографий – 105.

Рецензент – доктор технических наук, профессор Л.М. Рекс (ФГУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова)

ISBN 5-89231-127-9

© И.П. Айдаров, 2004 г.

© МГУП, 2004 г.

## Введение

Хозяйственная деятельность человека в настоящее время достигла той границы, за которой деградация естественной среды может принять необратимый характер. Такое положение характеризуется как экологический кризис, вызванный нарушением взаимосвязей в экологических системах, в частности в системе «человек - природа», в результате непродуманной хозяйственной деятельности. Более существенные изменения природной среды связаны с агропромышленным производством, которое сопровождается нарушением естественных биологического и геологического круговоротов вещества и энергии, уменьшением биологического разнообразия, изменением структуры и основных свойств природных ландшафтов, загрязнением и нарушением процессов воспроизводства возобновляемых ресурсов. Сельскохозяйственное производство в своем стремлении взять от природных ресурсов как можно больше все сильнее вторгается в исторически сложившееся экологическое равновесие в природе. Вместе с тем нельзя сказать, что вопросам улучшения состояния сельскохозяйственных угодий и интенсификации сельскохозяйственного производства не уделялось внимания. Только за последние 10 лет с 1990 по 2001 гг. был принят ряд Федеральных законов и Федеральных программ, в том числе: «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», «О мелиорации земель», «Водный кодекс», «О программе аграрной реформы РФ на 1994 – 95 гг.», «О мерах по стабилизации экономического положения и развития реформ в АПК», «Концепция перехода РФ к устойчивому развитию», Федеральные целевые программы «Плодородие почв (1,2 и 3 этапы)», «Стабилизация развития агропромышленного производства в РФ на 1996 – 2000 гг.» и другие нормативно – правовые документы.

Однако анализ состояния сельскохозяйственных угодий и сельскохозяйственного производства за этот же период показывает, что оно



продолжает ухудшаться. Основными факторами, определяющими состояние сельскохозяйственных угодий являются подкисление почв, дефицит элементов минерального питания, водная и ветровая эрозия, техногенное загрязнение почв, сработка запасов гумуса. При этом состояние орошаемых и осушаемых угодий существенно хуже по сравнению с богарными, что связано с усилением вымывания питательных веществ из почв в результате увеличения промывного режима, изменением условий почвообразования (от гидроморфных к полугидроморфным на осушаемых территориях и от автоморфных к гидроморфным или полугидроморфным на орошаемых территориях), загрязнением поверхностных и грунтовых вод в связи с усилением геологического круговорота воды и химических веществ.

Основная причина такого положения заключается в противоречии между глобальным проявлением данных проблем и частными подходами к их решению. Дело в том, что все без исключения нормативно – правовые и программные документы были разработаны не комплексно, без анализа причин ухудшения состояния сельскохозяйственных угодий и сельскохозяйственного производства с одной стороны и не были обеспечены материальными и другими ресурсами – с другой.

Традиционно основные цели и задачи сводятся к решению сиюминутных проблем, то есть были направлены на борьбу со следствиями, а не с причинами и включали интенсификацию сельскохозяйственного производства и обеспечение населения продовольствием за счет... «внедрения прогрессивных технологий, перехода на качественно новый уровень интенсификации, основанный на более эффективном использовании трудовых, материальных и энергетических ресурсов, биологического потенциала продуктивности современных сортов растений и агроэкологических условий» [55]. Все это не отвечало концепции устойчивого развития и природообустройства, основной целью которой являлось создание условий для воспроизводства возобновленных природных ресурсов, интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства. Состав программных мероприятий представлял собой набор

отдельных приемов, которые хотя и дополняли друг друга, но целостной системы комплексных мероприятий собой не представляли. Очень важным является игнорирование того факта, что культурные растения не обладают внутренней устойчивостью и, следовательно, не могут играть существенной роли в обеспечении экологической устойчивости агроландшафтов, которая определяется в основном наличием естественных экосистем. Такая традиционная постановка проблемы привела к тому, что из рассмотрения выпали основные свойства ландшафтов – открытость, целостность, функционирование, определяющие их экологическую устойчивость и развитие деградации природной среды.

Исходя из существа проблемы улучшение состояния сельскохозяйственных угодий возможно только при условии осуществления комплексных мелиораций, включающих систему мероприятий по регулированию потоков вещества и энергии в приземном слое атмосферы, в почве, в растениях, в грунтовых и поверхностных водах, на что обратили внимание В.В. Докучаев, В.Р. Вильямс, А.Н. Костяков [37, 19, 56]. Таким образом, при разработке комплексных мелиораций необходимо рассматривать единую природную систему (агроландшафт), а не отдельные её части, как это обычно делается. Опыт мелиорации сельскохозяйственных угодий показывает, что регулирование потоков вещества и энергии в одном из компонентов природной системы (агроландшафта) и тем более одного из факторов (например, водного, биологического или питательного режимов почв) не приемлемо.

Условно весь комплекс задач по улучшению состояния сельскохозяйственных угодий и интенсификации сельскохозяйственного производства можно разделить на две группы:

1. Анализ причин ухудшения состояния сельскохозяйственных угодий, который выполняется на основании изучения изменений основных свойств природных ландшафтов в результате сельскохозяйственного освоения земель и обоснования необходимости и состава комплексных мероприятий.

## 2. Разработка методов и технологий комплексных мелиораций.

Первая группа задач несет естественно-исторический характер и требует изучения процессов массо- и энергопереноса абиотической и биотической природы в естественных и нарушенных ландшафтах; вторая – относится к социально-экономической сфере и предусматривает выработку определенных принципов принятия решений. Суть такого подхода наиболее точно отражает принцип: «Мыслить глобально – действовать локально».

При написании работы использованы материалы многолетних исследований Россельхозакадемии, Роскомзема, МГУП, МСХА, МГУ, Почвенного института им. В.В. Докучаева, ВНИИГиМ, ВНИИ системных исследований и др.

# 1. Природопользование в сфере АПК и особенности природно-хозяйственных условий экономических районов

## 1.1. Общие положения

Современное неудовлетворительное состояние сельскохозяйственных угодий и сельскохозяйственного производства обычно связывают с резким ухудшением социально – экономического положения в стране в последние 10 – 12 лет. Широко также распространено мнение, в соответствии с которым низкая эффективность сельскохозяйственного производства по сравнению с развитыми странами является следствием невысокого в целом биоклиматического потенциала страны, забывая при этом, что более 50 % пахотных земель расположено в зоне лучших в мире чернозёмных почв. Соответственно основными факторами, обеспечивающими выход сельского хозяйства из кризиса, считают развитие социально-экономического механизма и рыночной экономики. Всё это свидетельствует о том, что большинство специалистов не представляют себе истинное состояние природопользования в сфере АПК, которое не отвечает принципам «устойчивого» развития, сопровождается разрушением природных экосистем и наряду с продовольственной ставит под угрозу экологическую безопасность страны. В этих условиях основным фактором, определяющим неудовлетворительное состояние АПК, является нерациональное (истощительное) использование природных и материальных ресурсов.

Причина такого положения заключается в противоречиях между глобальным проявлением хозяйственной деятельности и частными подходами к её формированию. Достаточно четко это выразил английский философ Ф. Бекон, который писал: «Пусть никто не надеется, что сможет управлять природой пока должным образом её не поймет и не узнает» [13]. Развитие этих

идей содержалось в работах В.В. Докучаева, создавшего учение о природных зонах, положившее начало науки о ландшафтах. В основе учения лежала необходимость исследований целостных природных систем, а в основе систем ведения сельского хозяйства – оптимизация природных систем (ландшафтов) [4, 28, 37, 50]. К сожалению, общим недостатком исследования проблем природопользования в сфере АПК является их некомплексность.

Изучение отдельных свойств природных систем или отдельных факторов, определяющих состояние объектов, совершенно недостаточно для решения проблемы рационального использования природных ресурсов. Природные системы (геосистемы) характеризуются рядом свойств, основным из которых является открытость. Существование природных систем возможно только при условии постоянного обмена веществом и энергией с окружающей средой. Обмен веществом и энергией в общем случае включает водный и тепловой балансы органического вещества и химических элементов. Изменение одного из балансов или любого из элементов балансов неизбежно ведет к нарушению процессов массо- и энергообмена внутри системы и изменению состояния отдельных компонентов и природной системы в целом. С этим свойством самым тесным образом связаны все остальные, в том числе: целостность, то есть направленность и интенсивность изменения природной системы, которая определяется состоянием и характером взаимодействия и взаимосвязи отдельных компонентов; функционирование – характер процессов массо- и энергопереноса между компонентами природной системы и сопряженными геосистемами; структура – изменение естественной пространственной структуры (леса, луга, болота, сельскохозяйственные угодья и др.) в результате хозяйственной деятельности; динамика – обратимые изменения природной системы, не приводящие к перестройке её структуры и эволюции, то есть необратимые изменения природной системы.

Таким образом, для оценки причины ухудшения состояния сельскохозяйственных угодий, как составной части природных систем,

необходимо рассмотреть изменение основных свойств естественных природных систем в результате хозяйственной деятельности.

Учитывая, что сельскохозяйственная деятельность на конкретной территории тесно взаимодействует с природой, для изучения этого взаимодействия совокупный комплекс – «природная среда – сельскохозяйственное производство» необходимо рассматривать как единую целостную систему или природно-техническую (агротехническую) систему.

В настоящей работе в качестве природно-технической системы рассматривается экономический район, характеризующийся определенной общностью природных и хозяйственных (агротехнических) условий.

## **1.2. Особенности природных и хозяйственных условий экономических районов**

Природные и хозяйственные условия экономических районов чрезвычайно разнообразны. Для обобщения и оценки особенностей природных и хозяйственных районов в работе использованы официальные данные Госкомстата и Минсельхоза России, Роскомзема, Россельхозакадемии и результаты научных исследований Почвенного института им. В.В. Докучаева, Московской сельскохозяйственной академии, МГУ им. Ломоносова, ВНИИГиМ, МГУП и др. Следует однако отметить, что обобщение и систематизация данных оказалась достаточно сложной задачей, поскольку в официальных документах и результатах научных исследований зачастую приводятся существенно различные цифры. В связи с этим в работе приведены осредненные данные, которые тем не менее дают представление об особенностях природных и хозяйственных условий экономических районов и позволяют оценить изменение природной среды в результате хозяйственной

деятельности [12, 14, 16, 17, 18, 21, 22, 24, 26, 29, 30, 33, 35, 39, 42, 53, 54, 57, 67, 84, 88, 89 и др.]. Таблица 1.1.

Статистическая обработка имеющихся данных показывает, что экономические районы обладают достаточно высокой однородностью агроклиматических показателей ( $C_v < 0,10 - 0,15$ ). Исключение составляют Поволжский, Уральский и Дальневосточный районы, в состав которых включены по территориальному принципу регионы, расположенные в других почвенно-климатических зонах. Так в состав Поволжского района включены Астраханская область и Калмыкия, характерные скорее для северной части Дагестана и Ставропольского края. В состав Уральского района внесена Оренбургская область, а в состав Дальневосточного – Магаданская и Камчатская области.

Почвенные и агрохимические условия экономических районов целесообразно характеризовать по преобладающим типам почв [14, 22, 25, 26, 27, 42, 50, 53, 54, 57, 88, 89 и др.]. Таблица 1.2.

Рассматривая вопросы устойчивости природной и природно-технической систем, очень важно знать их структуру, то есть состав биотических элементов. При этом для оценки устойчивости необходимо знать не только площадь биотических элементов, но и их свойства, характеризующие экологическое значение каждого из них [4, 29, 45, 86, 87].

Структура биотических и абиотических элементов по экономическим районам приведены в таблице 1.3 [14, 16, 22, 29, 30, 42, 45, 46, 54, 57, 89].

Таблица 1.1

## Агроклиматические ресурсы экономических районов

Экономические районы	Сумма атмосферных осадков, мм.	Сумма активных температур, °С	Радиационный баланс, КДж/см <sup>2</sup> год	ФАР, КДж/см <sup>2</sup> год	Продолжительность вегетационного периода, сут.	Запасы влаги в почве на начало вегетации, мм	$\bar{R} = \frac{R}{LOC}$	Биологическая продуктивность, т/га
Северный	550-600	643-1662	75-118	129-172	90-132	124-220	0,50-0,85	3,0-9,1
Северо-западный	610-690	1663-1974	118-130	172-184	92-140	135-240	0,68-0,85	7,6-11,8
Центральный	550-655	1822-2361	125-147	179-201	124-143	154-230	0,76-1,07	9,6-13,0
Волго-Вятский	620-680	2016-2287	133-145	187-199	107-139	170-173	0,79-0,93	10,7-13,0
Центрально-Черноземный	470-640	2370-2679	148-161	202-215	139-177	145-176	0,92-1,36	7,2-14,0
Поволжский	230-570	2078-3652	136-202	190-256	123-193	40-170	0,95-3,49	0,5-11,0
Северо-Кавказский	450-650	2836-3461	168-194	222-248	174-213	78-180	1,03-1,71	4,0-15,5
Уральский	260-790	1780-2505	123-154	177-208	87-147	120-180	0,62-2,35	1,0-11,5
Западно-Сибирский	380-490	1680-2127	119-138	173-192	91-123	107-168	0,97-1,44	5,8-12,0
Восточно-Сибирский	410-690	1492-1715	111-121	165-175	78-123	25-155	0,64-1,17	6,4-11,5
Дальневосточный	300-650	807-2433	81-150	136-204	75-193	23-274	0,51-1,99	2,0-13,0



Таблица 1.2

## Почвенные условия экономических районов

Показатели	Экономические районы											
	Северный	Северо-Западный	Центральный	Волго-Вятский	Центрально-Черноземный	Поволжский	Северо-Кавказский	Уральский	Западно-Сибирский	Восточно-Сибирский	Дальневосточный	
Преобладающий тип почв	П *	П, П <sup>а</sup>	П <sup>а</sup> , Л	П, П <sup>а</sup> , Л	Ч <sup>а</sup> , Ч <sup>о</sup> , Ч <sup>т</sup>	Ч <sup>о</sup> , Ч <sup>т</sup> , Ч <sup>ю</sup> , К, К <sup>сн</sup>	Ч <sup>о</sup> , Ч <sup>т</sup> , Ч <sup>ю</sup> , К, Бу, Бу <sup>сн</sup>	П <sup>а</sup> , Л	П <sup>а</sup> , П <sup>б</sup>	П <sup>а</sup> , Тжд	П, П <sup>д</sup>	
Мощность горизонта А, см	20	25	20-40	20-30	50-100	30-100	20-100	40-90	40-60	30-40	20-30	
Подстилка, О+А <sub>0</sub> , см	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
pH	4-4,5	4-5	5-6	5-6	6-7	6-8	6-8	5-6	5-6	4-6	4-6	
ППК, мг-экв/100г,	<15	15-20	20-30	10-30	30-40	30-40	30-40	20-30	10-20	10-20	15-20	
Сумма обменных оснований, мг-экв/100г	<1	1-10	10-40	1-10	40-80	40-100	40-80	10-40	10-20	1-10	1-10	
Глубина залегания карбонатов, горизонт	-	-	BC	BC	AB-BC	A-BC	A-AB	BC	-	-	-	
Поглощенный натрий, мг-экв/100г	-	-	-	-	-	5-10	5-10	-	-	-	-	
Запасы гумуса, т/га	50	70	130	150	500	400	600	250	200	100	70	
Отношение Gг/ Gф	0,62	0,75	0,90	0,90	2,1	1,4	2,2	0,9	0,95	0,80	0,70	
Содержание элементов минерального питания, в долях от максимального	N	0,18	0,20	0,45	0,40	0,80	0,85	1,0	0,45	0,45	0,35	0,30
	P	0,18	0,17	0,21	0,20	0,31	0,33	0,40	0,22	0,21	0,19	0,21
	K	0,38	0,35	0,51	0,57	0,90	0,90	1,0	0,50	0,45	0,40	0,40
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100г.	5-6	4-5	3-4	3-5	1-3	1-2	0-2	2-4	3-4	3-6	4-6	
Гидролитическая кислотность средняя, мг-экв/100г	5,6	5,0	3,8	4,0	2,2	1,6	1,0	3,5	3,6	4,3	5,0	

\*П – подзолистые; П<sup>а</sup> – дерново-подзолистые; Л – серые лесные; Ч<sup>а</sup> – выщелоченные чернозёмы; Ч<sup>о</sup> – чернозёмы обыкновенные; Ч<sup>т</sup> – чернозёмы типичные; Ч<sup>ю</sup> – чернозёмы южные; К – каштановые; Бу – бурые пустынно-степные; Тжд – дерново-таёжные; К<sup>сн</sup> – каштановые солонцеватые; Бу<sup>сн</sup> – бурые пустынно-степные солонцеватые; П<sup>д</sup> – дерново-падевые подзолистые.

Таблица 1.3

## Структура биотических элементов по экономическим районам

Экономический район	Площадь, тыс.га	Структура биотических элементов, %				
		Лес	Болота	Луга	Водоёмы	Биоклиматический потенциал *
Северный	147226	85,0	7,0	5,0	3,0	69,8
Северо-Западный	19516	80,0	14,0	5,0	1,0	61,6
Центральный	48439	59,0	6,0	34,0	1,0	98,7
Волго-Вятский	26283	83,0	4,0	12,0	1,0	88,0
Центрально-Черноземный	16786	12,0	1,0	86,0	1,0	140,8
Поволжский	53826	2,0	1,0	96,0	1,0	88,0
Северо-Кавказский	33561	2,0	1,0	96,0	1,0	184,2
Уральский	82326	30,0	2,0	67,0	1,0	74,2
Западно-Сибирский	245819	10,0	18,0	70,0	2,0	78,6
Восточно-Сибирский	415533	88,0	1,0	9,0	1,0	84,2
Дальневосточный	616933	87,0	5,0	7,0	1,0	72,3

\* Биоклиматический потенциал в % от среднего по России (100%)

С экологической точки зрения природная и природно-техногенная системы представляют собой сложный комплекс взаимодействующих и взаимосвязанных компонентов, поэтому одной из первоочередных задач является оценка их устойчивости к техногенным воздействиям. Такая оценка для природных систем включает определение коэффициента экологической стабилизации ( $K_c$ ), а также оценку устойчивости почв (как одного из основных компонентов природных систем) к возможным техногенным химическим воздействиям. Последняя содержит определение устойчивости почв к кислотным воздействиям и эколого-геохимическую оценку устойчивости почв к загрязнению тяжелыми металлами [4, 25, 26, 27, 43, 69, 79, 95, 96]. Для природно-техногенных систем следует ещё добавить определение характеристик экологического равновесия [74, 86, 87].

Коэффициент экологической стабилизации определяется как [4]:

$$K_c = \frac{\sum_1^n f_i \times K_1 \times K_2}{\omega} \quad (1.1)$$

где:  $K_c$  – коэффициент экологической стабилизации в долях от единицы;  $f_i$  – площадь биотических и абиотических элементов, %;  $K_1$  – коэффициент, характеризующий экологическое значение отдельных биотических и абиотических элементов, в том числе; хвойных лесов – 0,38; лугов – 0,62; хвойных и широколиственных лесов – 0,63; болот, водоемов и водотоков – 0,79; лиственных лесов – 1,0;  $K_2$  – коэффициент геолого-морфологической устойчивости рельефа;  $K_2 = 0,7$  для нестабильного рельефа (пески, склоны, оползни) и  $K_2 = 1,0$  для стабильного рельефа;  $\omega$  – общая площадь природно-технических систем.

Оценку устойчивости природных и природно-техногенных систем можно производить по следующей шкале: [4]

$K_c$	степень стабилизации
$\leq 0,33$	нестабильный
0,34-0,50	малоустойчивый
0,51-0,66	среднеустойчивый
0,67-1,00	устойчивый

Оценка эколого-геохимической опасности кислотной деградации почв и эколого-геохимической устойчивости почв к техногенному загрязнению тяжелыми металлами выполняется с учетом основных физико-химических свойств почв (см. табл. 1.2). Уровни эколого-геохимической устойчивости почв приведены в работе М.А. Глазовской [27]. Таблица 1.4.

Таблица 1.4

## Уровни эколого-геохимической устойчивости

Типы почв	Уровень эколого-геохимической устойчивости	
	К кислотным воздействиям	К загрязнению тяжелыми металлами
П, П <sup>пл</sup> *	Очень низкий	Низкий
П <sup>д</sup> , Т <sub>жд</sub>	Ниже среднего	Средний
Л, Ч <sup>в</sup> , Б <sub>у</sub>	Средний	Средний
Ч <sup>о</sup> , Ч <sup>г</sup> , Ч <sup>ю</sup> , К	Выше среднего	Выше среднего, высокий
Б <sub>у</sub> <sup>см</sup> , К <sup>см</sup>	Высокий	Средний

\* Условные обозначения приведены в таблице 1.2

Результаты расчетов стабильности и эколого-геохимической устойчивости природных систем экономических районов приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5

## Уровни стабильности и эколого-геохимической устойчивости природных систем экономических районов

Экономический район	K <sub>c</sub>	Уровень стабильности	Уровень эколого-геохимической устойчивости	
			К рН	К тм
Северный	0,43	Мало стабильный	Очень низкий	Низкий
Северо-Западный	0,55	Средне стабильный	Очень низкий, ниже среднего	Низкий, средний
Центральный	0,64	Средне стабильный	Ниже среднего, средний	Средний
Волго-Вятский	0,64	Средне стабильный	Очень низкий, средний	Низкий и средний
Центрально-Черноземный	0,67	Средне стабильный	Средний, выше среднего	Выше среднего, высокий
Поволжский	0,64	Средне стабильный	Выше среднего, высокий	Выше среднего, высокий
Северо-Кавказский	0,64	Средне стабильный	Выше среднего, высокий	Выше среднего, высокий
Уральский	0,64	Средне стабильный	Ниже среднего, средний	Средний
Западно-Сибирский	0,66	Средне стабильный	Очень низкий	Низкий
Восточно-Сибирский	0,43	Мало стабильный	Ниже среднего	Низкий
Дальневосточный	0,52	Средне стабильный	Очень низкий, ниже среднего	Низкий

Анализ приведенных в таблице 1.5 данных показывает, что при оценке экологической стабильности (Кс) необходимо учитывать не только состав биотических элементов и видовой состав (биологическое разнообразие), но и ежегодный прирост и общие запасы биомассы, включая высшие растения, микроорганизмы и водоросли, а также роль каждого биотического элемента в формировании водного и теплового балансов территории, биологического и геологического круговоротов воды и химических элементов.

Роль отдельных биотических элементов в формировании экологической стабильности приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

**Роль отдельных факторов в формировании экологической стабильности и эколого-геохимической устойчивости территорий, %**

Экономические районы	Кс, %			Эколого-геохимическая устойчивость					
	лес	болота	луга	к кислотной деградации			к тяжелым металлам		
				а, ал *	о, г, об *	к, с, ов *	а, ов, м *	о, г, е *	ал, к, с *
Северный	75	18	7	68-70	20-24	8-9	63-64	16-20	10-20
Северо-Западный	73	21	6	67-70	20-24	9-10	62-63	17-26	11-21
Центральный	58	8	34	53-67	24-41	6-9	45-63	26-41	11-14
Волго-Вятский	82	6	12	53-70	24-41	6-10	45-63	26-41	11-14
Центрально-Чернозёмный	18	2	80	29-44	44-47	12-24	25-45	41-44	14-31
Поволжский	3	3	94	14-31	35-56	13-43	20-50	35-59	7-45
Северо-Кавказский	3	3	94	12-31	24-56	13-64	20-50	14-59	17-54
Уральский	30	4	66	53-67	24-41	6-9	45-63	26-41	11-14
Западно-Сибирский	10	24	66	67-68	23-24	9	60-63	25-26	11-15
Восточно-Сибирский	80	10	10	64-67	24-36	0-9	57-63	26-35	8-11
Дальневосточный	84	9	7	67-70	20-24	9-10	62-63	17-26	11-21

\* а – кислотно-щелочные условия (рН); ал – содержание аморфных гидроксидов (Fe + Al), %; о – мощность горизонта А + А<sub>0</sub>, см; г – мощность горизонта А, см; об – сумма обменных оснований, мг-экв/100г; к – граница вскипания от HCl (наличие карбонатов); с – содержание обменного натрия, %; ов – окислительно-восстановительные условия (Eh, мв, признаки отщепления); м – вечная мерзлота в пределах слоя 0 – 100 см; е – ёмкость поглощения катионов, мг-экв/100г.

В Северном, Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском, Восточно-Сибирском и Дальневосточном районах основную роль (58 – 84%) в формировании экологической стабильности играют леса. В Центрально-Черноземном, Поволжском, Северо-Кавказском и Уральском районах экологическую стабильность определяют луга (66 – 94%). Вместе с тем, следует учитывать, что в Северном, Северо-Западном и Западно-Сибирском районах большую роль играют болота (18 – 24%). Такая роль болот как биотических элементов с экологической точки зрения оправдана тем, что они не менее значимы, чем леса, а, следовательно, относиться к их использованию в сельском хозяйстве надо очень осторожно. Это обстоятельство, к сожалению, не учитывается; во многих работах и программах болота рассматриваются как сельскохозяйственные угодья или источники органических удобрений (торфа) [ 20, 57, 101 и др.].

Обращает на себя внимание резкое снижение экологического значения пашни (0,14), что связано с одной стороны с уменьшением биологического разнообразия, общих запасов биомассы и химических элементов на пашне (отчуждение большей части биомассы с урожаем, уничтожение опада в виде степного войлока), с другой – с тем, что культурные растения не обладают внутренней устойчивостью и не могут играть существенной роли в обеспечении экологической стабильности ландшафтов.

Что же касается оценки территорий с точки зрения эколого-геохимической устойчивости по отношению к техногенным воздействиям, то это обусловлено интенсивным использованием природных ресурсов, которое сопровождается значительным изменением интенсивности и направленности миграции большинства химических веществ в природной среде. Это касается, прежде всего, таких компонентов природной среды как атмосферный воздух, почвы и растительность. Роль отдельных факторов в формировании эколого-геохимической устойчивости природных систем также представлена в таблице 1.6. Как видно из таблицы, основную роль в формировании эколого-

геохимической устойчивости в гумидной зоне (Северный, Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, Уральский, Западно-Сибирский, Дальневосточный районы) играют кислотно-щелочные условия почв (45 – 70%), мощность горизонта «А + А<sub>0</sub>», содержание гумуса и сумма обменных оснований (1,6 – 3,6%). В Центрально-Черноземном, Поволжском, Северо-Кавказском районах эколого-геохимическую устойчивость определяют такие свойства почв как содержание гумуса, емкость поглощения, сумма обменных оснований, наличие карбонатов и солей (50 – 54%).

Приведенное краткое обобщение природных условий и факторов их определяющих для различных экономических районов, не является исчерпывающим, оно дано лишь с целью освещения самых общих процессов и закономерностей и необходимо для последующего рассмотрения изменений природных систем в результате антропогенного воздействия.

## **2. Изменение природных систем при антропогенном воздействии**

### **2.1 Основные факторы, определяющие изменение состояния природных систем**

При оценке изменения природных систем под воздействием антропогенной деятельности необходимо рассматривать все виды хозяйственной деятельности, которые в общем виде принято делить на фоновую и очаговую. Фоновой деятельностью, как правило, является сельскохозяйственное производство создающее опасность нарушения регионального природного баланса, очаговой – промышленное производство, обуславливающее определенный комплекс локальных экологических ущербов. Хотя, справедливости ради, следует отметить, что такое деление деятельности на фоновую и очаговую в настоящее время является достаточно условным. И та и другая деятельность, воздействуя на все компоненты природной среды, охватывает огромные территории. Разница заключается лишь в том, что сельскохозяйственное производство непосредственно влияет на биоту и почву и опосредственно на водный и тепловой балансы территории, а промышленное производство непосредственно влияет на атмосферный воздух (выбросы) и водные ресурсы (сбросы) и опосредственно на биоту и почву.

Интегральным критерием, являющимся мерой экологической опасности любой деятельности может служить степень нарушения природного равновесия. В связи с этим одна из фундаментальных задач исследований состоит в оценке возможных нарушений всех компонентов природной среды в результате хозяйственной деятельности, то есть в выяснении основных причин наблюдающегося ухудшения состояния сельскохозяйственных угодий и производства.



Одним из основных факторов, определяющих изменение состояния природных систем, является изменение структуры ландшафтов в результате развития сельскохозяйственной деятельности. Распашка земель и трансформация естественных биоценозов в агроценозы сопровождается изменением потоков вещества и энергии и нарушением природного равновесия. Данные о современной структуре биотических и абиотических элементов по экономическим районам показывают, что развитие сельскохозяйственного производства произошло в основном за счет распашки естественных лугов и частично лесных угодий, то есть за счет самых экологически значимых биотических элементов. Кроме того, наряду с биотическими появились абиотические элементы в виде населенных пунктов и промышленных объектов с соответствующей инфраструктурой. Таблица 2.1.

Это очень важное обстоятельство, так как абиотические элементы не производят биомассу, а только потребляют природные ресурсы, поставляя огромное количество отходов, являясь тем самым основным источником загрязнения природной среды. Таким образом, экологическое значение абиотических элементов в природной среде должно быть отрицательным ( $<0$ ), что необходимо учитывать при оценке экологической стабильности территорий.

Наиболее значительные изменения структуры природных ландшафтов произошли в Центральном, Волго-Вятском, Центральном-Черноземном, Поволжском, Северо-Кавказском и Уральском районах, где площади сельскохозяйственных угодий составляют 36,6 – 74%, а площади пашни – 26,8 – 63,2% от общей площади.

В Северо-Западном и Западно-Сибирском районах площади сельскохозяйственных угодий и пашни составляют соответственно 14 – 15 и 7,8 – 9,2 %. Наименьшей трансформации естественные угодья подверглись в Восточно-Сибирском, Северном и Дальневосточном районах, в которых площади сельскохозяйственных угодий и пашни не превышают 1,0; 5,3 и 0,5 % соответственно.

Таблица 2.1

## Современная структура биотических и абиотических элементов по экономическим районам, %

Экономический район	Пашня		Сенокосы и пастбища		Всего с/х угодий	Луга	Леса	Болота	Водоемы	Населенные пункты*
	Богарная	Мелиорированная	Богарная	Мелиорированная						
Северный	0,8	0,2	0,7	0,1	1,8	3,2	84,0	7,0	3,0	1,0
Северо-Западный	8,6	0,6	4,8	1,0	15,0	-	69,0	13,0	1,0	2,0
Центральный	26,8	2,4	10,4	1,4	41,0	-	51	4,0	1,0	3,0
Волго-Вятский	26,9	1,3	7,9	0,5	36,6	-	58,4	3,0	1,0	1,0
Центрально-Черноземный	61,2	2,0	15,5	0,3	79	6	12,0	-	1,0	2,0
Поволжский	42,0	2,6	27,3	0,1	72,0	24,0	1,0	-	1,0	2,0
Северо-Кавказский	41,4	5,1	23,8	0,6	70,9	25,1	1,0	-	1,0	2,0
Уральский	26,3	0,5	14,3	0,2	41,3	25,7	30,0	1,0	1,0	1,0
Западно-Сибирский	7,7	0,1	6,1	0,1	14,0	58	8,0	17,0	2,0	1,0
Восточно-Сибирский	2,0	0,1	3,1	0,1	5,3	4,7	87,0	1,0	1,0	1,0
Дальневосточный	0,45	0,05	0,45	0,05	1,0	6	86	5,0	1,0	1,0

\* Населенные пункты, карьеры и другие нарушенные земли.

В состав сельскохозяйственных угодий входят мелиорированные земли (орошаемые и осушаемые), площади которых в целом по России составляют около 6 % от площади сельскохозяйственных угодий. По отдельным районам площади мелиорированных земель составляют от 2 % (Западно-Сибирский район) до 10 % (Северо-Западный район). Площади абиотических элементов, включающие населенные пункты и промышленные объекты, не превышают 1 – 2 % от площади экономических районов.

Необходимость выделения мелиорированных земель и земель, занятых населенными пунктами и промышленными объектами, связана с их различной значимостью в формировании экологической стабильности территорий [4, 7, 17, 28, 45, 48].

Развитие сельскохозяйственного и промышленного производства наряду с изменением структуры природных систем сопровождалось поступлениями дополнительного количества химических веществ и энергии. Сельскохозяйственное производство непосредственно связано с поступлением в природную среду минеральных и органических удобрений, пестицидов и других химических веществ, объем применения которых, правда, в последние годы резко сократился [4, 50, 54, 57, 70, 89, 94, 101]. Таблица 2.2. Рис. 2.1.

Таблица 2.2

### Химизация сельскохозяйственных угодий

Химизация почв	Площади химизации по годам, млн.га						
	1985	1990	1991	1992	1993	1995	2000
Известкование кислых почв	4,4	4,7	4,4	3,8	2,8	1,5	0,5
Фосфорирование почв	1,6	1,9	2,0	1,5	1,0	0,4	0,1
Гипсование почв	0,1	0,2	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01

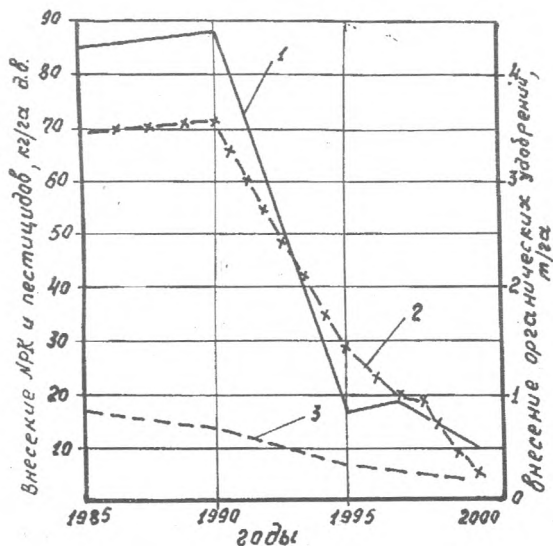


Рис.2.1. Применение минеральных (1), органических (2) удобрений и пестицидов (3)

Промышленное производство и сопутствующие ему выбросы загрязняющих веществ в атмосферу изменились за последние 20 лет незначительно, несмотря на сокращение производства, и включают в основном диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), оксид углерода ( $\text{CO}$ ) и твердые вещества. Рис.2.2.

В составе твердых выбросов присутствуют тяжелые металлы в количествах, которые значительно превышают их фоновое содержание в природной среде. Поступление тяжелых металлов в непосредственной близости от промышленных объектов достигает до  $1000 - 1500 \text{ кг/км}^2$  в год [9, 10, 25, 26, 27, 39, 43, 44, 69, 70, 73, 79, 83, 91, 93, 95, 96, 100, 103]. Таблица 2.3.

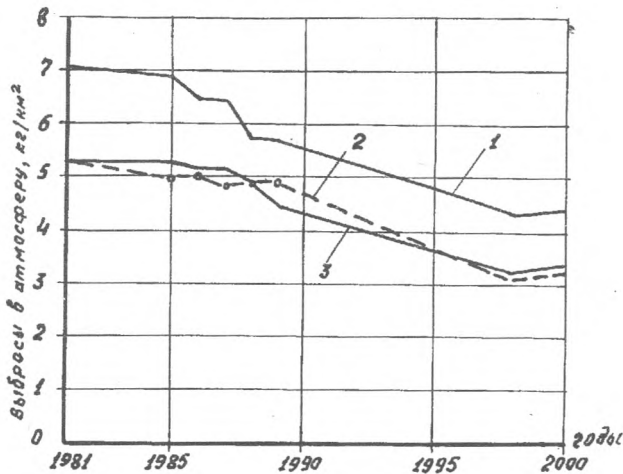


Рис. 2.2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в среднем по России.  
1 – SO<sub>2</sub>; 2 – CO; 3 – твердые вещества

Таблица 2.3

Техногенные нагрузки, предельно-допустимые концентрации и площади сельхозугодий, загрязненных тяжелыми металлами

Загрязняющие вещества	Категория опасности	Поступление загрязненных веществ			Предельно-допустимая нагрузка на почву в зависимости от емкости катионного обмена, мг/кг			Площади земель, загрязненных тяжелыми металлами, %
		От промышленности		От сельского хозяйства, мг/кг в слое 0-10 см	5-15	15-25	25-40	
		кг/км <sup>2</sup> год	мг/кг в слое 0-10 см					
SO <sub>2</sub>	3	-	-	-	0,05 – 0,09*			
Cd	1	0,15-15,0	0,001-0,12	<0,0005	0,03**	0,05**	0,10**	0,62
Cr	2	6,9-450	0,053-3,46	0,008-0,025	0,83	1,65	3,30	0,62
Cu	2	13,5-450	0,10-3,46	<0,005	0,83	1,65	3,30	0,10
Mn	3	31,0-1500	0,24-11,5	0,004-0,056	1,66	3,32	6,65	1,50
Ni	2	14-100	0,11-0,77	<0,005	0,16	0,33	0,66	2,84
Pb	1	28-1000	0,22-7,69	<0,007	1,66	3,32	6,65	1,61
Zn	1	34,5-1000	0,27-7,69	0,001-0,035	1,66	3,32	6,65	1,92

\* Нагрузка, мг/м<sup>3</sup>; \*\* При pH (H<sub>2</sub>O) < 6,5 цифры нужно уменьшить наполовину.

Основными источниками антропогенного поступления загрязняющих веществ в природную среду являются предприятия по добыче и переработке черных и цветных металлов, тепловые электростанции, машиностроение, химическая промышленность, приборостроение, производство строительных материалов, сельское хозяйство.

Из таблицы 2.3 следует, что основным источником загрязнения являются выбросы промышленных предприятий. Вклад сельского хозяйства в общее поступление загрязняющих веществ в природную зону не превышает 1 – 2 % и для большинства элементов в несколько раз меньше выноса с урожаем и стоком (для Pb – в 3 раза, Zn – в 25, Cu – в 5,5, Cr – в 4 раза) [27, 100, 103]. Однако в целом баланс тяжелых металлов в почвах в результате загрязнения всегда положительный.

Рассмотрим влияние промышленных выбросов в атмосферу на состояние природных систем. Преобладающая часть тяжелых металлов, поступающих из атмосферы с жидкими осадками, находится в растворенной форме; в поступающих с твердыми осадками (снегом) загрязнениях преобладают водонерастворимые формы тяжелых металлов. В почве тяжелые металлы находятся также в различной форме: в обменном состоянии в зависимости от типа почв и емкости катионного обмена – от 6 до 100%; связанных с карбонатами – от 2 до 10 %; связанных с органическим веществом – от 3 до 25%. Доля прочносвязанных тяжелых металлов уменьшается в ряду : Cr > Ni > Mn > Cu > Zn > Pb > Cd, следовательно, опасность перехода тяжелых металлов в доступное для растений состояние в результате изменения кислотно-щелочных условий почв и уменьшения емкости катионного обмена увеличивается в обратном порядке, то есть в раствор переходят наиболее опасные для биоты элементы [10, 25, 26, 27, 39, 43, 69, 71, 93, 95, 96]. В свою очередь изменение кислотно-щелочных условий почв в значительной степени связано с выбросом диоксида серы (SO<sub>2</sub>) и окиси углерода (CO). Основной аэрозоль атмосферы

(CO), несмотря на большие объемы его выбросов, является короткоживущим газом (4 – 5 суток). В отличие от углекислого газа диоксид серы под воздействием коротковолновой радиации превращается в серный ангидрид, который под действием атмосферных осадков переходит в серную кислоту, образуя так называемые «кислотные дожди». Особую опасность кислотные дожди представляют для гумидных районов, где распространены почвы с  $pH < 7$ , поэтому Северный, Северо-Западный, Волго-Вятский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский и Дальневосточный районы характеризуются очень низкой и низкой геолого-экологической устойчивостью (см. табл. 1:5).

Влияние кислотно-щелочных условий на подвижность тяжелых металлов чрезвычайно велико; увеличение кислотности резко увеличивает подвижность тяжелых металлов в почвах и влияние их на рост и развитие растений. Рис. 2.3. Соответственно должна меняться и величина ПДК (по валовому содержанию) [27, 103].

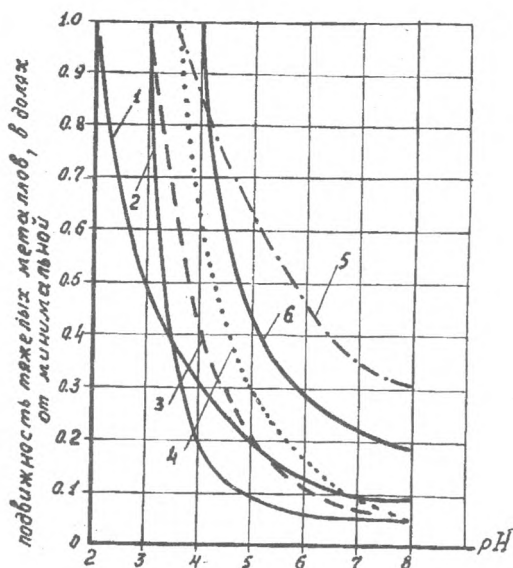


Рис.2.3. Зависимость подвижности тяжелых металлов от величины pH почв.  
1 – Cd; 2 – Cu; 3 – Pb; 4 – Mn; 5 – Zn; 6 – Ni

Изменение кислотно-щелочных условий в почвах зависит от многих факторов, в том числе от интенсивности промывного режима и доз применения минеральных удобрений. Влияние минеральных удобрений на физико-химические свойства почв не ограничивается увеличением кислотности, а сопровождается изменением таких свойств, как емкость катионного обмена, гидролитическая кислотность, содержание и состав гумуса, вынос Са и Mg. Таблица 2.4 [3, 8, 11, 27, 29, 43, 50, 57, 70, 71, 73, 100, 102, 103].

Таблица 2.4

### Влияние минеральных удобрений на свойства почв

Дозы внесения NPK, кг/га	Изменение физико-химических свойств почв, в долях от 1						
	Вынос Са и Mg*	pH	ППК	Сумма обменных оснований	Гидролитическая кислотность	Содержание гумуса	Состав гумуса Gг/Gф
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
50	1,05	1,00	1,00	0,99	1,05	1,00	1,00
100	1,10	0,995	0,99	0,98	1,10	1,00	0,99
150	1,20	0,99	0,98	0,97	1,16	0,999	0,95
200	1,40	0,98	0,96	0,96	1,21	0,998	0,90
250	1,60	0,96	0,95	0,92	1,26	0,996	0,85
300	1,90	0,94	0,94	0,88	1,30	0,995	0,80
400	2,90	0,93	0,93	0,86	1,37	0,992	0,70
500	3,90	0,92	0,92	0,84	1,43	0,988	0,60
600	5,00	0,90	0,91	0,83	1,48	0,983	0,53
650	5,30	0,88	0,90	0,80	1,50	0,980	0,50

\* Вынос Са и Mg при наличии в почвах тяжелых металлов увеличивается в 1,5 – 2 раза

Подкисление почв при применении высоких доз минеральных удобрений в значительной степени является следствием выноса ионов Са и Mg, уменьшением суммы обменных оснований и сопровождается увеличением гидролитической кислотности и изменением состава почвенного гумуса. Высокие дозы внесения минеральных удобрений усиливают также минерализацию почвенного гумуса; при дозах NPK > 300 кг/га баланс гумуса бывает отрицательным. Снижение содержания гумуса в свою очередь может привести к уменьшению емкости катионного обмена. Это связано с тем, что



величина ППК во многом определяется запасами гумуса. По данным В.Р. Волобуева [5, 23], величина ППК является функцией содержания гумуса ( $x_1$ ) и частиц  $d < 0,001$  мм ( $x_2$ ):

$$\text{для черноземов ППК} = 12 + 2,5 x_1 + 0,5 x_2; \quad (2.1)$$

$$\text{для каштановых почв ППК} = 6,5 + 2,2 x_1 + 0,4 x_2; \quad (2.2)$$

$$\text{для подзолистых почв ППК} = 2 + 0,36 x_1 + 0,06 x_2. \quad (2.3)$$

Величина ППК и насыщенность основаниями существенно зависят от рН. Чем меньше рН, тем меньше емкость катионного обмена и тем выше степень не насыщенности основаниями. Рис. 2.4.

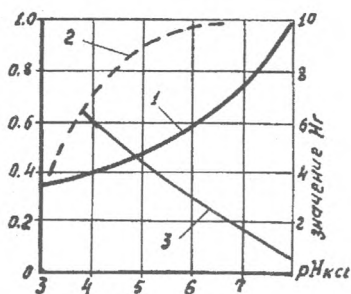


Рис. 2.4. Изменение емкости поглощения обменных катионов (1) и насыщенности основаниями почвенного поглощающего комплекса (2) в зависимости от рН. Емкость поглощения показана в долях от максимальной (при рН  $\geq 8$ ); (3) величина  $H_{г1} \frac{\text{мг-экв}}{100}$

Подкисление почв приводит также к значительному повышению содержания не только тяжелых металлов (см. рис. 2.3), но и растворимого железа и алюминия [27].

Увеличение содержания подвижных форм тяжелых металлов сильно влияет на нитрифицирующую активность почв, причем степень этого влияния различна в зависимости от окультуривания почв [103]. Таблица 2.5.

Таблица 2.5.

**Изменение нитрифицирующей активности ( $N - NO_3$ ) дерново-подзолистых почв различной степени окультуренности в зависимости от содержания тяжелых металлов**

Тяжелые металлы	Содержание в почве, мг/кг	Изменение нитрифицирующей активности почв, в долях от естественной		
		Слабо окультуренные	Средне окультуренные	Хорошо окультуренные
Ca	0	1,0	1,0	1,0
	1	1,0	1,0	1,0
	5	0,77	0,92	1,0
	10	0,61	0,76	0,87
	20	0,17	0,34	0,65
Pb	0	1,0	1,0	1,0
	60	1,0	1,0	1,0
	125	1,0	1,0	1,0
	250	0,79	0,73	0,82
	500	0,37	0,35	0,71

Сельскохозяйственные растения обладают различной устойчивостью по отношению к загрязняющим веществам. Влияние загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы, оцениваемое по снижению продуктивности, выглядит следующим образом [4]:

- зерновые культуры, включая кукурузу – слабое;
- овощи, картофель – очень слабое и слабое;
- кормовые культуры – слабое и среднее;
- плодовые и ягодные культуры – среднее – очень сильное;
- лесные культуры – среднее – очень сильное.

Из тяжелых металлов наибольшую опасность представляют наиболее подвижные металлы (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn), которые характеризуются высокой биохимической активностью и интенсивно накапливаются в биоте [4].

Поглощение тяжелых металлов растениями зависит от характера строения и химического состава клеточных оболочек у разных видов сельскохозяйственных культур. Данные таблицы 2.6 иллюстрируют эту зависимость в различных растениях.

Таблица 2.6.

**Зависимость накопления тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd)  
в сельскохозяйственных растениях**

Свинец, мг/кг	Свинец в растениях, мг/кг				Цинк, мг/кг	Цинк в растениях, мг/кг		Кадмий, мг/кг	Кадмий в растениях, мг/кг	
	ячмень	редис	пшеница	кукуруза		пшеница	кукуруза		пшеница	кукуруза
0	0,05	1,9	0,5	0,3	0	25,5	19,4	0	0,21	0,75
60	-	3,5	1,3	1,5	60	36,8	28,9	1,0	0,40	0,91
125	0,21	6,8	2,9	3,5	125	49,0	43,7	5,0	3,52	2,66
250	0,34	12,1	6,4	7,9	250	105,0	89,4	10,0	7,83	6,95
500	0,63	20,0	9,8	9,5	500	184,4	218,5	20,0	15,20	18,40

При совместном поступлении тяжелых металлов содержание их в растениях возрастает в 1,5 раза [103].

Увеличение содержания тяжелых металлов в почве сопровождается изменением содержания химических элементов в растениях. По данным В.Ф. Ладонина [103], увеличение содержания химических элементов в растениях под воздействием тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn) имеют сходный характер; прослеживается отчетливое повышение содержания азота и натрия (в 1,3 – 2,0 раз) и уменьшение содержания фосфора, калия, кальция и магния (в 1,1 – 1,3 раза).

Изменение кислотно-щелочных условий почв и содержания в них тяжелых металлов существенно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Рис. 2.5 [9, 16, 43, 71, 100, 102].

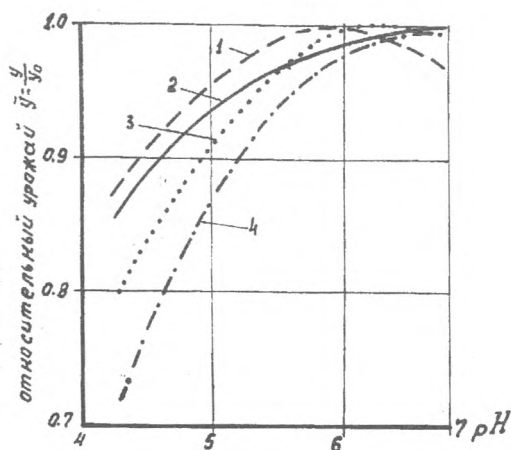


Рис.2.5. Зависимость урожая сельскохозяйственных культур от pH  
1 – рожь; 2 – овес; 3 – пшеница; 4 – ячмень (Минеев В.Г.)

Изменение pH почвы с 7 до 4,3 сопровождается снижением урожая зерновых на 12 – 25% (Рис.2.5), а увеличение содержания тяжелых металлов может снизить урожай на 17 – 95% (Рис. 2.6) [70, 99, 103]. При этом как и следовало ожидать наибольшее влияние тяжелых металлов на урожайность наблюдается на дерново-подзолистых почвах, обладающих меньшей емкостью поглощения. (Рис.2.6). Приведенные данные дают основание говорить о том, что предельно-допустимые концентрации (ПДК) тяжелых металлов должны быть различны для разных типов почв и разных величин pH. В имеющихся справочных материалах величины ПДК постоянны для разных металлов независимо от типов и кислотно-щелочных условий почв, что представляется необоснованным. В последнее время в литературе появились данные по

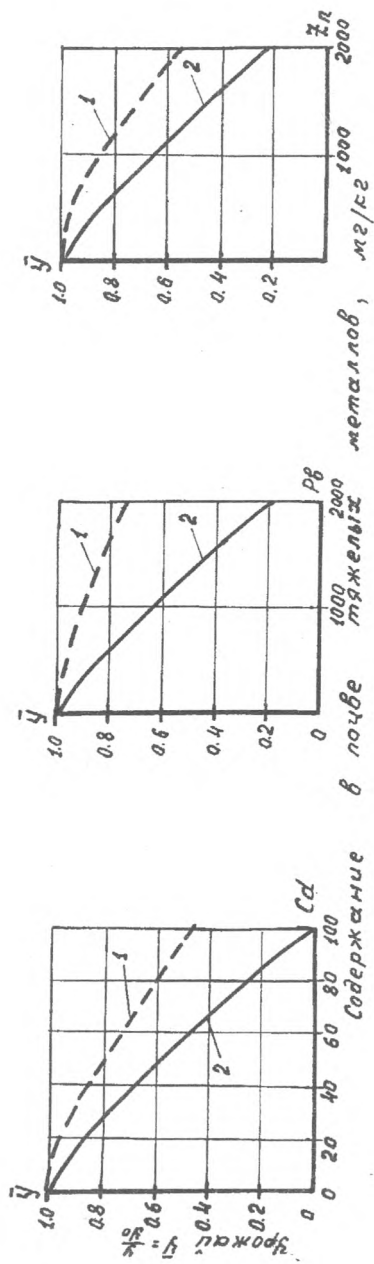


Рис.2.6. Урожай зерновых и кормовых культур в зависимости от содержания в почве тяжелых металлов (Cd, Pb, Zn)  
 1 — чернозем типичный; 2 — дерново-поздольная почва

ориентировочно допустимым концентрациям (ОДК), которые в известной мере учитывают гранулометрический состав и кислотно-щелочные условия почв [24, 75]. Таблица 2.7.

Таблица 2.7

**Ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов  
(ОДК) в зависимости от свойств почв**

Почвы	ОДК для различных металлов, мг/кг					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As
Песчаные и супесчаные	0,5	33	20	32	55	2
Кислые суглинистые и глинистые с pH < 5,5	1	66	40	65	110	5
Кислые суглинистые и глинистые с pH > 5,5	2	132	80	130	220	10

Таковы в общем виде основные причины изменения состояния природных ландшафтов в результате развития техногенной деятельности. Однако для полной характеристики причин ухудшения сельскохозяйственных угодий необходимо рассмотреть изменение основных свойств природных систем.

## 2.2 Изменение энергетического и материального балансов при трансформации биоценозов в агроценозы

### 2.2.1. Изменение теплового баланса деятельной поверхности

Уравнение теплового баланса деятельной поверхности записывается в виде [5, 6, 7, 17, 21, 54].

$$R = LE + P + B, \quad (2.4)$$

где:  $R$  - радиационный баланс деятельной поверхности, кДж/см<sup>2</sup> год;  $P$  - теплообмен между почвой и атмосферой, кДж/см<sup>2</sup> год;  $LE$  - затраты тепла на испарение, кДж/см<sup>2</sup> год;  $B$  - теплообмен в почве, кДж/см<sup>2</sup> год.

Распашка и сельскохозяйственное использование земель сопровождается изменением альbedo подстилающей поверхности, а, следовательно, изменением всех составляющих теплового баланса. Изменение величины радиационного баланса ( $R$ ) пропорционально изменению альbedo и определяется как

$$R_c = R_e \frac{1 - A_1}{1 - A}, \quad (2.5)$$

где:  $R_c$  и  $R_e$  - радиационный баланс сельскохозяйственных угодий и естественной поверхности;  $A$  и  $A_1$  - альbedo в естественных и измененных условиях. Распашка резко снижает величину альbedo, что сопровождается увеличением радиационного баланса. Это увеличение различно в зависимости от типа почв и растительного покрова и составляет 7 – 12% [5, 6, 7, 8, 17].  
Таблица 2.8.

Таблица 2.8

**Изменение радиационного баланса, ФАР и индекса сухости Будыко при распашке**

Экономический район	Радиационный баланс, кДж/см <sup>2</sup> год		ФАР, КДж/см <sup>2</sup> год		Индекс сухости Будыко, $\bar{R}$	
	$R_e$	$R_c$	ФАР <sub>e</sub>	ФАР <sub>c</sub>	$R_e$	$R_c$
Северный	102	111	156	165	0,72	0,79
Северо-Западный	125	137	179	191	0,76	0,83
Центральный	135	153	189	207	0,89	1,00
Волго-Вятский	139	158	193	212	0,85	0,97
Центрально-Черноземный	153	176	207	230	1,10	1,27
Поволжский	165	184	219	238	1,54	1,72
Северо-Кавказский	179	203	233	257	1,30	1,47
Уральский	136	153	190	207	0,90	1,01
Западно-Сибирский	129	142	183	196	1,21	1,33
Восточно-Сибирский	116	124	170	178	0,84	0,90
Дальневосточный	120	131	174	185	1,00	1,10

В соответствии с этим возрастают сумма активных температур (на 9 – 15%), величина ФАР (на 5 – 11%) и испарение, а также изменяется один из средообразующих факторов – гидротермический режим (индекс сухости Будыко на 6 – 15%). Экологические последствия указанных изменений не одинаковы для разных почвенно-климатических зон. В гумидной зоне

увеличение радиационного баланса (при  $\bar{R} = \frac{R}{LO_c} < 1,0$ ) приводит к увеличению теплообеспеченности и продуктивности и поэтому распашку следует рассматривать как один из видов тепловых мелиораций, обеспечивающих увеличение биоклиматического потенциала и продуктивности сельскохозяйственных растений. В степной, сухостепной и полупустынной зонах распашка и увеличение радиационного баланса сопряжены с увеличением засушливости территории (при  $\bar{R} > 1,0$ ) и некоторым снижением продуктивности. Здесь, в отличие от гумидной зоны, для полного использования биоклиматического потенциала требуется улучшение водного режима почв с целью компенсации нарушенного распашкой гидротермического режима [5, 6, 7, 8, 17, 21, 23, 29, 88].

Однако этим не исчерпывается влияние распашки на микроклимат территории. Анализ изменения градиентов температуры и влажности в 2-х метровом приземном слое воздуха показывает, что наряду с увеличением испарения значительно возрастает теплообмен между почвой и атмосферой. Изменение соотношения  $LE / P$  дает основание говорить о возрастании роли внутреннего влагооборота в формировании атмосферного увлажнения [17].

Орошение земель приводит не только к увеличению влажности почв и приземного слоя воздуха, но и к дальнейшему повышению радиационного баланса за счет снижения альбедо. Осушение земель, напротив, увеличивает альбедо и снижает радиационный баланс по сравнению с не осушаемыми территориями.

Очень важным является то, что орошение и осушение земель позволяет регулировать гидротермический режим и тем самым в известной мере компенсировать изменение теплового баланса территории.



### 2.2.2 Изменение водного баланса

Природные условия экономических районов чрезвычайно разнообразны, разнообразна и хозяйственная деятельность, в том числе и системы земледелия. Поэтому одним из обязательных условий является оценка изменения водного баланса территорий. При рассмотрении изменений водного баланса при распашке земель очень важно оценить основные элементы, которые определяют направленность и интенсивность природных процессов. К числу таких элементов следует отнести испарение, характеризующее продуктивность, эффективность биологического круговорота и внутреннего влагооборота; поверхностный сток, зависящий от сельскохозяйственного использования земель и влияющий не только на режим и качество поверхностных вод, но и на развитие водной эрозии почв, и вертикальный влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, который непосредственно влияет на почвообразовательный процесс и связь биологического и геологического круговоротов влаги и химических элементов.

Использование общего водного баланса в данном случае не приемлемо, так как в нем исключается влагообмен между почвенными и грунтовыми водами. По аналогичным соображениям нельзя использовать и уравнение баланса подземных вод, в котором исключается поверхностный сток [3].

Наиболее приемлемым является баланс поверхностных и почвенных вод, учитывающий все перечисленные элементы [2, 3, 5, 6, 7, 8, 28, 56]

$$W_n = O_c - E - \bar{c} \pm g, \quad (2.6)$$

где:  $W_n$  - изменение запасов поверхностных и почвенных вод, мм;  $O_c$  - атмосферные осадки, мм;  $E$  - испарение, мм;  $\bar{c}$  - поверхностный сток, мм;  $\pm g$  - влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, мм («+» - восходящие и «-» - нисходящие потоки). Поверхностным притоком в уравнении (2.6) в рассматриваемом случае можно пренебречь.

При определении элементов баланса поверхностных и подземных вод можно ограничиться среднегодовыми данными. За почвенный слой целесообразно принять зону между поверхностью почвы и поверхностью грунтовых вод при глубине последних  $\leq 3$  м. При глубоком залегании грунтовых вод можно принять слой, в котором происходят сезонные изменения влажности. Значения  $\bar{c}$  определяется по гидрологическим данным, по справочникам или картам с учетом сельскохозяйственного использования земель [6, 29, 49, 59, 63, 69 и др.].

Наиболее сложным является определение величины испарения и влагообмена между почвенными и грунтовыми водами. В работе для определения этих элементов использована связь между энергетическим и водным балансами [17].

$$\bar{E} = \frac{E}{O_c} = \sqrt{\bar{R} th \frac{1}{\bar{R}} (1 - ch \bar{R} + sh \bar{R})}, \quad (2.7)$$

$$g = O_c + E - \bar{c}, \quad (2.8)$$

где:  $E$  и  $O_c$  – испарение и осадки, мм;  $\bar{R}$  – радиационный индекс сухости Будыко;  $th$ ,  $ch$  и  $sh$  – гиперболические тангенс, косинус и синус.

При расчетах баланса поверхностных и почвенных вод в условиях распашки земель использованы данные по изменению теплового баланса и радиационного индекса сухости Будыко (табл. 2.8), а также величины поверхностного стока по экономическим районам. Многочисленные наблюдения за поверхностным стоком на пахотных землях показывают, что он в среднем в 1,25 раза выше, чем в естественных условиях. На мелиорированных землях величина поверхностного стока приблизительно на 20 % выше, чем на немелиорированных [6, 7, 8, 12, 17, 21, 22, 23, 28, 29, 59, 88].

Результаты расчетов среднегодового баланса поверхностных и почвенных вод по экономическим районам приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9

## Баланс поверхностных и почвенных вод по экономическим районам

Составляющие баланса поверхностных и почвенных вод	Экономические районы										
	С*	СЗ	Ц	ВВ	ЦЧО	П	СК	Ур	ЗС	ВС	Д
<b>Естественные условия <math>O_p = 0</math></b>											
Осадки $O_c, \%$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Испарение $E, \%$	57	60	65	64	73	83	79	66	76	63	70
Поверхностный сток $c, \%$	22	24	21	21	15	10	11	20	12	22	23
Влагообмен $g, \%$	21	16	14	15	12	7	10	14	12	15	7
<b>Пашня без орошения и осушения</b>											
Осадки $O_c, \%$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Испарение $E, \%$	64	63	70	68	78	87	82	70	79	65	72
Поверхностный сток $c, \%$	28	30	26	26	19	12	14	25	15	28	26
Влагообмен $g, \%$	12	7	4	6	3	1	4	5	6	7	2
<b>Пашня с орошением</b>											
Осадки и орошение $O_c + O_p, \%$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Испарение $E, \%$	53	55	59	60	64	70	67	60	60	56	63
Поверхностный сток $c, \%$	33	36	32	30	22	15	16	30	18	30	30
Влагообмен $g, \%$	14	9	9	10	14	15	17	10	22	14	7
<b>Экономический район в целом с учетом распахки, орошения и осушения</b>											
Осадки и орошение $O_c + O_p$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Испарение $E, \%$	57	60	66	65	76	85	80	68	76	63	70
Поверхностный сток $c, \%$	22	24	22	22	18	12	13	21	13	22	23
Влагообмен $g, \%$	21	16	12	13	6	3	7	11	11	15	7

\*Оросительные нормы нетто по экономическим районам: С – 100 мм; СЗ – 150 мм; Ц – 200 мм; ВВ – 150 мм; ЦЧО – 250 мм; П – 300 мм; СК – 300 мм; У – 200 мм; ЗС – 200 мм; ВС – 150 мм; Д – 150 мм.

Приведенные в таблице 2.9 данные показывают, что распашка земель изменяет соотношение элементов баланса поверхностных и почвенных вод; в автоморфных условиях при распашке возрастает не только испарение, но и довольно существенно поверхностный сток, что свидетельствует об усилении биологического и геологического круговоротов воды и химических элементов. При этом увеличение испарения и поверхностного стока происходит за счет резкого уменьшения интенсивности влагообмена между поверхностными и грунтовыми водами.

Последствия таких изменений весьма разнообразны. С одной стороны изменяется продуктивность (увеличивается урожай в гумидной зоне и уменьшается в засушливой). Это связано с увеличением теплообеспеченности (в гумидной зоне) и засушливости (в засушливой зоне). С другой - существенно возрастает поверхностный сток, что наряду с вырубкой лесов влияет на объем и, главным образом, режим поверхностных вод и способствует не только увеличению катастрофических наводнений, но и ухудшению качества речных вод за счет увеличения объема рассредоточенных источников загрязнения. С увеличением поверхностного стока связана еще одна серьезная проблема - водная эрозия почв, масштабы которой возрастают во времени. Роль снижения интенсивности влагообмена между почвенными и грунтовыми водами также неоднозначна. Во-первых, это снижает поступление химических элементов из биологического в геологический круговорот, во-вторых, может способствовать (в засушливой зоне) в гидроморфных и полугидроморфных условиях при наличии минерализованных грунтовых вод развитию процессов засоления и осолонцевания почв. При орошении земель в балансе поверхностных и почвенных вод, как и следовало ожидать, возрастает роль поверхностного стока и влагообмена между почвенными и грунтовыми водами

и соответственно снижается роль испарения по сравнению с неорошаемой пашней. (Таблица 2.9). Такое соотношение элементов баланса свидетельствует о низкой эффективности существующей техники и технологии орошения; потери воды на поверхностный сток и влагообмен очень велики и достигают 30 – 47% от водоподачи нетто, а с учетом коэффициента полезного действия систем >40 – 60%. Однако нерациональное использование водных ресурсов при орошении далеко не единственный недостаток; увеличение поверхностного стока и главным образом дополнительного питания грунтовых вод способствует развитию ирригационной эрозии, подъему уровня грунтовых вод, загрязнению поверхностных и грунтовых вод и засолению почв не только на самих орошаемых массивах, но и на сопредельных территориях.

Строительство коллекторно-дренажных систем для поддержания уровня грунтовых вод на необходимой глубине резко увеличивает интенсивность геологического круговорота и геохимической миграции.

Иное соотношение элементов баланса поверхностных и грунтовых вод складывается на переувлажненных землях в гидроморфных условиях ( $УГВ < 1,0$  м). В этом случае влагообмен между почвенными и грунтовыми водами меняет знак, то есть имеет место восходящий поток влаги от грунтовых вод, интенсивность которого достигает + 33%.

Осушение пахотных земель резко изменяет соотношение элементов баланса; роль испарения снижается до 60-80%, поверхностного стока – 18-36%, а водообмен между почвенными и грунтовыми водами вырастает до 2-7% (промывной режим). Последствия этих изменений чрезвычайно разнообразны и в большинстве своем отрицательны за исключением увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Увеличение стока (поверхностного и подземного) сопровождается изменением режима и качества речных вод, загрязнением грунтовых вод и, наконец, развитием комплексности почвенного

покрова в результате неравномерного снижения уровня грунтовых вод дренажем. В качестве наглядного примера негативного воздействия осушения земель на режим речного стока может служить река Припять. Широкое развитие осушения земель в верховьях реки в пределах Украины привело к тому, что дамбы обвалования, построенные ранее в среднем и нижнем течении реки на территории Белоруссии, перестали выполнять свою роль в результате резкого увеличения паводковых расходов, значительно превышающих расчетные.

Загрязнение водных ресурсов за счет выноса биогенов с сельскохозяйственных угодий с поверхностным стоком увеличивается по сравнению с естественными условиями в 10 - 50 раз и достигает 5 - 50 кг/га в год, что во многих случаях сопровождается эвтрофикацией водоемов и водотоков.

Заканчивая общий анализ изменения баланса поверхностных и почвенных вод при распашке, орошении и осушении земель, приведем данные, характеризующие развитие, связанное с этими изменениями деградационных процессов [42, 65, 83, 89, 94, 97]. Таблицы 2.10 и 2.11.

Приведенные данные показывают, что водной эрозии подвержены не только пахотные угодья, но также сенокосы и особенно пастбища. При этом за последние 10 лет площади эродированных почв увеличились приблизительно на 20%.

Развитие водной эрозии на сенокосах и пастбищах можно объяснить, во-первых, легким гранулометрическим составом почв и, во-вторых, сильной пастбищной дигрессией (сбитостью).

Засоление и осолонцевание почв характерно для засушливых районов и связано с гидроморфизмом почв и снижением интенсивности влагообмена между почвенными и грунтовыми водами при распашке.

Таблица 2.10

## Площади эродированных сельскохозяйственных угодий, тыс.га

Экономический район	Пашня				Сенокосы				Пастбища			
	% земель с уклонами 2-5°	Степень эрозии			% земель с уклонами 2-5°	Степень эрозии			% земель с уклонами 2-5°	Степень эрозии		
		слабая	средняя	кычяная		слабая	средняя	кычяная		слабая	средняя	кычяная
Северный	22,4	103	70	14	15,8	1	8	3	23,2	-	8	3
Северо- Западный	18,1	104	40	3	19,0	5	9	1	22,9	5	10	1
Центральный	22,7	2350	685	40	24,1	4	33	26	35,3	137	178	35
Волго-Вятский	27,0	1533	704	62	18,7	21	25	8	45,5	131	349	93
Центрально- Черноземный	24,6	1322	326	22	8,7	-	9	2	60,9	9	249	97
Поволжский	13,9	6643	1632	69	2,8	-	11	10	18,1	5	1332	963
Северо- Кавказский	13,0	3243	838	94	61,0	73	114	41	41,5	123	1048	1030
Уральский	30,0	6615	2369	274	21,6	13	136	111	46,4	76	1637	877
Западно- Сибирский	12,2	3067	390	113	9,7	9	26	2	30,4	42	149	12
Восточно- Сибирский	45,3	2458	1123	164	39,0	29	14	4	63,7	370	375	303
Дальневосточ- ный	9,6	262	51	20	7,1	133	2	1	16,3	10	13	5
ВСЕГО	-	27700	9397	875	-	288	387	209	-	806	5348	3521

Таблица 2.11

**Площади засоленных и осолонцованных сельскохозяйственных  
угодий, тыс.га**

Экономический район	Засоление			Осолонцевание	
	Всего	Средне засоленных	Сильно засоленных	Всего	Солонцеватых комплексов >20-50 %
Северный	-	-	-	-	-
Северо-Западный	-	-	-	-	-
Центральный	-	-	-	-	-
Волго-Вятский	-	-	-	-	-
Центрально- Черноземный	68	15	1	338	109
Поволжский	5316	1593	70	5702	2808
Северо-Кавказский	3205	729	183	2566	1024
Уральский	1338	184	75	3709	735
Западно-Сибирский	5143	1076	346	6380	802
Восточно-Сибирский	712	240	91	178	55
Дальневосточный	413	259	23	9	3
<b>ВСЕГО</b>	<b>16199</b>	<b>4096</b>	<b>789</b>	<b>22882</b>	<b>5585</b>

**2.2.3. Изменение содержания органического вещества и химических элементов в почвах**

Изменение содержания органического вещества и химических элементов при распашке происходит как за счет объема производимой биомассы в агроценозах и содержания в ней химических элементов, так и за счет уничтожения опада в виде подстилки и степного войлока, а также за счет отчуждения значительной части биомассы с урожаем. Эти изменения определяют характер влияния на процессы почвообразования и состояние сельскохозяйственных угодий, главным образом пахотных почв. Масштабы изменений балансов органического вещества и химических элементов в почвах при распашке по сравнению с природными условиями приведены в таблице 2.12 [5, 7, 8, 16, 29, 39, 54, 57, 79, 87 и др.].



Таблица 2.12

**Изменение содержания органического вещества и химических элементов при распашке и сельскохозяйственном освоении различных угодий, в долях от природного**

Экономические районы	С/х угодья без орошения и осушения		С/х угодья с орошением и осушением		В целом по району
	луга	леса	луга	леса	
Изменение содержания органического вещества					
Северный	0,35	0,03	0,53	0,05	0,99
Северо-Западный	0,35	0,03	0,53	0,04	0,90
Центральный	0,39	0,03	0,41	0,03	0,84
Волго-Вятский	0,38	0,03	0,57	0,05	0,70
Центрально-Черноземный	0,40	0,03	0,40	0,03	0,71
Поволжский	0,43	0,03	0,25	0,02	0,52
Северо-Кавказский	0,40	0,03	0,30	0,02	0,54
Уральский	0,37	0,03	0,46	0,04	0,87
Западно-Сибирский	0,39	0,03	0,26	0,02	0,88
Восточно-Сибирский	0,41	0,03	0,49	0,03	0,99
Дальневосточный	0,37	0,03	0,43	0,03	0,99
Изменение содержания химических элементов					
Северный	0,20	0,07	0,31	0,10	0,98
Северо-Западный	0,26	0,08	0,39	0,12	0,87
Центральный	0,31	0,05	0,33	0,05	0,84
Волго-Вятский	0,27	0,07	0,40	0,10	0,71
Центрально-Черноземный	0,26	0,05	0,26	0,05	0,61
Поволжский	0,35	0,05	0,20	0,03	0,45
Северо-Кавказский	0,26	0,05	0,20	0,03	0,51
Уральский	0,27	0,07	0,34	0,09	0,82
Западно-Сибирский	0,31	0,05	0,21	0,03	0,85
Восточно-Сибирский	0,26	0,05	0,30	0,06	0,98
Дальневосточный	0,28	0,04	0,32	0,05	0,99

Изменения балансов органического вещества и химических элементов в почве при распашке очень велики, что непременно сказывается на состоянии и плодородии почв и устойчивости природной системы в целом. Полученные данные приводят к выводу, что состояние сельскохозяйственных угодий должно быть неустойчивым. В таких состояниях природные флуктуации содержания органического вещества вместо того, чтобы затухать, усиливаются и затрагивают всю природную систему, вынуждая ее эволюционировать к новому режиму, отличному от природного. В случаях, когда возможна такая неустойчивость, необходимо оценить порог снижения запасов органического вещества, за которым флуктуации могут привести к деградации всей природной системы. Такая ситуация сложилась в Калмыкии, где перевыпас и сильная сбитость пастбищ привели к развитию процессов опустынивания, интенсивность которых превышает 50000 га в год. Используя данные Г.А. Романенко [89], можно оценить предел снижения запасов органического вещества, за которым следует опустынивание. Этот предел составляет 0,15 - 0,20. Сравнение этого предела с данными таблицы 2.12 показывает, что снижение запасов органического вещества в почвах гумидной зоны (0,35 - 0,37) достаточно близко к критическому. Вынос основных элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур составляет: по азоту – 95 - 220 кг/га в год, по фосфору – 30 - 50 кг/га в год и по калию – 60 - 400 кг/га в год [54, 71]. Эти потери ни в коей мере не компенсируются современными дозами внесения минеральных и органических удобрений и естественно сопровождаются снижением плодородия почв. По данным Г.А. Романенко [89], площади почв с низким содержанием фосфора и калия составляют 40 и 12 млн. га соответственно и продолжают увеличиваться. Баланс питательных веществ в земледелии России (кг/га действующего вещества) в 1986 - 1990 годах при дозах внесения NPK = 140 - 150 кг/га составлял +9 кг/га, в 2000 г уже - 30 - 66 кг/га [89].

Одним из наиболее серьезных последствий отрицательного баланса органического вещества и химических элементов является сработка запасов почвенного гумуса и вынос кальция и магния [4, 6, 8, 13, 16, 22, 24, 27, 34, 39, 48, 50, 51, 54, 57, 60, 61, 70, 89, 94, 101]. Последнее сопровождается увеличением ненасыщенности основаниями, гидролитической кислотности и, по сути, является одной из основных причин подкисления почв. Таблицы 2.13, 2.14, 2.15.

Таблица 2.13

**Динамика сработки запасов почвенного гумуса на пашне, т/га в год**

Экономический район	Сработка запасов гумуса по годам				
	1967-71	1981-85	1986-90	1995	2000
Северный	0,31	0,31	0,55	0,26	0,31
Северо-Западный	0,30	0,37	0,47	0,42	0,50
Центральный	0,34	0,19	0,19	0,60	0,71
Волго-Вятский	0,52	0,29	0,20	0,53	0,63
Центрально-Черноземный	0,80	0,34	0,51	0,68	0,80
Поволжский	0,68	0,50	0,50	0,65	0,77
Северо-Кавказский	0,88	0,56	0,72	0,95	1,12
Уральский	0,84	0,58	0,49	0,53	0,63
Западно-Сибирский	0,79	0,67	0,59	0,77	0,91
Восточно-Сибирский	0,94	0,80	0,72	0,82	0,97
Дальневосточный	0,90	0,27	0,58	0,67	0,79
В целом по России	0,72	0,49	0,49	0,68	0,80

Таблица 2.14

## Вынос кальция и магния из почв сельскохозяйственных угодий, кг/га

Экономический район	Вынос Ca+Mg, кг/га	В том числе, %			
		Вынос с урожаем	Нейтрализация кислотных дождей	Вымыв	Нейтрализация минеральных удобрений
Северный	260	13	10	45	32
Северо-Западный	310	13	8	50	29
Центральный	280	16	11	52	21
Волго-Вятский	300	14	7	50	29
Центрально-Черноземный	260	20	6	48	26
Поволжский	200	40	8	35	17
Северо-Кавказский	260	35	6	38	21
Уральский	220	20	15	40	25
Западно-Сибирский	230	17	6	47	30
Восточно-Сибирский	260	14	6	47	33
Дальневосточный	220	13	6	46	35

Таблица 2.15

## Динамика площадей кислых почв по годам, тыс.га

Экономический район	1971 г		1991 г		2000 г	
	Сильно* кислые	Средне* кислые	Сильно кислые	Средне кислые	Сильно кислые	Средне кислые
Северный	357	338	179	201	813	794
Северо-Западный	468	646	150	257	419	746
Центральный	3728	4767	1099	2998	2660	6191
Волго-Вятский	1694	1957	1230	1727	2112	2694
Центрально-Черноземный	16	750	78	1514	128	1892
Поволжский	83	1045	165	1680	432	1830
Северо-Кавказский	19	53	22	65	187	286
Уральский	1608	2170	1071	1764	1654	2949
Западно-Сибирский	260	893	255	1046	866	4228
Восточно-Сибирский	31	294	94	469	411	2514
Дальневосточный	625	1102	571	1170	1772	3024

\*Сильно кислые – pH < 4,5; Средне кислые – pH = 4,6-5,0

### 2.3. Изменение плодородия почв

Изменения структуры природных ландшафтов, энергетического и материального балансов сопровождается изменением основного свойства почв – плодородия. Для оценки относительных изменений плодородия почв в работе использованы данные, приведенные в разделе 2.2 и результаты исследований С.А. Пегова и П.М. Хомякова [77]

$$S = \alpha \times (G_{\Gamma} + 0,2G_{\Phi}) + \beta \sqrt[3]{NPK} + \gamma e^{-\frac{|H_{\Gamma} - 1|}{\alpha_0}}, \quad (2.9)$$

где:  $S$  – относительная величина плодородия почв, в баллах;  $G_{\Gamma}$  и  $G_{\Phi}$  – запасы гуматного и фульватного гумуса, т/га;  $N, P, K$  – содержание элементов минерального питания, в долях от максимального содержания;  $H_{\Gamma}$  – гидролитическая кислотность, мг-экв/100г;  $\alpha, \beta$  и  $\gamma$  – коэффициенты пропорциональности:  $\alpha = 0,011$  т/га;  $\alpha_0 = 4$  мг-экв/100г;  $\beta = 8,5$ ;  $\gamma = 5,1$  [77].

При оценке изменения плодородия почв в результате распашки использованы следующие основные положения:

1. Расчеты проведены по каждому экономическому району с 1980 по 2000 гг.
2. Оценка роли различных деградационных процессов (эрозии, дефляции, подкисления, сработки запасов гумуса, засоление, дефицита NPK) в формировании плодородия почв производилась на основании данных раздела 2.2.
3. Все расчеты выполнялись для преобладающих типов почв.
4. При оценке влияния водной эрозии почв выделялись слабая (смыв 3 т/га в год), средняя (смыв 10 т/га в год) и сильная (смыв 20 т/га в год). Площади эродированных земель по экономическим районам приведены в таблице 2.10.

5. Сработка запасов почвенного гумуса принималась в соответствии с данными таблицы 2.13.
6. Кислые почвы разделялись на средне ( $pH \geq 4,6-5,0$ ) и сильно ( $pH < 4,5$ ) кислые (см. таблицу 2.15).
7. При оценке влияния засоления и осолонцевания почв на их плодородие выделялись следующие категории – слабо засоленные и осолонцованные; средне засоленные и почвы с содержанием солонцеватых почв  $> 20-50 \%$ ; солончаки и солонцы (таблица 2.11).
8. Дефицит элементов минерального питания (НРК) в почвах оценивался в зависимости от средней урожайности сельскохозяйственных культур [4, 8, 34, 50, 54, 57, 89]. Таблица 2.16.

Таблица 2.16

Дефицит элементов минерального питания по районам

Экономический район	С	С-3	Ц	В-В	ЦЧО	Пов.	С-К	Ур.	3-С	В-С	Д
Дефицит НРК кг/га год	34	47	52	49	60	42	66	47	42	28	28

9. Содержание подвижного фосфора и обменного калия, а также состав гумуса (Гг/Гф) в почвах оценивались в зависимости от величины pH и гидролитической кислотности (Нг). Величины pH и гидролитической кислотности в свою очередь определялись в зависимости от гидротермического режима (индекса сухости Будыко) [5, 6, 8, 70, 71].  
Изменение содержания почвенного гумуса определялось как:

$$\bar{G} = \frac{G_t}{G_0} = \exp(-\sigma T), \quad (2.10)$$

где:  $G_0$  и  $G_t$  – запасы гумуса в почве исходные и на момент времени  $T$ , т/га;  $T$  – время, годы  $\sigma = \frac{B_0 - B_1}{B_1} \times \xi$ ;  $B_0$  и  $B_1$  – продуктивность сельскохозяйственных растений исходная и измененная, т/га;  $\xi$  – коэффициент, учитывающий процессы гумификации растительных остатков. Осредненные характеристики преобладающих типов почв по

экономическим районам приведены в таблице 2.17 [6, 8, 22, 23, 27, 29, 34, 42, 51, 53, 54, 57, 61, 71, 89, 97]. Таблица 2.17.

Таблица 2.17

**Осредненные исходные и прогнозные характеристики преобладающих типов почв по экономическим районам**

Экономический район	Запасы гумуса в почвах, т/га	Состав гумуса G <sub>г</sub> /G <sub>ф</sub>	Содержание NPK в долях от максимального содержания			Гидролитическая кислотность Н <sub>г</sub> , мг-экв/100г	Индекс плодородия почв, баллы	Изменение индекса почв, %
			N	P	K			
С	<u>50</u>	<u>0,62</u>	<u>0,18</u>	<u>0,18</u>	<u>0,38</u>	<u>5,6</u>	<u>3,9</u>	- 12
	43	0,40	0,12	0,12	0,29	5,9	3,1	
С-З	<u>70</u>	<u>0,75</u>	<u>0,20</u>	<u>0,17</u>	<u>0,40</u>	<u>5,0</u>	<u>4,4</u>	- 16
	61	0,60	0,14	0,13	0,30	5,1	3,7	
Ц	<u>130</u>	<u>0,90</u>	<u>0,45</u>	<u>0,21</u>	<u>0,51</u>	<u>3,8</u>	<u>6,3</u>	- 9
	121	0,85	0,36	0,17	0,44	4,0	5,8	
В-В	<u>150</u>	<u>0,90</u>	<u>0,40</u>	0,20	<u>0,50</u>	<u>4,0</u>	<u>6,2</u>	- 11
	140	0,80	0,32	0,15	0,44	4,2	5,5	
ЦЧО	<u>500</u>	<u>2,1</u>	<u>0,80</u>	<u>0,35</u>	<u>0,90</u>	<u>2,2</u>	<u>13,2</u>	- 8
	488	1,9	0,73	0,27	0,82	2,3	12,2	
Пов.	<u>400</u>	<u>1,4</u>	<u>0,80</u>	<u>0,40</u>	<u>0,90</u>	<u>0,60</u>	<u>13,1</u>	- 5
	383	1,3	0,75	0,36	0,85	0,65	12,5	
С-К	<u>600</u>	<u>2,2</u>	<u>1,00</u>	<u>0,40</u>	<u>1,00</u>	<u>1,0</u>	<u>16,3</u>	- 10
	585	2,1	0,93	0,36	0,94	1,1	14,7	
Ур.	<u>250</u>	<u>0,90</u>	<u>0,45</u>	<u>0,22</u>	0,55	<u>3,5</u>	<u>7,6</u>	- 8
	237	0,85	0,39	0,18	0,49	3,6	7,0	
З-С	<u>200</u>	<u>1,95</u>	<u>0,80</u>	<u>0,35</u>	<u>0,90</u>	<u>1,8</u>	<u>11,1</u>	- 8
	185	1,90	0,70	0,30	0,81	1,9	10,2	
В-С	<u>100</u>	<u>0,80</u>	<u>0,35</u>	<u>0,19</u>	<u>0,40</u>	<u>4,3</u>	<u>5,4</u>	- 14
	83	0,70	0,26	0,15	0,31	4,4	4,6	
Д	<u>70</u>	<u>1,00</u>	<u>0,50</u>	<u>0,21</u>	<u>0,52</u>	<u>3,3</u>	<u>6,5</u>	- 15
	56	0,90	0,39	0,15	0,40	3,4	5,5	

Примечание: в числителе данные на 1980 г., в знаменателе – на 2000 г.

Результаты расчетов показывают, что за прошедшие 20 лет (1980 - 2000 годы) плодородие почв снизилось на 5 - 16%. При этом обращает на себя внимание большая сработка плодородия в гумидной зоне (9 - 16 %) и меньшая в засушливой зоне (5 - 10 %). Для того, чтобы понять такое положение необходимо рассмотреть роль различных факторов в формировании плодородия почв. В гумидной зоне основную роль в формировании плодородия почв играют рН почвенного раствора и дефицит элементов минерального питания (NPK), роль которых составляет 38 - 51% (в среднем 45%) и 40 - 50% (в среднем 44%) соответственно. Роль почвенного гумуса невелика и не превышает 6 - 22% (в среднем 11%). В засушливой зоне основная роль в формировании плодородия почв принадлежит подвижным элементам минерального питания (NPK) 38 - 43% (в среднем 41%), рН почвенного раствора и содержание гумуса играет меньшую роль 28 - 36% (в среднем 31%) и 20 - 32% (в среднем 28%) соответственно. Таким образом, основным лимитирующим фактором в формировании плодородия почв является недостаток подвижных элементов минерального питания растений - 43 %. Несколько меньшую роль играет величина рН - 41%. Роль гумуса не превышает в среднем 16%, поэтому сводить регулирование плодородия почв к повышению содержания гумуса нет никакого смысла. Не следует превращать проблему расширенного воспроизводства гумуса в почвах в самоцель, она должна решаться исключительно с позиций оптимизации водно-физических, физико-химических, агрохимических свойств почв и регулирования биологического круговорота. [50, 51, 52, 71].

В заключение анализа изменения состояния сельскохозяйственных угодий рассмотрим зависимость производимой биомассы от уровня плодородия почв, используя для этого выполненные нами расчеты и данные по продуктивности растительности (потенциальной урожайности) [4, 24, 50, 52, 54, 77, 89, 101].  
Рис.2.7.



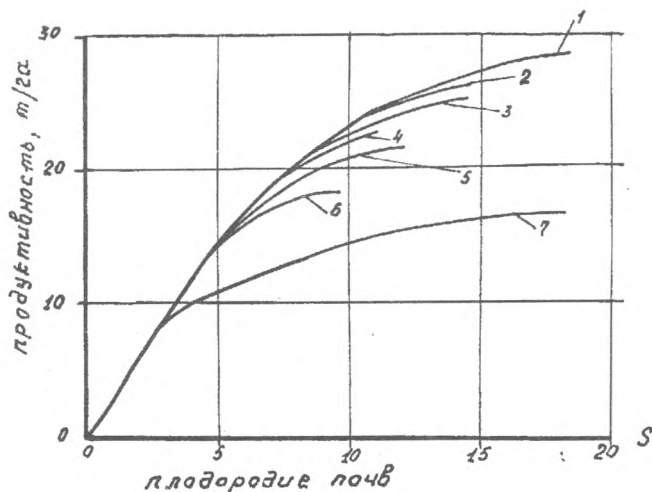


Рис. 2.7. Зависимость продуктивности сельскохозяйственных угодий от плодородия почв  
 1 – Северный Кавказ; 2 – Поволжье; 3 – Центрально-Черноземный район;  
 4 – Центральный, Волго-Вятский, Уральский, Восточно-Сибирский и Дальневосточный районы; 5 – Северо-Западный, Западно-Сибирский районы; 6 – Северный район;  
 7 – Современная урожайность в целом по России.

## 2.4. Изменение экологической стабильности и эколого-геохимической устойчивости природных систем

В разделе 2.1 уже отмечалось, что при развитии хозяйственной деятельности в структуре природных систем наряду с существующими биотическими элементами появляются пахотные земли, сенокосы и пастбища, а также относительно новые биотические элементы в виде мелиорированных (орошаемых и осушаемых) земель. Пахотные земли следует отнести к

полностью антропогенным, в то время как сенокосы и пастбища - к полуприродным. Такое деление сельскохозяйственных угодий вытекает из самой сущности этих биотических элементов. Сельскохозяйственная деятельность на пахотных землях создала искусственные экосистемы – агроценозы, существующие по своим собственным законам. По определению агроценозы – это высокопродуктивные, но неустойчивые экологические системы, требующие для своего поддержания постоянного целенаправленного труда человека, без которого они существовать не могут.

Агроценозы характеризуются, во-первых, очень малым биологическим разнообразием (8 - 9 видов) и, во-вторых, отсутствием внутренней устойчивости выращиваемых культурных растений, что делает пахотные земли с экологической точки зрения малоэффективными биотическими элементами.

Природные системы, включающие естественные сенокосы и пастбища, существуют в основном по законам, характерным для природных систем, обладают высоким биологическим разнообразием и представлены естественными видами растительности и поэтому их экологическая значимость в формировании устойчивости агроландшафтов значительно выше.

Кроме биотических элементов в структуре природных систем появились абиотические элементы в виде населенных пунктов, городов, промышленных объектов и др. (таблица 2.1).

В литературе имеются данные, характеризующие экологическую значимость пахотных земель ( $K = 0,14$ ), сенокосов и пастбищ ( $K = 0,62$ ), но нет данных для оценки значимости мелиорированных (орошаемых и осушаемых) земель. Не убедительны также данные по экологической значимости абиотических элементов ( $K = 0$ ) [4]. В принципе экологическая значимость мелиорированных земель должна быть значительно выше, чем для не мелиорированных. Однако анализ существующих в России техники и технологии орошения и осушения земель показывает, что кроме некоторого увеличения урожайности сельскохозяйственных культур все остальные виды

воздействия на природные системы, к сожалению, отрицательны (увеличение промывного режима, изменение условий почвообразования, развитие ирригационной эрозии, подъем уровня грунтовых вод и засоление земель и др.) [5, 6]. В связи с этим экологическая значимость орошаемых и осушаемых земель может быть больше или меньше, чем не мелиорированных. Изменение экологической значимости орошаемых и осушаемых земель в первом приближении оценим от соотношения:

$$\frac{(\bar{c} + g)_0}{(\bar{c} + g)_M} \times \frac{Y_M}{Y_0}, \quad (2.12)$$

где:  $(\bar{c} + g)_0$  и  $(\bar{c} + g)_M$  – поверхностный сток и влагообмен между почвенными и грунтовыми водами на не мелиорированных и мелиорированных землях, мм;  $Y_0$  и  $Y_M$  – урожайность сельскохозяйственных культур на не мелиорированных и мелиорированных землях, ц/га. Используя данные по изменению баланса поверхностных и почвенных вод (см. таблицу 2.9) и данные по урожайности [6, 48, 50, 51, 52, 57, 71, 89, 101 и др.] оценим уровни экологической значимости орошаемых и осушаемых земель по экономическим районам. Результаты расчетов показывают, что экологическая значимость колеблется от 0,09 до 0,15 для орошаемых земель и от 0,54 до 0,80 для осушаемых.

Оценка экологической значимости абиотических элементов значительно сложнее. Ясно лишь одно, что абиотические элементы оказывают только отрицательное влияние на природные системы, поэтому в работе экологическая значимость абиотических элементов условно принята  $K = -1,0$ .

Оценка экологической стабильности антропогенно-природных систем выполнена с использованием выражения (1.1), данных по структуре систем (таблица 2.1) и значения « $K_i$ » для пашни, сенокосов, пастбищ, орошаемых и осушаемых земель и абиотических элементов.

Оценка эколого-геохимической устойчивости антропогенно-природных систем к техногенным химическим загрязнениям выполнена в соответствии с работой М.А. Глазковой [27] с учетом изменений физико-химических и агрохимических свойств почв (рН, Нг, гумус, ППК и др.) (Таблицы 2.3 – 2.17).

Результаты расчетов экологической стабильности ( $K_c$ ) и эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным химическим загрязнениям приведены в таблице 2.18.

Таблица 2.18

**Уровни стабильности и эколого-геохимической устойчивости природно-антропогенных систем экономических районов**

Экономический район	$K_c$		Уровень эколого-геохимической устойчивости	
	$K_c$	Уровень стабильности	$K_{pH}$	$K_{TM}$
Северный	0,41	Мало стабильный	Очень низкий	Низкий
Северо-Западный	0,49	- « -	Очень низкий-низкий	Низкий
Центральный	0,44	- « -	Низкий-ниже среднего	Низкий
Волго-Вятский	0,48	- « -	Низкий-ниже среднего	Пониженный
Центрально-Черноземный	0,34	- « -	Средне стабильный	Средний
Поволжский	0,38	- « -	Выше среднего	Выше среднего
Северо-Кавказский	0,37	- « -	Выше среднего	Выше среднего
Уральский	0,44	- « -	Низкий-ниже среднего	Пониженный
Западно-Сибирский	0,60	Средне стабильный	Очень низкий	Низкий
Восточно-Сибирский	0,39	Мало стабильный	Низкий	Низкий
Дальневосточный	0,51	Средне стабильный	Низкий	Низкий

Полученные данные, несмотря на их приближенный характер, представляют несомненный научный и практический интерес. Уровень экологической стабильности и эколого-геохимической устойчивости территорий экономических районов в условиях хозяйственной деятельности снизился. Практически все природные системы экономических районов по (Кс) перешли в разряд мало стабильных, а в части эколого-геохимической устойчивости – в разряд очень низко - средне стабильных. Этого, собственно говоря, и следовало ожидать исходя из характера изменения основных свойств природных геосистем.

Снижение экологической устойчивости геосистем означает неизбежное дальнейшее развитие деградационных процессов и ухудшения состояния сельскохозяйственных угодий даже при современной техногенной нагрузке не говоря уже о ее усилении, а значит усиление зависимости сельскохозяйственного производства от климатических факторов и снижение его устойчивости. Этот вывод подтверждается данными о динамике урожайности и производства сельскохозяйственной продукции за последние десятилетия. Так средний коэффициент вариации производства сельскохозяйственной продукции за период с 1960 по 1980 гг. составил 0,16 – 0,18, а за период 1980 - 2000 гг. – 0,18 – 0,30 [6, 34, 50, 57, 71, 89, 101].

Большой интерес представляет анализ роли различных факторов в формировании экологической стабильности геосистем в условиях их хозяйственного использования. Таблица 2.19.

Полученные данные позволяют сделать ряд важных обобщений:

1. Экологическая значимость биотических и абиотических элементов, входящих в структуру агроландшафтов различна, и уменьшается в ряду лес – болота – водоемы – естественные луга – сельскохозяйственные угодья –

Таблица 2.19

Роль отдельных биотических и абиотических элементов в формировании экологической стабильности антропогенно-природных систем экономических районов, %

Экономический район	Роль биотических и абиотических элементов, %									
	Пашня богарная	Сенокосы и пастбища	Мелиорированные земли	С/х угодья в целом	Луга	Леса	Болота	Водоемы	Населенные пункты и промышленные объекты	
Северный	0,2	1,0	0,2	1,4	4,8	77,1	13,3	5,8	- 2,4	
Северо-Западный	2,5	6,2	1,2	9,9	-	71,5	21,1	1,6	- 4,1	
Центральный	8,5	14,4	1,8	24,7	-	73,0	7,2	1,8	- 6,7	
Волго-Вятский	7,9	10,2	0,4	18,5	-	76,9	5,0	1,7	- 2,1	
Центрально-Черноземный	17,0	38,6	1,2	56,8	11,0	35,8	-	2,4	- 6,0	
Поволжский	15,8	44,6	0,8	61,3	39,3	2,6	-	2,1	- 5,3	
Северо-Кавказский	16,1	39,8	2,7	58,6	41,9	2,7	-	2,2	- 5,4	
Уральский	9,0	20,0	0,2	29,2	35,8	34,0	1,8	1,8	- 2,2	
Западно-Сибирский	1,8	6,3	0,2	8,3	60,0	8,3	22,3	2,7	- 1,6	
Восточно-Сибирский	0,8	4,9	0,1	5,7	7,5	85,3	2,1	2,1	- 2,7	
Дальневосточный	0,2	0,6	0,1	1,0	7,3	84,3	7,8	1,6	- 2,0	

населенные пункты – промышленные объекты как 1: 0,9: 0,9: 0,75: 0,35 – (-1,25). При этом роль отдельных сельскохозяйственных угодий существенно различается: наиболее экологически значимы сенокосы и пастбища (0,62) (то есть полуприродные биотические элементы); орошаемые и осушаемые сенокосы и пастбища (0,65); пахотные земли (0,14) и наконец, наименее значимые существующие орошаемые пахотные земли (0,015). В целом, соотношение экологической значимости полуприродных биотических элементов (сенокосы и пастбища) и пахотных земель в составе сельскохозяйственных угодий по экономическим районам колеблется от 1,3 до 6,1. (Таблица 2.19). При этом большие значения (2,8 – 6,1) характерны для гумидной зоны и меньшие (1,3 – 2,7) – для засушливой. Это обстоятельство было отмечено в работах Одум и Реймерса, в которых были приведены оптимальные соотношения нарушенных (пашня), природных и полуприродных (леса, луга, болота, сенокосы, пастбища) угодий в структуре агроландшафтов [74, 86, 87]. Так для условий США оптимальное соотношение нарушенных, природных и полуприродных угодий, обеспечивающих, по мнению автора, наибольший эколого – социально – экономический эффект, составляет 0,4. [74]. Для России оптимальные соотношения различны для разных природно-климатических зон и составляют 0,1 - 0,2 для зон северной и южной тайги; 0,4 - 0,5 – для степной зоны и 0,20 - 0,25 для полупустынной зоны. [74, 86, 87].

Характер и степень изменения основных свойств геосистем в условиях хозяйственного использования определили роль различных факторов в формировании эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным химическим воздействиям. Увеличение дефицита Са и Mg и изменение физико-химических свойств почв в гумидной зоне усилили роль подкисления и несколько снизили роль гумуса и ППК. В засушливой зоне эти изменения менее заметны (таблицы 1.6, 2.19 и 2.20).

**Роль различных факторов в формировании эколого-геохимической устойчивости антропогенно-природных систем экономических районов**

Экономический район	Роль различных факторов в формировании устойчивости $K_{PH}$			Роль различных факторов в формировании устойчивости $K_{TM}$		
	а, ал*	о, г, е, об	к, с, ов	а, ов, м	о, г, е	ал, к, с
Северный	> 70	20	10	64	26	10
Северо-Западный	70	20	10	63	17	20
Центральный	67	24	9	63	28	9
Волго-Вятский	70	24	6	65	26	9
Центрально-Черноземный	40	40	20	35	50	15
Поволжский	25	35	40	20	50	30
Северо-Кавказский	25	24	51	20	55	25
Уральский	67	24	9	63	26	11
Западно-Сибирский	68	23	9	63	26	11
Восточно-Сибирский	70	24	6	63	30	7
Дальневосточный	70	20	10	63	27	10

\* Условные обозначения приведены в таблице 1.6.

2. Анализ систем применяемых в настоящее время мелиораций (агротехнических, агрохимических, гидротехнических и др.) показал, что они ни с экологической, ни с экономической точек зрения не эффективны. Все эти мелиоративные мероприятия хотя и дополняют друг друга, но не увязаны между собой и не обеспечивают единую систему рационального природопользования. Это результат того, что при обосновании различных видов мелиораций из рассмотрения, как правило, выпадают основные свойства ландшафтов и анализы их изменений в процессе хозяйственной деятельности, то есть не рассматриваются и не анализируются причинно-следственные связи (причина – процесс – следствие). В связи с этим все мероприятия по существу направлены не на ликвидацию причин, а на борьбу со следствиями, что в большинстве случаев только ухудшает общую ситуацию.

Рассмотрим подробнее один из наиболее радикальных и, к сожалению, наименее экологически эффективных видов мелиораций – орошение земель.



Орошение пахотных земель при существующей технике и технологии (величины оросительных норм, техника полива, конструкции оросительной сети, КПД системы каналов и др.) не отвечает требованиям рационального природопользования; орошаемые земли характеризуются очень низкой экологической эффективностью. Причины такого положения заключаются в отрицательном воздействии существующих систем орошения на почвы, грунтовые и поверхностные воды. По данным мелиоративных кадастров за период с 1990 по 2000 гг., несмотря на уменьшение общей площади орошаемых земель (с 6,2 до 4,7 млн.га) и площадей фактически поливаемых земель (с 4,7 до 3,0 млн.га), а также несмотря на то, что площади с хорошим мелиоративным состоянием орошаемых земель составляют 62-66 %, продолжается подъем уровня и увеличение минерализации грунтовых вод, развитие процессов вторичного засоления и осолонцевания орошаемых земель, интенсивная сработка запасов гумуса и загрязнение поверхностных вод [65].

Аналогичная картина наблюдается и на осушаемых землях; за тот же период произошел подъем уровня грунтовых вод и ухудшение мелиоративного состояния земель. Однако здесь причины ухудшения обстановки объясняются в основном неудовлетворительным состоянием осушительных систем.

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости переустройства существующих мелиоративных систем на основе новых принципов. До сих пор основной целью гидротехнических мелиораций было увеличение производства сельскохозяйственной продукции, экологические проблемы в лучшем случае декларировались, но практически не решались. В связи с этим экологические ущербы от такого рода мелиораций превышали получаемый экономический эффект, что и обусловило низкую экологическую эффективность осушения и особенно орошения земель. Совершенно очевидно, что такой подход к обоснованию орошения и осушения земель не приемлем, не отвечает самой сути мелиорации, которая по определению заключается в улучшении природных систем. А это

улучшение должно быть направлено в первую очередь на обеспечение воспроизводства возобновляемых природных ресурсов (почва, биота, водные ресурсы), улучшение экологической обстановки и решение социально-экономических проблем (повышение стабильности и эффективности сельскохозяйственного производства).

3. Одним из основных условий обеспечения экологической стабильности антропогенно-природных геосистем является сохранение лесов и болот. Вывод этот не нов, но сказать еще раз об этом необходимо в виду большого объема несанкционированных рубок леса и попыток решить проблему дефицита органического вещества за счет использования торфа в качестве органического удобрения.

Лес и болота именно те биотические элементы, которые приспособлены к режиму питания в условиях постоянного дефицита в почвах минеральных веществ. Отсюда способность лесной растительности и болот развиваться на очень бедных почвах. После вырубки леса и сработки торфа почвы не всегда имеют минимально необходимые запасы питательных веществ для восстановления растительного покрова, поэтому многие земли, лишенные лесного и торфяного покрова, превращаются в овраги и пустыни. Превращение же лесных земель и болот в сельскохозяйственные угодья и особенно в пашню требует больших затрат. Важная роль лесов и болот заключается еще и в том, что они определяют режим поверхностных и грунтовых вод, предотвращают эрозию почв и являются естественными фильтрами воздушного и водного режимов [20, 29, 74, 77, 86, 87].

4. Не менее важным является снижение техногенных загрязнений природной среды в результате выбросов и сбросов загрязняющих веществ от стационарных и подвижных источников загрязнения (города, промышленные объекты, автотранспорт).

В заключение главы сформулируем основные требования к системам мелиораций сельскохозяйственных земель, обеспечивающих решение экологических и социально-экономических проблем в сфере АПК.

Основой для разработки требований к системам мелиорации является анализ влияния хозяйственной деятельности на природные системы, который показал, что она сопряжена с изменением основных свойств, загрязнением ландшафтов и, в конечном счете, нарушением природного равновесия. При этом существенно изменяются энергетический и водный балансы, балансы органического вещества и химических элементов в почвах, биологический и геологический круговороты и, как следствие, развиваются деграционные процессы, затрагивающие все без исключения компоненты ландшафтов (атмосфера, биота, почва, водные ресурсы).

1. Учитывая многоплановый характер влияния хозяйственной деятельности на состояние агроландшафтов, мелиорации сельскохозяйственных земель должны включать систему мероприятий по регулированию потоков вещества и энергии в приземном слое атмосферы, в почве, растениях, поверхностных и грунтовых водах, на что обращали внимание еще В.В. Докучаев, В.Р. Вильямс и А.Н. Костяков [19, 37, 56]. При обосновании мелиораций необходимо: во-первых, рассматривать единую природную систему, а не ее части, и во-вторых, оценивать изменение основных свойств этих систем при техногенном воздействии, то есть устанавливать причинно-следственные связи. В природе не существует универсальных видов мелиорации, каждый из видов призван решать свои частные задачи, а в комплексе решать проблему улучшения природной среды в целом. Более того, практика показала, что при недостаточном обосновании применения тех или иных видов мелиорации они становятся своей противоположностью, нанося значительный ущерб природной среде в результате развития цепных реакций. Наглядным примером этого может служить кризисная ситуация в бассейне Аральского моря, где необоснованными оказались как агротехнические (монокультура хлопчатника), так и гидротехнические мероприятия. В условиях широкого развития орошения и создания гидроморфных условий принятые критерии оценки эффективности работы дренажа оказались недостаточными. Строительство систематического дренажа с целью предупреждения

вторичного засоления орошаемых земель резко усилило геологический круговорот и геохимические потоки, увеличило поступление солей с дренажными водами в реки. Ухудшение качества поливных вод (повышение минерализации), в свою очередь потребовало усиления промывного режима, увеличения промывных норм и еще большего усиления дренажа. Таким образом возникла устойчивая обратная положительная связь, которая и привела к парадоксальной ситуации, когда орошение земель, всегда считающееся основой жизни в пустыне, стало причиной экологического кризиса и ухудшения среды обитания человека [76]. Вообще для длительного стабильного существования природной системы необходимо оптимальное соотношение, по крайней мере, трех ее параметров: степени открытости, биоразнообразия, целостности. Отклонение от оптимума хотя бы одного параметра ведет к усилению деграционных процессов в природной системе, что может закончиться ее разрушением.

Таким образом, мелиорации сельскохозяйственных земель должны быть комплексными как в смысле совместного их применения, так и в смысле применения их на всей площади агроландшафтов. При этом под комплексными мелиорациями следует понимать систему агротехнических, агрохимических, гидротехнических, агролесотехнических, химических, биологических и др. видов, обеспечивающих в комплексе решение экологических и социально-экономических задач. Основой определения состава, соотношения техники и технологии всех видов мелиорации, входящих в комплекс, должен служить анализ изменения свойств ландшафтов при хозяйственном их использовании и причин развития деграционных процессов.

2. Комплексные мелиорации должны обеспечивать (по возможности) восстановление нарушенных энергетического и водного балансов и увеличение биологического разнообразия агроценозов (см. таблицы 2.8 и 2.9). Следует однако сразу отметить, что говорить о полном восстановлении этих балансов и биоразнообразия в условиях сельскохозяйственного использования земель нет смысла, но частичное восстановление возможно и

необходимо, так как позволяет если не ликвидировать, то по крайней мере существенно снизить интенсивность таких деградационных процессов как водная эрозия, изменение режима и загрязнения водных источников, потеря питательных элементов и др.

Эти задачи решаются за счет применения комплекса мероприятий, включающих агротехнические, культуротехнические, агролесотехнические и гидротехнические мелиорации. Комплекс указанных видов мелиораций позволяет:

- оптимизировать структуру использования агроландшафтов за счет трансформации пашни в сенокосы на землях с уклонами  $i > 2 - 5^{\circ}$ ;
- улучшить состояние существующих сенокосов и особенно сбитых пастбищ;
- увеличить эффективность использования водных ресурсов за счет увеличения испарения (продуктивности почв), снижения поверхностного стока и регулирования влагообмена между почвенными и грунтовыми водами, в том числе на орошаемых и осушаемых землях за счет оптимизации мелиоративных режимов;
- существенно снизить интенсивность водной эрозии и загрязнения водных источников, обеспечить воспроизводство водных ресурсов.

3. Комплексные мелиорации должны обеспечить восстановление нарушенных балансов органического вещества и химических элементов (см. таблицы 2.12 и 2.14). Для восстановления нарушенных балансов органического вещества и химических элементов до уровня, существовавшего в природных условиях, необходимо, прежде всего, повышать продуктивность сельскохозяйственных угодий и возврат органического вещества в почву. Формально необходимый уровень повышения продуктивности сельскохозяйственных культур можно в первом приближении оценить, используя данные таблицы 2.12 и многочисленные результаты исследований [6, 16, 34, 50, 51, 54, 57, 67, 88, 89]. Для гумидной зоны это увеличение составляет 2,5 – 3,0 раза, для засушливой - 2,0 – 2,5 раза по сравнению с существующей. Такое увеличение продуктивности

сельскохозяйственных угодий требует применения комплекса мелиораций, включающих агротехнические, агрохимические, химические, агролесотехнические, гидротехнические, биологические и другие виды мелиораций. Справедливости ради следует отметить, что без дополнительного внесения органики в почву (в виде органических удобрений) только за счет увеличения продуктивности восстановление баланса гумуса в почве в обозримой перспективе вряд ли возможно.

4. Увеличение продуктивности сельскохозяйственных угодий требует в свою очередь применения агрохимических, химических, агролесотехнических и гидротехнических мелиораций с целью ликвидации дефицита элементов минерального питания (NPK), дефицита ионов кальция и магния (известкование в гумидной и гипсование в засушливой зонах), регулирования водного режима почв, оптимизации мелиоративных режимов (лесные полезащитные насаждения, орошение и осушение).

Вместе с тем, восстановление баланса органического вещества за счет увеличения продуктивности сельскохозяйственных угодий вовсе не означает предотвращение сработки запасов почвенного гумуса. Используя зависимость (2.10) и результаты многочисленных исследований, оценим динамику сработки запасов гумуса в почвах при следующих исходных данных:  $B_1 = (2 - 3)B_0$  (где  $B_1$  и  $B_0$  – прогнозная и существующая продуктивность);  $T = 20$  лет;  $\xi = 0,001$  для земель без гидротехнических мелиораций и  $\xi = 0,002$  для орошаемых и осушаемых земель; вынос биомассы с урожаем (основная и побочная продукция) – 0,65 - 0,70; потребность сельскохозяйственных растений в элементах минерального питания на 60 - 70% удовлетворяется за счет органического вещества (гумуса) почв [7, 8, 16, 34, 50, 51, 54, 57, 67, 71 и др.]. Результаты расчетов показывают, что интенсивность сработки гумуса в среднем за рассматриваемый период снижается по сравнению с существующей приблизительно на 40 - 50% на землях без гидротехнических мелиораций и на 30 - 40% на осушаемых и орошаемых землях. Важным является то, что сработка запасов гумуса к концу периода не прекращается. Таким образом,

говорить о возможности восстановления запасов гумуса в почвах без применения органических удобрений нет оснований. Предотвратить сработку запасов почвенного гумуса можно при усиленном применении органических удобрений в зависимости от особенностей системы земледелия. Вообще необходимо отметить, что до тех пор пока на сельскохозяйственных угодьях будут наблюдаться отрицательные балансы органического вещества, в том числе сработка гумуса, в котором аккумулировано до 90 % всей энергии почвообразования, деградационные процессы будут продолжаться. Поэтому, в обозримой перспективе (10 лет) речь может идти не о расширенном воспроизводстве запасов гумуса, а о снижении интенсивности дальнейшей его сработки или о простом воспроизводстве ( $\Delta G = 0$ )

5. Требования к орошению и осушению земель вытекают из пп. 1-4. Резкое увеличение продуктивности (в 2-3 раза) может быть обеспечено при условии возделывания наиболее отзывчивых на регулирование водного режима сельскохозяйственных культур, то есть кормовых культур. Поэтому орошаемые и осушаемые земли целесообразно использовать в основном для производства кормов.

Величины оросительных норм нетто целесообразно рассчитывать из условия восстановления нарушенного гидротермического режима (см. таблицу 2.8). В этом случае величины оросительных норм нетто можно сократить в 1,7-3 раза по сравнению с существующим.

Невысокие оросительные нормы и необходимость максимального снижения непроизводительных потерь воды на поверхностный сброс и влагообмен между почвенными и грунтовыми водами ( $\bar{c} + g$ ) требует применения соответствующей техники полива. В качестве основных способов и техники полива целесообразно использовать дождевание с малой интенсивностью дождя ( $< 0,1 - 0,2$  мм/мин), капельное и мелкодисперсное орошение, которые позволяют снизить до минимальных потери воды на поверхностный сброс и влагообмен. Полив по проточным бороздам целесообразно исключить полностью.

Однако при таких жестких требованиях к гидротехническим мелиорациям неизбежно возникнет вопрос об экономической эффективности орошения и осушения земель, которая при высокой стоимости строительства и эксплуатации и невысокой стоимости производимой сельскохозяйственной продукции (кормов), будет низкой. Это действительно так, если не учитывать экологический эффект орошения и осушения земель. Производство необходимого для животноводства объема кормов на орошаемых и осушаемых землях позволит запахивать многолетние травы в полевых севооборотах, использовать их в качестве сидеральных удобрений и соответственно увеличить запасы органического вещества в почвах. Это обстоятельство имеет важное значение, так как увеличение продуктивности не мелиорированных земель в 2-3 раза, необходимое для восстановления баланса органического вещества и улучшения состояния сельскохозяйственных угодий (пашни) без дополнительного внесения органики проблематично. Учитывая, что 1 га орошаемых и осушаемых земель по производству кормов эквивалентен 3-5 га богарных земель, эколого-экономическая эффективность гидротехнических мелиораций за счет увеличения плодородия пахотных почв будет весьма существенна и должна учитываться при оценке эколого-экономической эффективности орошения и осушения земель.

Предлагаемый подход к обоснованию масштабов развития гидротехнических мелиораций принципиально отличается от традиционного и отражает саму сущность мелиорации – улучшение не только самих орошаемых и осушаемых земель, но и пахотных земель вообще, площадь которых превышает 110 млн.га.

Резюмируя все изложенное следует считать, что гидротехнические мелиорации (орошение и осушение) являются важнейшим элементом комплексных мелиораций, без которого невозможно решить проблему не только улучшения состояния сельскохозяйственных угодий и агроландшафтов, но и сельскохозяйственного производства в целом. Россия по своему биоклиматическому потенциалу и наличию больших площадей плодородных земель должна и может обеспечить население продовольствием и стать одним из мировых экспортеров сельскохозяйственной продукции.



### **3. Перспективы развития комплексных мелиораций сельскохозяйственных угодий**

#### **3.1. Основные направления развития комплексных мелиораций сельскохозяйственных угодий на перспективу**

Выполненное во второй главе обобщение и анализ имеющихся данных о влиянии сельскохозяйственного использования земель позволили установить причины развития деградационных процессов. Распашка и сельскохозяйственное использование земель нарушили природные потоки вещества и энергии и изменили основные свойства природных ландшафтов; изменилась структура ландшафтов, тепловой баланс, баланс поверхностных и почвенных вод, характер подстилающей поверхности, запасы органического вещества, химических элементов и гумуса в почвах и, как следствие, плодородие почв, экологическая устойчивость и продуктивность агроландшафтов.

Ухудшение состояния агроландшафтов и сельскохозяйственного производства получило в настоящей работе системное обоснование, что наряду с установлением причинно-следственных связей позволило сформулировать основные цели и задачи мелиораций сельскохозяйственных земель. Как выяснилось, основное внимание необходимо уделять в первую очередь улучшению экологического состояния агроландшафтов в целом, включая все элементы (приземный слой атмосферы, растительность, почву, водные ресурсы). В соответствии с этим необходимо изменить и критерии оценки эффективности мелиораций, основными из которых являются уже не увеличение производства сельскохозяйственной продукции, а степень регулирования (восстановления) нарушенных биологического и геологического круговоротов вещества и энергии, обеспечивающего улучшение экологического состояния агроландшафтов, а значит и сельскохозяйственного производства. Такая постановка проблемы

согласуется с идеями В.В. Докучаева, В.Р. Вильямса, А.Н. Костякова и их последователей [4, 5, 6, 7, 19, 21, 22, 23, 24, 28, 32, 35, 37, 51, 52, 71, 86].

Условно весь комплекс задач по улучшению экологического состояния агроландшафтов можно разбить на две группы:

1. Анализ процессов формирования экологического состояния агроландшафтов, выявление причинно-следственных связей и обоснование состава, соотношения и масштабов необходимых мелиораций.

2. Разработка методов и технологий комплексных мелиораций как основы регулирования биологического и геологического круговоротов.

Первая группа задач носит естественно-исторический характер и основывается на изучении процессов массо- и энергопереноса биотической и абиотической природы; вторая – относится к эколого-экономической сфере и предусматривает обоснование наиболее эффективных решений проблемы регулирования (восстановления) биологического и геологического круговоротов.

В состав комплексных мелиораций должны входить агротехнические, агрохимические, агролесотехнические и гидротехнические мелиорации, основной целью которых является улучшение экологического состояния и экологической устойчивости агроландшафтов за счет регулирования кислотности-щелочности условий, водно-солевого и питательного режимов, увеличения биологической продуктивности экосистем, регулирования биологического и геологического круговоротов и сведения к минимуму (предупреждение) деградационных процессов. В то же время при обосновании комплексных мелиораций необходимо исходить не только из условий решения конечной цели – улучшения экологического состояния агроландшафтов, но и требований наиболее эффективного использования природного биоклиматического потенциала территорий в сельскохозяйственном производстве. Такой подход к решению проблемы требует эколого-экономического обоснования и оценки состава, соотношения и масштабов, применяемых мелиораций с использованием в качестве основного критерия суммы чистого дисконтированного дохода

(ЧДД), что предопределяет необходимость многовариантных прогнозных проработок.

К сожалению, в настоящее время существует всего один вариант развития комплексных мелиораций и сельскохозяйственного производства на перспективу – Федеральная Целевая Программа «Обеспечение воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения» на 2001-2010 гг. Однако эта «Программа», во-первых, ограничивается рассмотрением не агроландшафтов, а только земель сельскохозяйственного назначения и, во-вторых, не имеет эколого-экономического обоснования, что не позволяет судить о том, насколько эффективна система предлагаемых мероприятий с точки зрения решения экологических и экономических проблем.

В связи с этим представляется необходимым рассмотреть не только эту Федеральную Целевую Программу, но и другие варианты развития комплексных мелиораций и сельскохозяйственного производства на перспективу исходя из сформулированных во 2 главе целей и задач комплексных мелиораций. Рассмотрение альтернативных вариантов является очень важным в части обоснования стратегии развития комплексных мелиораций и сельского хозяйства страны на перспективу с целью обеспечения экологической и продовольственной безопасности.

В работе рассматриваются следующие варианты развития сельского хозяйства на перспективу.

1. Сохранение существующего состояния и технологии сельскохозяйственного производства.
2. Развитие сельскохозяйственного производства с учетом реализации Федеральной Целевой Программы «Обеспечение воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения» на 2001-2010 гг.
3. Развитие сельскохозяйственного производства при условии выполнения комплекса агротехнических, агрохимических и агролесотехнических мелиораций на всей площади сельскохозяйственных угодий (за исключением оленьих пастбищ), а также реконструкции и

восстановление существующих оросительных и осушительных систем на площади 9,5 млн.га.

4. Развитие сельскохозяйственного производства при условии выполнения комплекса агротехнических, агрохимических, агролесотехнических мелиораций на всей площади сельскохозяйственных угодий (за исключением оленьих пастбищ), а также реконструкции существующих оросительных и осушительных систем на площади 9,5 млн.га и строительство новых оросительных и осушительных систем, обеспечивающих в целом получение необходимого объема кормов для животноводства.

В 3 и 4 вариантах рассмотрены подварианты, отличающиеся только повышенными дозами  $NPK = 350$  кг/га.

При оценке эколого-экономической эффективности системы комплексных мелиораций по каждому варианту в работе использованы официальные данные многолетних исследований и модели, приведенные в предыдущих главах.

### **3.2. Методика составления прогнозов развития комплексных мелиораций и сельскохозяйственного производства на перспективу**

При составлении прогнозов развития комплексных мелиораций на перспективу в работе рассматривались 4 взаимозависимых элемента агроландшафтов: приземный слой атмосферы, растительность, почва, водные ресурсы. Для оценки изменения состояния этих элементов в процессе хозяйственной деятельности использовались интегральные показатели, включающие гидротермический режим, биологическую продуктивность и биоразнообразие, плодородие почв, качество водных ресурсов, которые в свою очередь определяются рядом характеристик (радиационный индекс сухости Будыко, запасы и состав гумуса, наличие элементов минерального

питания, физико-химические свойства почв, кислотно-щелочные условия, засоление и осолонцевание).

Для оценки состояния агроландшафтов в целом использованы критерии экологической стабильности, эколого-геохимической устойчивости и полноты использования радиационной энергии, зависящие от структуры агроландшафта, биологической продуктивности, экологической значимости биотических и абиотических элементов, соотношения энергии, затраченной в агроценозе, и радиационного баланса территории.

Прогнозы составлялись на 10 лет. В качестве исходных данных принимались осредненные климатические характеристики, структура использования земель и преобладающий тип почв по каждому экономическому району. (Таблицы 1.1, 1.2, 1.3).

Изменение гидротермического режима в результате распашки и сельскохозяйственного использования земель оценивались с использованием выражений (2.4 и 2.5). (См. таблицу 2.8).

При оценке изменения содержания гумуса в почвах учитывались процессы водной эрозии, дефляции, сработки запасов гумуса, засоления и осолонцевания. Интенсивность указанных процессов определялась видом и масштабами применяемых мелиораций. Вынос почвы в результате водной эрозии и дефляции в современных условиях принимался в соответствии с существующими классификациями. [49, 50, 57, 59, 89]. Сработка запасов гумуса в почвах для 1 и 2 вариантов принималась по данным [34, 55] (таблица 2.13); для 3 и 4 вариантов – рассчитывалась с использованием выражения (2.10) в зависимости от продуктивности сельскохозяйственных угодий и увеличения возврата органического вещества в почву. Изменение запасов гумуса при засолении и осолонцевании оценивалось по данным [6]. Общее изменение запасов гумуса в почвах определялось как сумма всех ущербов.

Изменение кислотно-щелочных условий почв определялось по изменению величины pH, которая в свою очередь зависела от интенсивности промывного режима, дефицита ионов кальция и магния и дозы внесения

минеральных удобрений (таблицы 2.4, 2.9, 2.14). Величина гидролитической кислотности ( $H_r$ ) оценивалась в зависимости от pH (рис. 2.4), состав гумуса в каждом случае определялся по зависимости:

$$G_r/G_0 = 2,3 - 0,33 H_r \quad (3.1)$$

Наиболее сложной оказалась оценка изменения содержания элементов минерального питания в почвах в зависимости от системы применяемых мелиораций. В работе изменение содержания NPK в почвах (в долях от максимального их содержания) оценивалось в каждом варианте с учетом суммарной сработки запасов гумуса, величины pH и доз внесения минеральных удобрений. Дефицит NPK в современных условиях принимался в соответствии с имеющимися литературными данными [34, 50, 55, 71, 89, 101].

Изменение продуктивности агроценозов в каждом варианте определялось с учетом плодородия почв (в баллах). Рис. 2.7.

Для оценки экологической стабильности и эколого-геохимической устойчивости агроландшафтов в целом использовалась зависимость (1.1) и результаты исследований М.А. Глазовской. В основу этих расчетов положена структура агроландшафтов, изменение кислотно-щелочных условий почв и экологическая значимость биотических и абиотических элементов [4, 27].

Полнота использования радиационной энергии, характеризующая степень использования биоклиматического потенциала в агроценозах, определялась:

$$K_3 = \frac{Y_p}{Y_{пот}} \times 100, \quad (3.2)$$

где:  $K_3$  – полнота использования радиационной энергии, %;  $Y_p$  – существующая продуктивность агроландшафта, ц/га;  $Y_{пот}$  – потенциальная продуктивность, соответствующая ФАР при коэффициенте полезного использования равном 2 %, ц/га [16, 55, 62, 88, 89].

Коэффициент вариации продуктивности сельскохозяйственных угодий ( $C_v$ ), связанный с нарушением природного состояния  $N/O$ , (где  $N$  и  $O$  – ежегодный прирост биомассы и возврат ее в почву) определяется с использованием имеющихся данных [29, 38, 62, 74, 86, 89, 105].

### **3.3. 1 вариант. Сохранение существующего состояния и технологии сельскохозяйственного производства**

#### **3.3.1. Исходные данные**

Основные средообразующие факторы по каждому экономическому району (радиационный баланс, ФАР, соотношение элементов баланса поверхностных и почвенных вод, гидротермический режим) и их изменение в процессе распашки и сельскохозяйственного использования приведены в таблицах 1.1, 2.8, 2.9. Преобладающие типы почв и их характеристика (запасы и состав гумуса, содержание элементов минерального питания, гидролитическая кислотность и индекс почв) приведены в таблицах 1.2 и 2.17. Площади эродированных земель на уровне 2010 г определены путем интерполяции имеющихся данных и составляют в целом по стране 50,6 млн.га, в том числе 52 % слабо, 29% средне и 19 % сильно эродированных земель [50, 55, 57, 59, 89, 101]. Распределение сельскохозяйственных угодий по уклонам поверхности приведено в таблице 3.1. [97].

Величина потенциального смыва почв в результате водной эрозии принята в соответствии с классификацией эрозионной опасности: для слабо эродированных – 3 т/га в год, средне эродированных – 10 т/га в год и сильно эродированных – 20 т/га в год [50].

Площади кислых почв на уровне 2010 г также определены путем интерполяции имеющихся данных и составляют в целом по стране 42 млн.га, из которых 70 % - средне-кислые ( $pH < 4,5-6$ ) и 30 % - сильно-кислые ( $pH > 4-4,5$ ) [42, 50, 53, 89].

Таблица 3.1

## Распределение сельскохозяйственных угодий по уклонам поверхности

Экономический район	Площади сельскохозяйственных угодий по уклонам, %					
	< 1 <sup>0</sup>	1 - 2 <sup>0</sup>	2 - 5 <sup>0</sup>	5 - 7 <sup>0</sup>	7 - 10 <sup>0</sup>	> 10 <sup>0</sup>
Северный	52,9*	24,7	16,5	3,8	1,8	0,3
	64,3	19,9	10,7	2,8	1,6	0,7
	53,1	23,7	15,9	3,7	2,6	1,0
Северо-Западный	60,7	21,2	12,5	3,7	1,4	0,5
	65,1	15,9	12,4	3,7	1,9	1,0
	57,2	19,9	15,7	4,0	2,3	0,9
Центральный	44,9	32,4	20,2	2,0	0,4	0,1
	57,9	18,0	13,0	7,0	2,8	1,3
	46,0	18,7	16,7	8,8	6,4	3,4
Волго-Вятский	41,7	31,3	21,9	4,0	0,9	0,2
	65,7	15,6	11,6	3,4	1,8	1,9
	37,6	18,0	19,7	9,5	7,8	7,4
Центрально-Черноземный	51,9	23,5	22,1	2,1	0,3	0,1
	84,7	6,6	4,5	1,7	1,5	1,0
	26,8	12,0	20,5	16,8	14,6	9,3
Поволжский	47,0	39,1	12,9	0,8	0,1	0,1
	83,3	13,9	1,9	0,3	0,2	0,4
	62,4	19,6	10,7	3,3	2,2	1,8
Северо-Кавказский	65,4	21,6	11,3	1,1	0,4	0,2
	29,6	11,4	13,4	11,2	15,9	20,5
	44,8	13,7	12,8	5,9	6,1	16,7
Уральский	43,8	26,2	26,0	2,8	0,8	0,4
	61,9	16,5	15,0	4,2	1,6	0,8
	35,3	18,3	25,2	10,6	6,0	4,6
Западно-Сибирский	75,4	12,4	9,7	1,5	0,8	0,2
	84,2	6,1	4,0	1,6	2,2	1,9
	64,4	7,3	6,7	3,7	5,3	12,9
Восточно-Сибирский	30,7	24,0	32,8	8,5	3,0	1,0
	41,8	19,2	30,6	5,5	1,7	1,2
	26,1	10,2	26,3	15,8	12,3	9,3
Дальневосточный	73,0	17,4	8,2	1,2	0,1	0,1
	84,3	8,6	6,0	0,8	0,2	0,1
	74,1	9,7	10,1	2,7	1,4	2,0
В целом по России	53,4	24,9	17,6	2,9	0,9	0,3
	65,5	13,8	11,2	3,8	2,9	2,8
	48,0	15,6	16,3	7,7	6,1	6,3

\*Примечание: сверху вниз цифры означают соответственно пашню, сенокосы и пастбища.

Дефицит элементов минерального питания в почвах по экономическим районам колеблется от 50 до 90 кг/га в зависимости от применяемой системы удобрений и урожайности сельскохозяйственных культур [34, 50, 55, 70, 71, 89, 97, 101].

Сработка запасов гумуса в почвах составляет по экономическим районам от 0,57 до 1,5 т/га в год [34, 55, 89, 97, 101].



Площади засоленных и осолонцованных почв в целом по стране составляют 38,3 млн.га, в том числе слабо засоленных – 64 %, средне засоленных и осолонцованных – 25 % и солонцов – 11 % [31, 42, 50, 55, 89, 94, 97, 101].

Уменьшение площади лесов в результате пожаров и несанкционированных вырубок в целом по стране за 10 лет составляет 27 млн.га. Основной ущерб лесным угодьям наблюдается в Северном, Северо-Западном, Волго-Вятском, Восточно-Сибирском и Дальневосточном экономических районах [24]. Площади вырубок в расчетах рассматривались как нарушенные земли.

Площади земель, подверженных дефляции, составляют 6,5 млн.га, из них 72 % характеризуются средней и 28 % - сильной дефляцией. Снос почвы при средней интенсивности дефляции принят равным 3 т/га в год, при сильной – 5 т/га в год [37].

Площади водоемов, населенных пунктов и промышленных объектов не велики и составляют 1-3 % от площади земельных угодий экономических районов (таблица 2.1) [24, 89].

### **3.3.2. Результаты прогнозных расчетов**

Выполненные прогнозные расчеты показали, что сохранение существующего положения в сельском хозяйстве сопровождается прогрессирующим ухудшением состояния агроландшафтов и сельскохозяйственного производства. Снижаются запасы гумуса, содержание элементов минерального питания и величины ППК в почвах и, как следствие, плодородие почв. В среднем за 10 лет плодородие почв по стране снизится приблизительно на 8 % (по отдельным экономическим районам от 4 до 13 %), причем интенсивность снижения плодородия почв по сравнению с предыдущим периодом (1980-2000 гг.) увеличится с 0,4 % до 0,8 % в год. Таблицы 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2

**Осредненные характеристики преобладающих типов почв по  
экономическим районам на уровне 2000 и 2010 гг.  
(1 вариант)**

Экономический район	Запасы гумуса в почвах, т/га	Состав гумуса G <sub>r</sub> /G <sub>ф</sub>	Содержание элементов минерального питания			Гидролитическая кислотность Н <sub>r</sub> , мг-экв/100г	Индекс (плодородие) почв, баллы	Изменение индекса почв, %
			N	P	K			
Северный	43*	0,35	0,15	0,15	0,33	5,9	3,37	- 13
	37	0,35	0,11	0,10	0,28	5,9	2,93	
Северо-Западный	61	0,62	0,15	0,14	0,34	5,1	3,88	- 10
	53	0,62	0,13	0,11	0,29	5,1	3,49	
Центральный	121	0,98	0,38	0,17	0,45	4,0	5,83	- 9
	111	0,98	0,33	0,14	0,40	4,0	5,33	
Волго-Вятский	140	0,91	0,34	0,15	0,45	4,2	5,58	- 9
	131	0,91	0,30	0,12	0,41	4,2	5,1	
Центрально-Черноземный	488	1,54	0,74	0,29	0,86	2,3	12,2	- 4
	477	1,54	0,71	0,26	0,83	2,3	11,74	
Поволжский	383	1,6	0,75	0,36	0,85	2,0	12,1	- 5
	369	1,6	0,68	0,32	0,79	2,0	11,54	
Северо-Кавказский	585	1,94	0,93	0,36	0,94	1,1	15,6	-5
	564	1,94	0,86	0,32	0,88	1,1	14,78	
Уральский	237	1,11	0,39	0,18	0,51	3,6	7,1	- 7
	228	1,11	0,34	0,14	0,47	3,6	6,59	
Западно-Сибирский	185	1,67	0,71	0,31	0,81	1,9	10,3	- 5
	175	1,67	0,64	0,27	0,75	1,9	9,76	
Восточно-Сибирский	83	0,85	0,27	0,15	0,32	4,4	4,7	- 11
	70	0,85	0,20	0,11	0,26	4,4	4,16	
Дальневосточный	70	1,18	0,37	0,15	0,40	3,4	5,6	- 11
	60	1,18	0,30	0,11	0,33	3,4	5,0	

\*В числителе значения для 2000 г, в знаменателе – 2010 г.

В целом для агроландшафтов характерно снижение экологической стабильности (Kc) и эколого-геохимической устойчивости почв по отношению к техногенным химическим загрязнениям (на 3% и 10-15 % соответственно); снижение продуктивности сельскохозяйственных земель на 2-18 % (в среднем 5 %), вариабельность урожая сельскохозяйственных культур по сравнению с природной не изменяется и составляет 30 %. Степень использования биоклиматического потенциала, под которым понимается соотношение продуктивности сельскохозяйственных культур к потенциальной продуктивности при коэффициенте полезного использования

ФАР равном 2 %, не превышает в среднем 45 %; по отдельным районам от 39 до 50 %. Таблица 3.3.

Таблица 3.3

**Осредненные показатели состояния агроландшафтов на уровне 2010 г.  
(1 вариант)**

Экономические районы	K <sub>c</sub>	Эколого-геохимическая устойчивость почв		Изменение продуктивности с/х угодий, %	Изменение ГПК почв, %	Полнота использования биоклиматического потенциала, %	Коэффициент вариации урожая, %
		K <sub>pH</sub>	K <sub>TM</sub>				
Северный	0,41	эколого-геохимическая устойчивость почв снизится в среднем примерно на 10-15 %		в среднем - 5 %	в среднем - 5 %	в среднем 45 %	в среднем 30 %
Северо-Западный	0,44						
Центральный	0,42						
Волго-Вятский	0,42						
Центрально-Черноземный	0,33						
Поволжский	0,38						
Северо-Кавказский	0,37						
Уральский	0,43						
Западно-Сибирский	0,60						
Восточно-Сибирский	0,38						
Дальневосточный	0,50						

**3.4. 2 вариант. Развитие сельскохозяйственного производства с учетом реализации Федеральной Целевой Программы «Обеспечение воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения» на 2001-2010 гг.**

**3.4.1. Государственные программы повышения плодородия почв**

Традиционно развитие сельского хозяйства страны на перспективу определялось различными Государственными Программами (зерно, корма и др.), которые ставили целью увеличение производства определенного вида сельскохозяйственной продукции. Начиная с 1992 года характер «Программ», рассматривающих развитие сельского хозяйства, несколько изменился, что было связано в основном с появлением нормативных

документов, регламентирующих состав и содержание Федеральных Целевых Программ.

С 1992 года в стране действовали ФЦП «Плодородие» на период 1992-1995гг (первый этап) и 1996-2000 гг. (2 этап). Однако суть этих программ практически осталась прежней: программы предусматривали повышение плодородия почв и получение высоких урожаев сельскохозяйственной продукции. Термин «экология» присутствовал только в словах «экологически чистая продукция» [101]. Причины, вызвавшие ухудшение состояния сельскохозяйственных угодий и сельскохозяйственного производства, в этих программах не рассматривались, поэтому состав работ представлял собой простой набор мероприятий, которые хотя и дополняли друг друга, но не представляли единого комплекса и не решали проблему улучшения состояния агроландшафтов. К тому же выполнены «Программы» были только частично. К сожалению, анализ практики разработки и реализации «Программ» не был проведен. В резолюции Всероссийского совещания «О неотложных мерах по стабилизации и развитию агропромышленного производства» (февраль 1999г) было лишь отмечено: «Требуются государственные решения по вопросам эффективности использования и охраны сельскохозяйственных земель, повышения ответственности их собственников и пользователей. Следует осуществить меры по реализации Федерального закона «О мелиорации земель», восстановить научно обоснованную систему земледелия». И далее: «Проблема обеспечения воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения имеет общегосударственное значение и требует комплексного решения» [55]. Во исполнение решения совещания и была разработана Федеральная программа «Обеспечение воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения» на период до 2010г (3 этап).

В «Программе» отмечалось, что... «Первостепенной задачей является приостановление дальнейшего снижения плодородия, прогрессирующее в настоящее время, обеспечение стабилизации, а затем постепенного его

повышения для увеличения сельскохозяйственного производства, повышения качества и снижения себестоимости сельскохозяйственной продукции. Необходимо избавиться от 40-50 % импорта продовольствия, создать условия для отечественного производителя путем повышения потенциала и интенсификации использования основного средства производства – земли. Генеральное стратегическое направление при решении этой задачи – осуществление комплекса агрохимических, агротехнических и других мелиораций» [55]. Вместе с тем, поставленные в «Программе» задачи предусматривали в основном увеличение производства сельскохозяйственной продукции и улучшение состояния земель сельскохозяйственного назначения. Вопросы улучшения состояния агроландшафтов в задачи «Программы» не входили. Задачи включали [55]:

1. Обеспечение устойчивого увеличения производства зерна.
2. Увеличение производства кормов для животноводства с целью создания не только страховых запасов кормов, но и расширения посевов зерновых и технических культур на не мелиорированных землях.
3. Создание зон производства кормовых культур, овощей вокруг крупных городов и промышленных центров.
4. Увеличение производства риса, сои, кукурузы на зерно, сахарной свеклы, льна-долгунца и проведение опытно-производственных посевов хлопчатника в низовьях Волги и на Северном Кавказе.
5. Восстановление и обеспечение работоспособности существующих оросительных и осушительных систем и дальнейшее развитие мелиорированных земель.

Состав и объем работ по «Программе» на период 2001-2010 гг. приведен в таблице 3.4 [55].

Таблица 3.4

## Состав и объемы работ по «Программе» на период 2001-2010 гг.

Виды работ	Единицы измерений	Объем
<b>Агрехимические мероприятия</b>		
Известкование кислых почв	Тыс.га	58200
Фосфорирование	- // -	29100
Гипсование солонцовых почв	- // -	2840
Мелиоративная обработка солонцовых почв	-// -	4300
Комплекс работ по торфу и сопроелям	Млн.т	975
Применение минеральных удобрений	Млн.т	76,7
Внесение органических удобрений	Млн.т	5850
Агрехимическое, эколого-токсикологическое обследование земель сельскохозяйственного назначения	Млн.га	290
<b>Гидромелиоративные мероприятия</b>		
Реконструкция и восстановление существующих оросительных систем	Тыс.га	3128
Реконструкция и восстановление существующих осушительных систем	Тыс. га	1883
Орошение земель (новое строительство)	Тыс.га	200
Осушение земель (новое строительство)	Тыс.га	180
Строительство и переустройство дренажа на существующих орошаемых землях	Тыс га	80
Замена существующих трубопроводов на оросительных системах	Тыс км	26,9
Культуртехнические работы	Тыс.га	2200
Обводнение пастбищ и реконструкция существующих обводнительных систем	Тыс.га	3300
<b>Агрлесомелиоративные мероприятия</b>		
Закладка лесных полезащитных полос	Тыс.га	1452

В «Программе» отмечалось, что в результате выполнения предусмотренного комплекса мероприятий будет обеспечено сохранение и восстановление плодородия почв, увеличение урожайности в 1,5 – 2 раза, создание продовольственной независимости и условий для постепенного перехода страны к устойчивому развитию [55].

Рассмотрим состав программных мероприятий с точки зрения восстановления (сохранения) плодородия почв, повышения экологической стабильности, эколого-геохимической устойчивости и увеличения продуктивности агроландшафтов.

В «Программе» предусматривается известкование на всей площади кислых почв, что позволит существенно улучшить кислотно-щелочные

условия, питательный режим почв и повысить эколого-геохимическую устойчивость почв к техногенным химическим воздействиям.

Фосфорирование предусмотрено на 95 % площади почв, характеризующихся очень низким и низким содержанием подвижного фосфора (30,7 млн.га); химические мелиорации и мелиоративная обработка – на 31 % площади солонцовых почв.

Внесение органических удобрений в виде навоза, торфа и сапропелей намечено в объеме приблизительно 680 млн. тонн в год (5-6 т/га пашни в год). Следует, однако, отметить, что цифры эти завышены. Применение минеральных удобрений предусмотрено в объеме около 60 кг/га.

Предлагаемые объемы работ по гидротехническим мелиорациям предусматривают реконструкцию оросительных и осушительных систем на 69 и 41 % площади соответственно и ввод новых орошаемых и осушаемых земель на площади 380 тыс.га (около 4 % от площади существующих мелиорированных земель).

Агротехнические мелиорации намечены на площади 1452 тыс.га, что составляет около 1,5% от площади сельскохозяйственных угодий, а вместе с существующими полезными лесными насаждениями около 2,7 % [55, 97]. При этом основные площади существующих лесных насаждений защитного назначения (52 %) расположены на землях с уклонами  $< 2$  %, то есть на самых благополучных с точки зрения водной эрозии землях [97].

### **3.4.2. Результаты прогнозных расчетов**

Исходные данные для прогнозных расчетов приняты те же, что и для первого варианта (таблицы 1.1, 1.2, 2.8, 2.9, 2.17, 3.1, 3.2).

При составлении прогноза, оценке интенсивности деградационных процессов, изменения состояния сельскохозяйственных угодий и агроландшафтов в целом, а также изменения продуктивности учитывался состав и объем предусмотренных «Программой» мероприятий (химические мелиорации кислых и солонцовых почв, система органических и

минеральных удобрений, агролесотехнические и гидротехнические мелиорации).

Устройство лесных полезащитных полос на площади 1452 тыс.га (1,5% от площади сельскохозяйственных угодий) снизит интенсивность водной эрозии почв. Для расчета степени снижения водной эрозии использована методика, предложенная в работе [49].

$$A = 2,24 \times R \times C \times K \times P \times LS, \quad (3.3)$$

где:  $A$  – интенсивность водной эрозии почв, т/га;  $R$  – фактор эродирующей способности дождя;  $K$  – фактор подверженности почв эрозии;  $L$  – фактор длины склона;  $S$  – фактор уклона;  $C$  – фактор системы ведения растениеводства;  $P$  – фактор борьбы с эрозией. Достоинством выражения (3.3) является, во-первых, его простота и, во-вторых, возможность учета не только агролесотехнических, но и агротехнических мероприятий (контурная и безотвальная вспашка, мульчирование и др.). Однако при использовании этого выражения возникают сложности с определением для условий России величины  $R$ . Чтобы избежать этого оценку степени снижения интенсивности водной эрозии выполним следующим образом:

$$\bar{A} = \frac{A_1}{A} = \frac{2,24 \times R \times C_1 \times K \times P_1 \times L_1 S_1}{2,24 \times R \times C \times K \times P \times LS}, \quad (3.4)$$

где:  $A$  и  $A_1$  – интенсивность водной эрозии до и после осуществления мелиорации;  $C$  и  $C_1$ ,  $P$  и  $P_1$ ,  $L$  и  $L_1$ ,  $S$  и  $S_1$  также соответственно до и после осуществления агротехнических и агролесотехнических мелиораций.

Учитывая, что величины  $R$  и  $K$  не меняются в процессе мелиораций и что в «Программе» не предусмотрено изменение системы обработки почв, то есть  $C_1 = C$  и  $P_1 = P$  получим:

$$\bar{A} = \frac{L_1 S_1}{LS}, \quad (3.5)$$

Величины  $LS$  и  $L_1 S_1$  определяются с учетом уклона поверхности (%) и количества лесных насаждений (1,2 и 2,7 % до и после агролесотехнических мелиораций).



Выполненные расчеты с использованием данных [49] показали, что интенсивность водной эрозии в результате осуществления предусмотренных «Программой» объемов агролесомелиоративных работ снизится на 10 % на землях с уклонами < 2 %, на 15 % - на землях с уклонами 2-7 % и на 20 % на землях с уклонами 7-10 и более %.

Предусмотренное в «Программе» известкование практически на всей площади кислых почв позволит увеличить рН до оптимальных величин (5-7 по экономическим районам), снизить гидролитическую кислотность, улучшить состав гумуса и питательный режим почв. Изменение величин Нг оценивается в зависимости от рН (рис. 2.4), а изменение  $G_g / G_f$  с использованием выражения (3.1). Изменение содержания доступных растениям элементов минерального питания в почвах определяется пропорционально величинам Нг.

Оценка прогнозной сработки запасов гумуса выполняется с учетом внесения органических удобрений в объеме 5,5 т/га в год. При коэффициенте гумификации равном 0,05 уменьшение сработки гумуса составит 0,25 т/га в год. В качестве величины современной сработки запасов гумуса использовались данные 2000 г. [34, 55, 97, 101] (Таблица 2.13).

Содержание элементов минерального питания (NPK) в почвах оценивалось в зависимости от доз внесения удобрений (60 кг/га), изменения запасов гумуса и величины рН.

Выполненные прогнозные расчеты показали, что реализация предусмотренных «Программой» мероприятий в полном объеме может улучшить состояние и продуктивность земель сельскохозяйственного назначения. Таблицы 3.5 и 3.6.

Комплекс агротехнических, агрохимических, агролесотехнических и гидротехнических мелиораций позволяет улучшить кислотно-щелочные условия, питательный режим и не только предупредить дальнейшее снижение плодородия почв, но и обеспечить в незначительном объеме расширенное его воспроизводство. В среднем по стране увеличение плодородия почв составит около 4 % (по отдельным экономическим районам

от 2 до 6 %). Соответственно увеличивается и продуктивность земель сельскохозяйственного назначения в среднем на 130 % (от 120-122 % в Северном и Северо-Западном до 140-150% в Поволжском и Северо-Кавказском экономических районах). Правда, расчетная продуктивность ниже намечаемой (1,5-2 раза), но тоже весьма существенна и обеспечивает повышение степени использования биоклиматического потенциала до 69 % (вместо 45 % в существующих условиях).

Таблица 3.5

**Осредненные характеристики преобладающих типов почв по экономическим районам на уровне 2000 и 2010 гг.**

(2 вариант)

Экономический район	Запасы гумуса в почвах, т/га	Состав гумуса, G <sub>r</sub> /G <sub>ф</sub>	Содержание элементов минерального питания			Гиролитическая кислотность, Н <sub>r</sub> мг-экв/100г	Индекс (плодородие) почв, баллы	Изменение индекса почв, %
			N	P	K			
Северный	43	0,35	0,15	0,15	0,33	5,9	3,37	+ 5
	39	0,42	0,17	0,16	0,32	5,7	3,55	
Северо-Западный	61	0,62	0,16	0,14	0,34	5,1	3,88	+ 5
	56	0,68	0,18	0,18	0,33	4,9	4,06	
Центральный	121	0,98	0,38	0,17	0,45	4,0	5,83	+ 4
	114	1,05	0,40	0,19	0,45	3,8	6,03	
Волго-Вятский	140	0,91	0,34	0,15	0,45	4,2	5,58	+ 3
	134	0,95	0,36	0,16	0,45	4,0	5,77	
Центрально-Черноземный	488	1,54	0,74	0,29	0,86	2,3	12,2	+ 2
	479	1,57	0,76	0,31	0,88	2,2	12,42	
Поволжский	383	1,60	0,75	0,36	0,85	2,0	12,1	+ 2
	372	1,67	0,79	0,39	0,87	1,9	12,4	
Северо-Кавказский	585	1,94	0,93	0,36	0,94	1,1	15,6	+ 3
	568	1,97	0,99	0,41	0,98	1,0	16,0	
Уральский	237	1,11	0,39	0,18	0,51	3,6	7,1	+ 4
	230	1,18	0,41	0,20	0,53	3,4	7,38	
Западно-Сибирский	185	1,74	0,71	0,31	0,81	1,9	10,5	+ 3
	182	1,80	0,75	0,34	0,84	1,8	10,61	
Восточно-Сибирский	83	0,85	0,27	0,15	0,32	4,4	4,7	+ 6
	72	0,91	0,29	0,17	0,34	4,2	5,0	
Дальневосточный	70	1,18	0,37	0,15	0,40	3,4	5,6	+ 3
	62	1,24	0,37	0,16	0,39	3,2	5,78	

**Изменение экологических условий агроландшафтов  
(2 вариант)**

Экономический район	K <sub>c</sub>	Эколого-геохимическая устойчивость почв		Изменение продуктивности с/х угодий, %	Изменение ППК почв, %	Полнота использования биоклиматического потенциала, %	Кэффициент вариации урожая, %
		K <sub>pH</sub>	K <sub>TM</sub>				
Северный	0,41	Эколого-геохимическая устойчивость почв повышается на 5-10 %		в среднем 130	в среднем 97	в среднем 69	в среднем 25
Северо-Западный	0,44						
Центральный	0,42						
Волго-Вятский	0,42						
Центрально-Черноземный	0,33						
Поволжский	0,38						
Северо-Кавказский	0,37						
Уральский	0,43						
Западно-Сибирский	0,60						
Восточно-Сибирский	0,38						
Дальневосточный	0,50						

Таким образом, реализация «Программы» в полном объеме обеспечивает в основном решение поставленных задач – предотвращение дальнейшего снижения плодородия почв и увеличения производства сельскохозяйственной продукции.

Вместе с тем, экологические проблемы агроландшафтов – регулирование биологического и геологического круговоротов в результате реализации «Программы» не решаются. Не меняется структура использования агроландшафтов, практически не улучшается соотношение элементов баланса поверхностных и почвенных вод (не снижается поверхностный сток), не ликвидируется дефицит органического вещества в агроландшафтах и запасов гумуса в почвах, в связи с чем экологическая стабильность (K<sub>c</sub>) остается на том же уровне, что и в 1 варианте. Она даже

может несколько снизиться в связи с рекомендуемым расширением посевов зерновых и технических культур.

Эколого-геохимическая устойчивость почв увеличивается очень незначительно (5-10%), что говорит о существенном влиянии техногенного загрязнения на фитосанитарное состояние почв.

Все это, наряду с увеличением продуктивности сельскохозяйственных угодий и сохранением практики отчуждения вместе с урожаем и побочной продукцией, не уменьшит нестабильность сельскохозяйственного производства по сравнению с 1 вариантом, коэффициент вариации урожая может снизиться до 25%. Увеличение нестабильности сельскохозяйственного производства, в свою очередь, приведет либо к потерям урожая, либо к необходимости дополнительных затрат на создание инфраструктуры (хранение и переработка сельскохозяйственной продукции).

**3.5. 3 вариант. Развитие сельскохозяйственного производства при условии выполнения комплекса агротехнических, агрохимических и агролесотехнических мелиораций на всей площади сельскохозяйственных угодий (за исключением оленьих пастбищ), а также реконструкции и восстановлении существующих оросительных и осушительных систем на площади 9,5 млн.га**

### **3.5.1. Исходные данные**

Этот вариант предусматривает осуществление комплексных мелиораций, состав и объем которых определяется исходя из условий улучшения экологического состояния агроландшафтов. Основная цель комплексных мелиораций агроландшафтов заключается в регулировании (восстановлении) нарушенных биологического и геологического круговоротов, обеспечивающих воспроизводство возобновляемых природных ресурсов, улучшении экологической обстановки и решении

социально-экономических проблем АПК (увеличение продуктивности агроландшафтов и стабильности сельскохозяйственного производства). Реализация этих целей требует решения следующих задач:

1. Оптимизация структуры использования агроландшафтов и, в первую очередь, соотношения преобразованных (пашня) и природных экосистем (включая естественные сенокосы и пастбища). Оптимизация структуры использования агроландшафтов выполнена с учетом рекомендаций [74, 86, 87]. В целом по стране площади пахотных земель необходимо сократить на 4,1 млн.га за счет залужения, в том числе на землях с уклонами  $> 10^0$  - 0,2 млн.га;  $7-10^0$  - 0,4 млн.га;  $5-7^0$  - 1,8 млн.га;  $2-5^0$  - 1,7 млн.га. Таблица 3.7.

Таблица 3.7

### Оптимизация структуры использования агроландшафтов

Экономический район	Площадь пашни, %	Оптимальная площадь пашни, %	Площадь залужения		Площади пашни по уклонам поверхности после залужения, %					
			%	Тыс. га	$< 1^0$	$1-2^0$	$2-5^0$	$5-7^0$	$7-10^0$	$> 10^0$
Северный	1,0	10	-	-	52,9	24,7	16,6	3,7	1,8	0,3
Северо-Западный	9,2	20	-	-	60,7	21,2	12,5	3,7	1,4	0,5
Центральный	29,2	25	4,2	594	46,9	33,8	19,3	-	-	-
Волго-Вятский	28,2	25	3,2	237	43,1	32,3	22,6	2,0	-	-
Центрально-Черноземный	63,2	50	13,2	1400	59,8	27,1	13,1	-	-	-
Поволжский	45,0	40	5,0	1211	49,4	41,2	9,4	-	-	-
Северо-Кавказский	46,5	45	1,5	234	66,4	21,9	11,5	0,2	-	-
Уральский	26,8	25	1,8	397	44,6	26,7	26,5	2,2	-	-
Западно-Сибирский	7,8	30	-	-	75,4	12,4	9,7	1,5	0,8	0,2
Восточно-Сибирский	2,1	20	-	-	30,7	24,0	32,8	8,5	3,0	1,0
Дальневосточный	0,5	20	-	-	73,0	17,4	8,2	1,2	0,1	0,1

2. Регулирование соотношения элементов баланса поверхностных и почвенных вод и характера поверхности почвы с целью снижения поверхностного стока и интенсивности водной эрозии. Критерием степени

регулирования поверхностного стока является снижение водной эрозии почв до допустимых пределов ( $< 1,5$  т/га в год) [50]. Для этого на пахотных землях предусматриваются агротехнические и агролесотехнические мероприятия; на естественных сенокосах и пастбищах – рекультивация и агролесотехнические мероприятия.

Агротехнические мероприятия включают контурную вспашку и мульчирование поверхности почвы за счет оставления на полях побочной продукции в виде соломы и ботвы. При совместном применении указанных мероприятий снижение интенсивности водной эрозии оценивается с использованием выражения [49]:

$$\bar{A} = \frac{C_1 \times P_1}{C \times P}, \quad (3.6)$$

где:  $C$  и  $C_1$  – фактор системы ведения растениеводства в существующих и прогнозных условиях;  $P$  и  $P_1$  – фактор борьбы с эрозией в современных и прогнозных условиях. Значения  $P$  и  $P_1$  составляют 1,0 и 0,7;  $C$  и  $C_1$  – 0,45 и 0,3 соответственно [84]. Следовательно, изменение интенсивности водной эрозии на пахотных землях составит  $\bar{A} = \frac{0,7 \times 0,3}{1,0 \times 0,45} = 0,50$ , то есть смыв почвы снизится приблизительно на 50 %.

Рекультивация естественных сенокосов и пастбищ предусматривается с целью улучшения сбитых и закоркаренных угодий и позволяет снизить интенсивность водной эрозии на 80-90 %.

Общее снижение интенсивности водной эрозии в результате осуществления агротехнических мероприятий на пахотных землях и рекультивации на сенокосах и пастбищах составит:

- на пахотных землях с уклонами  $\leq 1-2^{\circ}$  –  $0,5 \times 3 = 1,5$  т/га в год; на землях с уклонами  $2-7^{\circ}$  –  $10 \times 0,5 = 5$  т/га в год и на землях с уклонами  $7-10$  и более $^{\circ}$  –  $20 \times 0,5 = 10$  т/га в год;

- на естественных сенокосах и пастбищах с уклонами  $\leq 1-2^{\circ}$  –  $3 \times 0,15 = 0,45$  т/га в год; с уклонами  $2-7^{\circ}$  –  $10 \times 0,15 = 1,5$  т/га в год и с уклонами  $7-10$  и более $^{\circ}$  –  $20 \times 0,15 = 3$  т/га в год.

Таким образом, при допустимом смыве почвы равном 1,5 т/га в год, указанных агротехнических мероприятий и рекультивации достаточно для предупреждения водной эрозии на пахотных землях с уклонами  $< 1 - 2^{\circ}$ , и на сенокосах и пастбищах с уклонами  $< 7^{\circ}$ . Общая площадь этих земель составит 165 млн.га. На остальных сельскохозяйственных угодьях площадью 39 млн.га (в том числе пашня – 23 млн. га, сенокосы и пастбища 16 млн.га) требуется дополнительно осуществление еще и агролесотехнических мелиораций, целью которых является не только снижение поверхностного стока и смыва почв, но и регулирование микроклимата.

Расчеты, выполненные с использованием данных работы [49], показали, что объемы агролесомелиоративных работ на период 2001-2010 годы составят 2779 тыс.га. Таблица 3.8.

Таблица 3.8

**Объемы агролесомелиоративных работ на период 2001-2010 гг.**

Уклоны поверхности, $^{\circ}$	Пашня			Сенокосы и пастбища			Площадь лесопосадок, всего тыс.га
	Площадь пашни, тыс.га	Расстояние между лесными полосами, м	Площадь лесопосадок, тыс.га	Площади, тыс.га	Расстояние между лесными полосами, м	Площадь лесопосадок, тыс.га	
2-5	21000	400	1050	-	-	-	1050
5-7	1500	400	75	-	-	-	75
7-10	400	150	54	}16000	}200	}1600	}1654
> 10	100	Залужение + 200	10				
Сумма	23000	-	1189	16000	-	1600	2779

Представленные в таблице 3.8 данные свидетельствуют о том, что для снижения смыва почвы до допустимых пределов (1,5 т/га в год) часть пахотных земель с уклонами  $> 7^{\circ}$  в Северном, Северо-Западном, Западно-Сибирском, Восточно-Сибирском и Дальневосточном экономических районах на общей площади примерно 0,1 млн.га необходимо дополнительно трансформировать в сенокосы (залужить).

3. Снижение интенсивности дефляции почв. Для снижения дефляции почв специальных мероприятий не предусматривается; агротехнические и агролесотехнические мероприятия позволят снизить вынос почвы на 40-50%.

4. Регулирование кислотно-щелочных условий почв. Предусматривается за счет известкования кислых почв на площади 58 млн.га, гипсования и мелиоративной обработки солонцовых почв на площади 22,9 млн.га.

5. Улучшение питательного режима почв за счет внесения минеральных удобрений дозами до 250 кг/га и органических удобрений – 5,5 т/га в год.

6. Реконструкция и восстановление существующих оросительных и осушительных систем на площади 9500 тыс.га, в том числе 4984 тыс.га на оросительных и 4516 тыс.га на осушительных системах и использование их для производства кормов для животноводства.

7. Строительство новых оросительных и осушительных систем на площади 380 тыс.га, в том числе 200 тыс.га оросительных и 180 тыс га осушительных систем.

8. Лесовосстановление на площади 27 млн.га.

9. Использование многолетних трав на богарных землях в качестве сидеральных удобрений с целью регулирования запасов органического вещества в почвах и уменьшения степени нарушения биологического круговорота. За критерий степени восстановления биологического круговорота принят «нулевой» баланс гумуса в почвах. При оценке изменения запасов органического вещества в почве учитывается внесение навоза, сидеральные удобрения и оставленной на полях всей побочной продукции в виде соломы, ботвы и др. Средние дозы навоза составляют 5,5 т/га в год, объем побочной продукции – 0,4 -0,5 от современной продуктивности сельскохозяйственных угодий. Объем зеленых (сидеральных) удобрений определен исходя их следующих условий:

1. Орошаемые и осушаемые земли на площади 9880 тыс.га используются для производства кормов.



2. Урожайность кормов на орошаемых и осушаемых землях принята равной потенциальной продуктивности.

3. Многолетние травы на части (около 70 %) не мелиорированных пахотных земель запахиваются и используются в качестве сидератов.

Изменение запасов гумуса в почвах при коэффициенте гумификации растительных остатков и навоза равном 5 % представлено в таблице 3.9.

Таблица 3.9

### Изменение запасов гумуса в почвах по экономическим районам

Экономический район	Северный	Северо-Западный	Центральный	Волго-Вятский	Центрально-Черноземный	Поволжский	Северо-Кавказский	Уральский	Западно-Сибирский	Восточно-Сибирский	Дальневосточный
Изменение запасов гумуса, т/га в год	0	-0,11	-0,23	-0,14	-0,35	-0,26	-0,70	-0,10	-0,50	-0,66	-0,36

### 3.5.2. Результаты прогнозных расчетов

Выполненные прогнозные расчеты показывают, что реализация системы мероприятий по 3 варианту развития сельскохозяйственного производства дает возможность в значительной степени решить экологические проблемы (регулирование биологического и геологического круговоротов агроландшафтов), повысить продуктивность и стабильность сельскохозяйственного производства. Комплекс агрохимических, агротехнических, агролесотехнических и гидротехнических мелиораций позволяет обеспечить:

- существенное снижение сработки запасов гумуса в почвах;
- улучшение питательного режима и физико-химических свойств почв;

- расширенное воспроизводство плодородия почв; увеличение плодородия почв в среднем составляет 11 % (11-21 % в гумидной зоне и 4-7 % - в засушливых зонах);
- увеличение продуктивности агроландшафтов в 1,6 раза по сравнению с современными условиями;
- повышение экологической стабильности агроландшафтов и эколого-геохимической устойчивости почв и снижение влияния техногенных загрязнений на состояние сельскохозяйственных угодий;
- повышение степени использования биоклиматического потенциала до 76 %, то есть в 1,7 раза по сравнению с существующим. Таблицы 3.10 и 3.11.

Таблица 3.10

**Осредненные характеристики преобладающих типов почв по экономическим районам на уровне 2000 и 2010 гг.  
(3 вариант)**

Экономический район	Запасы гумуса в почвах, т/га	Состав гумуса, G <sub>r</sub> /G <sub>ф</sub>	Содержание элементов минерального питания			Гидролитическая кислотность Н <sub>р</sub> , мг-экв/100 г	Индекс (плодородие) почв, в баллах	Изменение индекса, %
			N	P	K			
Северный	43	0,35	0,15	0,15	0,33	5,9	3,37	+ 21
	43	0,42	0,23	0,22	0,37	5,7	4,08	
Северо-Западный	61	0,62	0,16	0,14	0,334	5,1	3,88	+ 16
	60	0,68	0,23	0,21	0,38	4,9	4,49	
Центральный	121	0,98	0,38	0,17	0,45	4,0	5,83	+ 13
	118	1,05	0,46	0,24	0,49	3,8	6,57	
Волго-Вятский	140	0,91	0,34	0,15	0,45	4,2	5,58	+ 11
	138	0,95	0,42	0,21	0,49	4,0	6,22	
Центрально-Черноземный	488	1,54	0,74	0,29	0,86	2,3	12,2	+ 6
	484	1,57	0,82	0,36	0,91	2,2	13,0	
Поволжский	383	1,60	0,75	0,36	0,85	2,0	12,1	+ 7
	379	1,67	0,85	0,44	0,91	1,9	12,95	
Северо-Кавказский	585	1,94	0,93	0,36	0,94	1,1	15,6	+ 4
	577	1,97	1,0	0,46	1,0	1,0	16,28	
Уральский	237	1,11	0,39	0,18	0,51	3,6	7,10	+ 11
	235	1,18	0,48	0,25	0,56	3,4	7,91	
Западно-Сибирский	185	1,74	0,71	0,31	0,81	1,9	10,5	+ 7
	179	1,80	0,80	0,38	0,87	1,8	10,93	
Восточно-Сибирский	83	0,85	0,27	0,15	0,32	4,4	4,7	+ 11
	76	0,91	0,33	0,21	0,35	4,2	5,24	
Дальневосточный	70	1,18	0,37	0,15	0,40	3,4	5,6	+ 13
	66	1,24	0,44	0,21	0,43	3,2	6,32	

**Изменение экологических условий агроландшафтов  
(3 вариант)**

Экономический район	К <sub>с</sub>	Эколого-геохимическая устойчивость почв		Изменение продуктивности с/х угодий, %	Изменение ППК почв, %	Полнота использования биоклиматического потенциала, %	Коэффициент вариации урожая, %
		К <sub>рН</sub>	К <sub>тМ</sub>				
Северный	0,42	повышается в среднем на 15-20 %		в среднем 160	в среднем 99	в среднем 76	в среднем 12
Северо-Западный	0,49						
Центральный	0,49						
Волго-Вятский	0,51						
Центрально-Черноземный	0,41						
Поволжский	0,42						
Северо-Кавказский	0,42						
Уральский	0,46						
Западно-Сибирский	0,60						
Восточно-Сибирский	0,40						
Дальневосточный	0,51						

Вместе с тем, комплекс предусмотренных мероприятий не обеспечивает регулирование биологического круговорота; степень его регулирования не соответствует принятому критерию – «нулевому» балансу гумуса, что не позволяет полностью решить проблему стабильности сельскохозяйственного производства. Коэффициент вариации продуктивности агроландшафтов, хотя и снижается по сравнению со 2 вариантом, но все-таки остается достаточно высоким (12 %).

**3.6. 4 вариант. Развитие сельскохозяйственного производства при условии выполнения комплекса агротехнических, агрохимических, агролесотехнических мелиораций на всей площади сельскохозяйственных угодий (за исключением оленьих пастбищ), а также реконструкции существующих оросительных и осушительных систем, обеспечивающих в целом получение необходимого объема кормов для животноводства.**

#### **3.6.1. Исходные данные**

Этот вариант предусматривает осуществление того же комплекса агрохимических, агротехнических и агролесотехнических мелиораций, что и в 3 варианте. Различие заключается в дальнейшем развитии гидротехнических мелиораций (орошение и осушение земель). Основная задача дальнейшего развития орошения и осушения земель заключается, как было отмечено выше (2 глава), в производстве необходимого объема грубых и сочных кормов для животноводства и возможности регулирования баланса органического вещества на мелиорированных землях за счет запашки посевов многолетних трав и использования их в качестве сидеральных удобрений. Конечной целью развития гидротехнических мелиораций является решение проблемы «нулевого» баланса гумуса в почвах.

Расчет необходимых площадей орошаемых и осушаемых земель проводился с учетом следующих условий [89]:

- расход кормов на одну условную голову крупного рогатого скота – 29 ц к.е. в год, из которых грубые и сочные корма составляют 60 %;
- численность поголовья скота и птицы в пересчете на одну условную голову крупного рогатого скота по экономическим районам принимается на уровне 1994 г.;

- продуктивность орошаемых и осушаемых земель при выращивании кормов принимается равной потенциальной продуктивности. Требуемые площади орошения и осушения земель по экономическим районам приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12

**Перспективные площади орошения и осушения земель на 2010 г.  
(тыс.га)**

Экономический район	Потребные площади орошаемых и осушаемых земель	Существующие площади орошаемых и осушаемых земель	Площади вновь вводимых орошаемых и осушаемых земель
Северный	480	473	7
Северо-Западный	415	807	-
Центральный	2040	1704	336
Волго-Вятский	960	481	479
Центрально-Черноземный	1150	358	792
Поволжский	1980	1288	692
Северо-Кавказский	1660	1812	-
Уральский	2330	536	1794
Западно-Сибирский	2020	507	1513
Восточно-Сибирский	1310	577	733
Дальневосточный	470	792	-
<b>ВСЕГО</b>	<b>14815</b>	<b>9335</b>	<b>6346</b>

### 3.6.2. Результаты прогнозных расчетов

Выполненные расчеты показывают, что реализация системы мероприятий по 4 варианту развития сельскохозяйственного производства дает возможность решить в основном экологические проблемы (обеспечение критериев регулирования биологического и геологического круговоротов) и повысить продуктивность и, главным образом, стабильность сельскохозяйственного производства, в том числе:

- обеспечить «нулевой» баланс гумуса в почвах;
- улучшить питательный режим и физико-химические свойства почв;
- обеспечить расширенное воспроизводство плодородия почв; увеличение плодородия почв в среднем составит 12 % (12 - 21% гумидной и 5 – 8% в засушливой зонах);

- увеличить продуктивность агроландшафтов в 1,7 раза по сравнению с современными условиями;
  - повысить экологическую стабильность агроландшафтов и эколого-геохимическую устойчивость почв и снизить влияние техногенных загрязнений на состояние сельскохозяйственных угодий;
  - повысить степень использования биоклиматического потенциала до 81 %.
- Таблицы 3.13 и 3.14.

Таблица 3.13

**Осредненные характеристики преобладающих типов почв по экономическим районам на уровне 2000 и 2010 гг.  
(4 вариант)**

Экономический район	Запасы гумуса в почвах, т/га	Состав гумуса, G <sub>r</sub> / G <sub>ф</sub>	Содержание элементов минерального питания			Гидролитическая кислотность Н <sub>г</sub> , мг-экв/100г	Индекс (плодородие) почв в баллах	Изменение индекса почв, %
			N	P	K			
Северный	43	0,35	0,15	0,15	0,33	5,9	3,37	+ 22
	43	0,42	0,23	0,22	0,37	5,7	4,08	
Северо-Западный	61	0,62	0,16	0,14	0,34	5,1	3,88	+ 19
	61	0,68	0,24	0,21	0,38	4,9	4,58	
Центральный	121	0,98	0,38	0,17	0,45	4,0	5,83	+ 14
	121	1,05	0,47	0,24	0,50	3,8	6,58	
Волго-Вятский	140	0,91	0,34	0,15	0,45	4,2	5,58	+ 12
	140	0,95	0,42	0,21	0,49	4,0	6,24	
Центрально-Черноземный	488	1,54	0,74	0,29	0,86	2,3	12,2	+ 7
	488	1,57	0,83	0,36	0,92	2,2	13,0	
Поволжский	583	1,60	0,75	0,36	0,85	2,0	12,1	+ 8
	382	1,67	0,86	0,44	0,95	1,9	13,1	
Северо-Кавказский	585	1,94	0,93	0,36	0,94	1,1	15,6	+ 5
	583	1,97	1,0	0,46	1,0	1,0	16,34	
Уральский	237	1,11	0,39	0,18	0,51	3,6	7,1	+ 12
	236	1,18	0,48	0,25	0,57	3,4	7,94	
Западно-Сибирский	185	1,74	0,71	0,31	0,81	1,9	10,5	+ 8
	184	1,80	0,82	0,39	0,89	1,8	11,4	
Восточно-Сибирский	83	0,85	0,27	0,15	0,32	4,4	4,7	+ 16
	82	0,91	0,35	0,22	0,37	4,2	5,46	
Дальневосточный	70	1,18	0,37	0,15	0,40	3,4	5,6	+ 16
	70	1,24	0,46	0,22	0,45	3,2	6,52	

**Изменение экологических условий агроландшафтов  
(4 вариант)**

Экономический район	K <sub>c</sub>	Эколого-геохимическая устойчивость почв		Изменение продуктивности с/х угодий, %	Изменение ППК, %	Полнота использования биоклиматического потенциала, %	Коэффициент вариации урожаев, %
		K pH	K тм				
Северный	0,42	повышение в среднем на 20-25 %		в среднем 170	в среднем 100	в среднем 81	в среднем 5
Северо-Западный	0,49						
Центральный	0,50						
Волго-Вятский	0,52						
Центрально-Черноземный	0,44						
Поволжский	0,44						
Северо-Кавказский	0,42						
Уральский	0,47						
Западно-Сибирский	0,62						
Восточно-Сибирский	0,43						
Дальневосточный	0,51						

Самым же главным достоинством рассматриваемого варианта является резкое увеличение стабильности сельскохозяйственного производства; коэффициент вариации урожаев будет не более 5 %. Таблица 3.14.

Усиление химизации сельскохозяйственного производства (увеличение доз минеральных удобрений до 350 кг/га – варианты 3-а и 4-а), как показали расчеты, увеличивает продуктивность агроландшафтов приблизительно на 5%, но практически не влияет на увеличение стабильности сельскохозяйственного производства. Кроме того, в этих вариантах возрастают ущербы природной среде, связанные с загрязнением почв и водных ресурсов. Этот важный вывод подтверждается многочисленными исследованиями; эффективность использования NPK максимальна при дозах удобрений около 250 кг/га. [1, 71].

В связи с этим варианты с увеличенными дозами минеральных удобрений (до 350 кг/га) в дальнейшем не рассматриваются.

В заключение отметим, что попытка обоснования путей решения сложной проблемы улучшения состояния агроландшафтов и стабилизации сельскохозяйственного производства выявила многообразие не менее сложных взаимозависимостей, так или иначе связанных с экологическими и социально-экономическими вопросами. И эти проблемы могут быть решены только при условии отказа от традиционных ведомственных подходов (увеличение производства сельскохозяйственной продукции при минимальных затратах) во имя общей цели – улучшения экологического состояния и устойчивости агроландшафтов и на этой основе интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства. Иными словами, при решении проблем развития сельскохозяйственного производства на перспективу и выводом его из кризисного состояния необходимо соотносить требования обеспечения продовольственной безопасности с требованиями экологической безопасности страны. Эти две проблемы настолько тесно переплетены между собой, что необходимо одновременно воздействовать на все элементы агроландшафтов и агротехнологий, чтобы получить положительный результат.

Выполненные прогнозные расчеты по вариантам, несмотря на их несовершенство, показали, что применение агрохимических, агротехнических и агролесотехнических мелиораций (3 вариант) позволяют обеспечить наиболее эффективное использование ресурсов естественного увлажнения (атмосферных осадков), обеспечить требуемое регулирование соотношения баланса поверхностных и почвенных вод, кислотно-щелочных условий почв, предупредить развитие водной эрозии, подкисление и дефляцию почв. Как следствие обеспечивается воспроизводство плодородия почв и повышение продуктивности агроландшафтов.

Вместе с тем, реализация всех этих мелиораций не позволяет решить одну из наиболее важных экологических проблем агроландшафтов – регулирование биологического круговорота, критерием которого является



создание «нулевого» баланса гумуса в почвах, а значит, и обеспечить экологическую стабильность сельскохозяйственного производства. При этом создание «нулевого» баланса гумуса не является самоцелью, оно необходимо не столько для повышения плодородия почв, сколько для стабилизации сельскохозяйственного производства.

Решение проблемы стабилизации сельскохозяйственного производства может и должно быть обеспечено за счет развития гидротехнических мелиораций. Однако для этого необходимо отказаться от сложившейся годами традиционной практики обоснования масштабов, размещения и использования орошаемых и осушаемых земель. Известно, что наиболее отзывчивыми на гидротехнические мелиорации являются кормовые культуры; 1 га орошаемых и осушаемых земель по объему производства кормов эквивалентен 3-5 га богарных земель. Поэтому орошаемые и осушаемые земли необходимо использовать не для производства сельскохозяйственной продукции вообще и решения продовольственной проблемы, а для решения конкретной задачи – производства кормов для животноводства. Это, конечно, не означает, что орошаемые и осушаемые земли не следует использовать для выращивания овощей, риса и других культур, но это отдельная проблема и для ее решения не требуется больших площадей.

Получение необходимого количества кормов для животноводства на орошаемых и осушаемых землях позволит решить проблему восстановления биологического круговорота органического вещества на богарных землях за счет запашки и использования в качестве сидеральных удобрений посевов многолетних трав, входящих в структуру севооборотов. При общей биомассе многолетних трав 40-60 т/га и 8-польных севооборотах увеличение запасов органического вещества в почвах составит 5,0-7,5 т/га в год, что наряду с комплексом «сухих» мелиораций обеспечит требуемое увеличение запасов органического вещества в почвах (в 2-3 раза).

Следует, однако, отметить, что увеличение запасов органического вещества в почвах вовсе не означает расширенного воспроизводства запасов

почвенного гумуса. Расчеты показывают, что в лучшем случае будет создан «нулевой» баланс гумуса в почвах.

Анализ баланса кормов для животноводства показывает, что в современных условиях дефицит их составляет в целом по России приблизительно 45 %, а по отдельным экономическим районам от 20 до 70 % - [89]. Следовательно, развитие гидротехнических мелиораций требуется практически во всех экономических районах. При этом масштабы, техника и технология орошения и осушения земель должны определяться производством необходимого объема кормов для животноводства и особенностью почвенно-климатических и экологических условий экономических районов.

Учитывая, что затраты ресурсов и эффективность системы мероприятий по вариантам существенно различаются, выбор наиболее приемлемого варианта развития сельскохозяйственного производства и ранжирование различных мероприятий по их важности необходимо проводить с учетом эколого-экономической эффективности.

## 4. Оценка эколого-экономической эффективности различных вариантов развития комплексных мелиораций

### 4.1. Методика оценки эколого-экономической эффективности

Реализация любого инвестиционного проекта, в том числе и в области сельского хозяйства, включает управление денежными потоками, отражающими динамику необходимых затрат и получение определенных результатов. Причем результаты реализации инвестиционных проектов в области использования природных ресурсов связаны не только с получением эффекта, но и с определенными ущербами природной среде. Поэтому в качестве показателя эколого-экономической эффективности и реализации рассматриваемых вариантов развития сельскохозяйственного производства в работе использован чистый дисконтированный доход (Net, Present Value)  $NPV$  [51, 58, 66, 68]. В работе рассматривается формирование обобщенного показателя эффективности ( $NPV$ ) на основании анализа изменения суммарного денежного потока на всем протяжении реализации инвестиционного проекта. Величина чистого дисконтированного дохода определяется как [58, 66, 68].

$$NPV = \sum_1^T (\mathcal{E}_\phi - \mathcal{Z})(1 + E_n)^{-t} - K, \quad (4.1)$$

где:  $NPV$  – чистый дисконтированный доход, руб/га;  $\mathcal{E}_\phi$  – эффект, получаемый в результате реализации проекта, руб/га;

$$\mathcal{E}_\phi = \mathcal{E}_{c/x} + \mathcal{E}_s^* + \mathcal{E}_e + \mathcal{E}_y, \quad (4.2)$$

$\mathcal{E}_{c/x}$  – эффект в виде прироста стоимости производимой сельскохозяйственной продукции, руб/га;  $\mathcal{E}_s^*$  – предотвращенный экологический ущерб или экологический ущерб, связанный с изменением плодородия почв, руб/га;  $\mathcal{E}_e$  – эффект от изменения степени загрязнения водных ресурсов в результате реализации комплексных мелиораций, руб/га;  $\mathcal{E}_y$  – предотвращенный

экологический ущерб в связи с увеличением стабильности сельскохозяйственного производства (снижение коэффициента вариации урожаев), руб/га;  $Z$  – прирост ежегодных затрат, руб/га;

$$Z = Z_{c/x} + Z_m, \quad (4.3)$$

$Z_{c/x}$  – прирост ежегодных затрат на производство сельскохозяйственной продукции, руб/га;  $Z_m$  – прирост ежегодных затрат на эксплуатацию и содержание мелиоративных систем, руб/га;  $E_n$  – годовая процентная ставка, %;  $T$  – расчетный период, годы;  $K$  – капитальные вложения, руб/га.

Все расчеты выполняются для одного структурного гектара сельскохозяйственных угодий при следующем составе культур: зерновые – 54 %, технические – 3 %, овощи и картофель – 5 %, кормовые культуры – 38 % [89].

Стоимость сельскохозяйственной продукции по вариантам определяется в зависимости от урожайности возделываемых культур и средних цен на реализацию сельскохозяйственной продукции. В соответствии с данными статистического сборника «Цены в России» [88], средняя стоимость сельскохозяйственной продукции составляет : для зерновых культур – 1390 руб/т; технических – 2300 руб/т; овощей и картофеля – 5020 руб/т; кормовые культуры – 300 руб/т.

Предотвращенный экологический ущерб, связанный с повышением плодородия почв ( $\mathcal{E}_s^n$ ) определяется по формуле [66]:

$$\mathcal{E}_s^n = V_{y0}^n \times \Delta S \times K_n, \quad (4.4)$$

где:  $\mathcal{E}_s^n$  – величина предотвращенного экологического ущерба, руб/га;  $V_{y0}^n$  – показатель удельного экологического ущерба почвам, руб/га [66];  $\Delta S$  – увеличение плодородия почв в результате реализации всех мероприятий, в долях от единицы (таблицы 3.2; 3.5; 3.10; 3.13);  $K_n$  – коэффициент природно-хозяйственной значимости почв, руб/га.

Предотвращенный экологический ущерб от загрязнения водных ресурсов определяется по формуле [66]:

$$\mathcal{E}_3^e = \sum_1^n (V_{y0}^e \times \sum \Delta M) \times K_{3e}, \quad (4.5)$$

где:  $\mathcal{E}_3^e$  - величина предотвращенного экологического ущерба водным ресурсам, связанного с уменьшением смыва почвы в результате осуществления агротехнических и агролесотехнических мероприятий, руб/га;  $V_{y0}^e$  - показатель удельного ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам по водным бассейнам, руб/усл.т;  $\Delta M$  - приведенная масса загрязненных веществ, не поступивших в водный источник в результате реализации мероприятий по вариантам, усл.т;  $\Delta M = M_0 - M_1$ ;  $M_0$  и  $M_1$  - поступление загрязненных веществ до и после осуществления мероприятий, усл.т,  $M_0 = m_0 \times K_{3e}$ ;  $M_1 = m_1 \times K_{3e}$ ;  $m_0$  и  $m_1$  - фактическая масса загрязнений, тонны;  $K_{3e}$  - коэффициент относительной эколого-экономической опасности для каждого загрязняющего вещества.

Ежегодные затраты на производство сельскохозяйственной продукции и эксплуатацию мелиоративных систем принимаются по данным [55].

Экологические ущербы природной среде, связанные со снижением плодородия почв в первом варианте, определяются по формуле (4.4).

Сложнее обстоит дело с оценкой ущербов, связанных со снижением вариабельности урожаев по годам. Эти ущербы характеризуют степень стабильности сельскохозяйственного производства и определяются как затраты на создание инфраструктуры, связанной с хранением и переработкой дополнительной сельскохозяйственной продукции. Величина этих затрат зависит от коэффициента вариации урожаев (объема сельскохозяйственной продукции –  $C_V$ ) и затрат на ее хранение и переработку (зерно, подсолнечник, сахарная свекла) и составляет для зерновых – 1500 руб/т, для овощей и технических культур – 6000 руб/т [68, 72, 80, 85, 90, 104].

Годовая процентная ставка ( $E_n$ ) принята в работе равной 0,07.

Капитальные вложения в реализацию комплекса агрохимических, агротехнических, агролесотехнических и гидротехнических мелиораций принимаются по данным [55].

Все расчеты выполнены в ценах 1999 г.

#### **4.2. Результаты оценки эколого-экономической эффективности различных вариантов развития комплексных мелиораций**

Результаты выполненных расчетов позволили выяснить общие закономерности, имеющие большое значение для решения проблемы улучшения экологического состояния агроландшафтов, интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства.

Эффективность социально-экономических и экологических последствий реализации рассмотренных в работе вариантов развития комплексных мелиораций оценивались по степени снижения экологического ущерба, наносимого природной среде, и социально-экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Отсутствие детальных методов оценки негативного влияния хозяйственной деятельности на здоровье населения предопределило тот факт, что оценка эффективности рассмотренных вариантов производилась только в отношении наиболее значимых экологических и экономических результатов – предотвращение снижения плодородия почв, загрязнения водных ресурсов, повышения интенсивности и стабильности сельскохозяйственного производства. В качестве экологической эффективности в работе рассмотрены в первую очередь изменение плодородия почв и экологическая эффективность инвестиций в комплексные мелиорации. Полученные результаты показывают, что наибольшая эффективность (или ущерб) характерны для гумидной зоны при значениях индекса сухости Будыко  $\bar{R} < 1-1,2$ , что связано с низкой эколого-

геохимической устойчивостью почв к техногенным воздействиям и, как следствие, низкой их буферностью. Рис. 4.1.

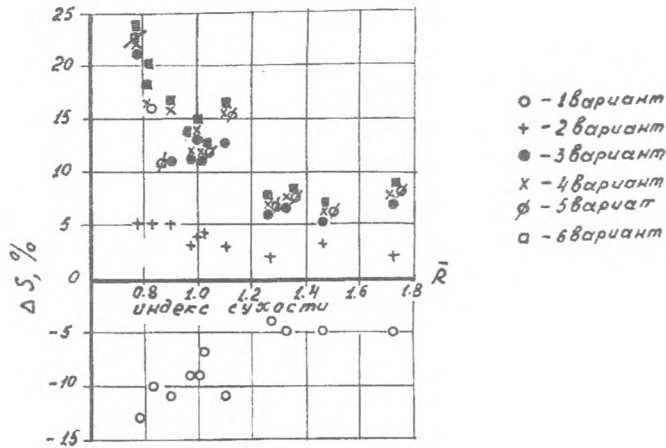


Рис.4.1. Изменение плодородия почв (%) по вариантам в зависимости от индекса сухости Будыко

Наибольшие ущербы почвенному плодородию в первом варианте отмечаются в Северном, Северо-Западном, Восточно-Сибирском и Дальневосточном экономических районах, которые характеризуются широким распространением кислых почв (см. таблицу 2.15).

Экологическая эффективность от реализации Федеральной Целевой Программы «Плодородие» (2 вариант) не велика и более или менее равномерна по экономическим районам, что и следовало ожидать, поскольку «Программа» ставила своей основной целью повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий, а не решение экологических проблем.

Экологическая эффективность реализации системы комплексных мелиораций, включающих агротехнические, агрохимические,

агролесотехнические и гидротехнические мелиорации (3 и 4 варианты) резко возрастает по сравнению со 2 вариантом, что является следствием ликвидации или максимального снижения интенсивности таких деградационных процессов как водная эрозия, подкисление почв, сработка запасов гумуса и ликвидация дефицита элементов минерального питания.

Для всех рассмотренных вариантов развития комплексных мелиораций характерна общая закономерность снижения экологической эффективности инвестиций с увеличением индекса сухости Будыко ( $\bar{R}$ ) в пределах от 0,79 до 1,72. Рис. 4.2.

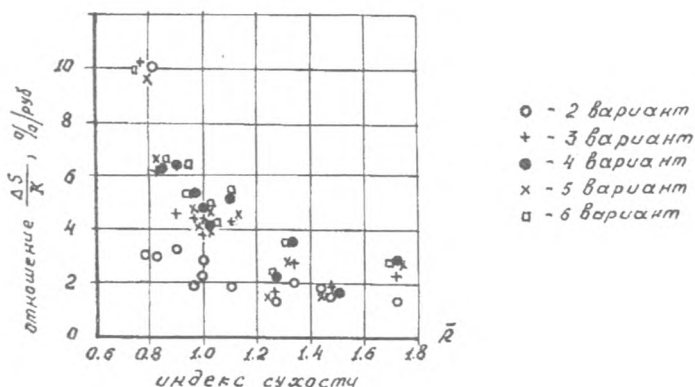


Рис. 4.2. Экологическая эффективность инвестиций

в комплексные мелиорации в зависимости от индекса сухости Будыко

Это обстоятельство является очень важным с точки зрения эффективности осуществления комплексных мелиораций по различным экономическим районам.

В качестве показателя экологической эффективности инвестиции в развитие комплексных мелиораций в работе использовано отношение  $\frac{\Delta S}{K}$  (где  $\Delta S$  - изменение плодородия почв,%;  $K$  – капитальные вложения, руб/га), то есть эффективность увеличения плодородия почв, выраженную в натуральных единицах, на единицу инвестиции.



Как видно из рисунка, здесь наблюдается та же закономерность, что и на рис. 4.1 – с увеличением значений  $\bar{R}$  (в пределах 0,79 – 1,72) экологическая эффективность инвестиций снижается. Полученные данные позволяют говорить о приоритетах как по отношению к различным вариантам, так и очередности их реализации по отдельным экономическим районам.

Не менее важным показателем, характеризующим экологическую эффективность комплексных мелиораций, является снижение ущерба водным ресурсам за счет смыва загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий. Рис. 4.3. Анализ результатов экологической эффективности инвестиций показывает достаточно тесную связь величины удельного ущерба водным ресурсам со степенью распашки территории.

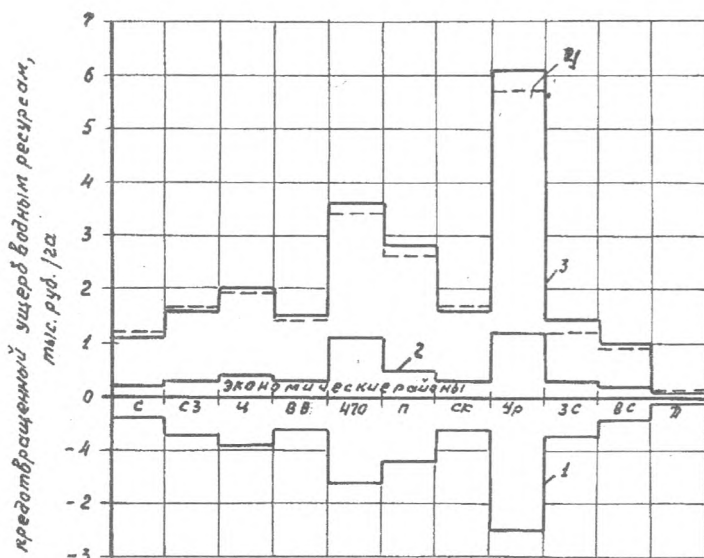


Рис.4.3. Предотвращенный ущерб водным ресурсам по экономическим районам и вариантам  
1- 1 вариант; 2 – 2 вариант; 3 – 3 вариант; 4 – 4 вариант

Основную роль в снижении интенсивности водной эрозии почв играют агротехнические мелиорации. Экологическая эффективность инвестиций в агротехнические мелиорации составляет 7 – 37 руб/руб затрат. Рис. 4.4. Первоочередными объектами применения агротехнических мелиораций являются Поволжский и Центрально-Черноземный экономические районы.

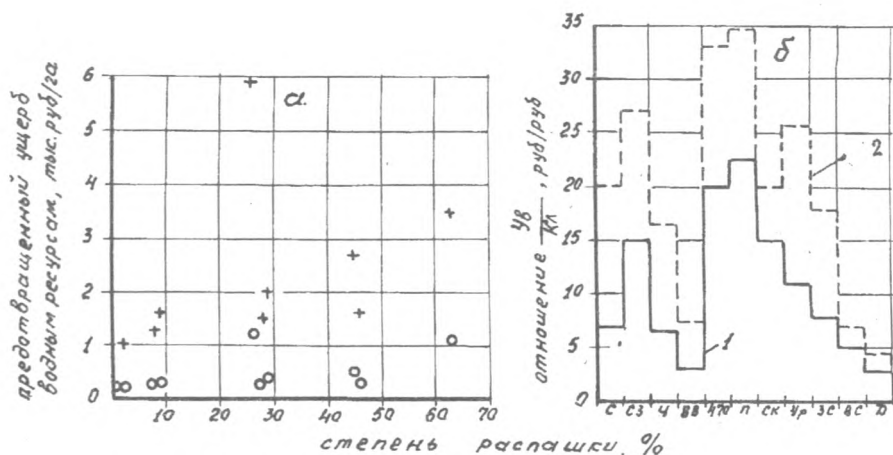


Рис.4.4. Эффективность лесотехнических мелиораций

- а. Предотвращенный ущерб водным ресурсам в зависимости от степени распашки  
 о 2 – вариант; в и 4 варианты
- б. Экологическая эффективность инвестиций в агротехнические мелиорации  
 1-2 вариант; 2-3 и 4 варианты

Обращает на себя внимание тот факт, что экологическая эффективность инвестиций во втором варианте (ФЦП «Плодородие») очень низка. Это связано с тем, что основная цель Программы «Плодородие» заключалась в повышении интенсивности сельскохозяйственного производства, а не в улучшении экологического состояния агроландшафтов и стабилизации производства. Коэффициент вариации урожайности сельскохозяйственных культур в результате реализации Программы изменяется очень незначительно по сравнению с существующим и составляет 0,25 (см. таблицу 3.3).

В качестве показателей экономической эффективности различных вариантов развития комплексных мелиораций в работе использовано два критерия: степень интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства, которые в свою очередь оцениваются по увеличению продуктивности агроландшафтов и изменению коэффициента вариации урожайности.

Сохранение существующего состояния сельскохозяйственного производства (первый вариант) будет сопровождаться снижением продуктивности агроландшафтов и сохранением высокого коэффициента вариации, то есть нестабильности сельскохозяйственного производства. (см. таблицу 3.3). Рис. 4.5.

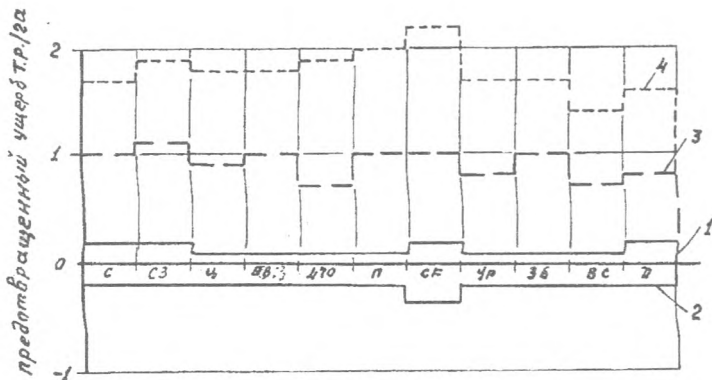


Рис. 4.5. Ущерб (2 вариант) и предотвращенный ущерб в результате изменения стабильности сельскохозяйственного производства по экономическим районам и вариантам  
1 – 1 вариант; 2 – 2 вариант; 3 – 3 вариант; 4 – 4 вариант

Реализация Федеральной Целевой Программы «Плодородие» (второй вариант) позволит увеличить продуктивность агроландшафтов, но в значительно меньшей степени, чем это было заявлено (в 1,3 раза вместо 1,5-2). Кроме того, этот вариант не обеспечивает требуемое регулирование биологического круговорота, а, следовательно, очень незначительно влияет на стабильность сельскохозяйственного производства ( $Cv = 25\%$ ). (см. таблицу 3.6) Рис.4.5.

Значительное увеличение продуктивности и стабильности сельскохозяйственного производства может быть обеспечено при реализации комплексных мелиораций по третьему варианту. В этом случае продуктивность агроландшафтов увеличится в 1,6 раза по сравнению с существующей, а коэффициент вариации снизится до 12 %. (см. таблицу 3.11) Рис.4.5.

Дальнейшее развитие гидротехнических мелиораций и увеличение площадей орошаемых и осушаемых земель с 9,8 млн.га до 14,8 млн га позволяет не только увеличить продуктивность агроландшафтов, но, что гораздо важнее, обеспечить требуемое регулирование биологического круговорота ( $\Delta G = 0$ , где  $\Delta G$  – сработка запасов гумуса) и резко повысить стабильность сельскохозяйственного производства; коэффициент вариации урожайности снижается до 5 %. (см. таблицу 3.14) Рис. 4.5.

Усиление химизации (5 и 6 варианты) за счет внесения минеральных удобрений дозами 350 кг/га позволяет увеличить продуктивность приблизительно на 5 % по сравнению с 3 и 4 вариантами и практически не влияет на стабильность сельскохозяйственного производства. Этот важный вывод подтверждается многочисленными исследованиями; эффективность использования *НРК* максимальна при дозах удобрений 200-250 кг/га. [1, 71].

Изменение продуктивности сельскохозяйственных угодий и прирост выручки от реализации сельскохозяйственной продукции по вариантам и экономическим районам приведен на рис. 4.6 и 4.7. Прирост выручки увеличивается от гумидной ( $\bar{R} \leq 1,0$ ) к засушливой зоне ( $\bar{R} > 1,0$ ).

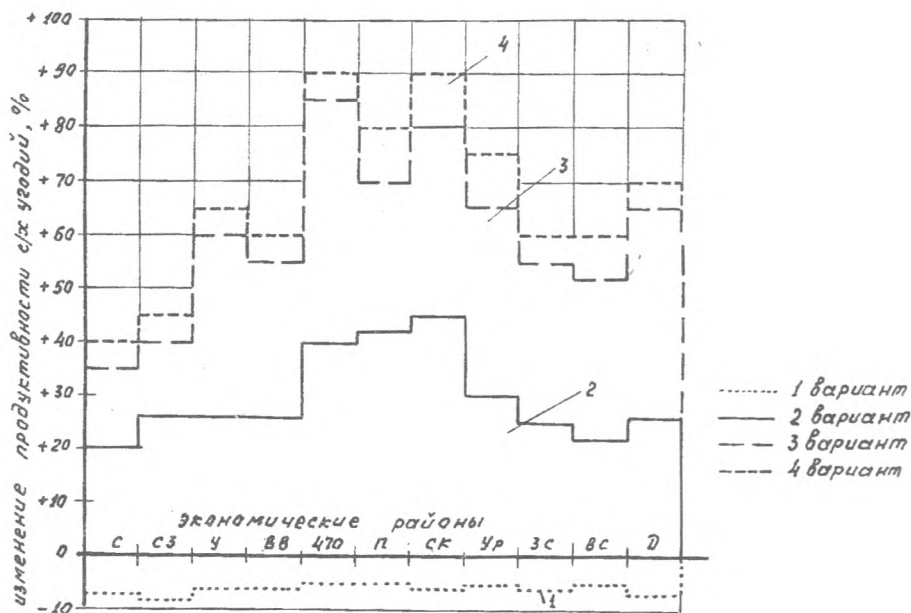


Рис.4.6. Изменение продуктивности сельскохозяйственных угодий по вариантам и экономическим районам

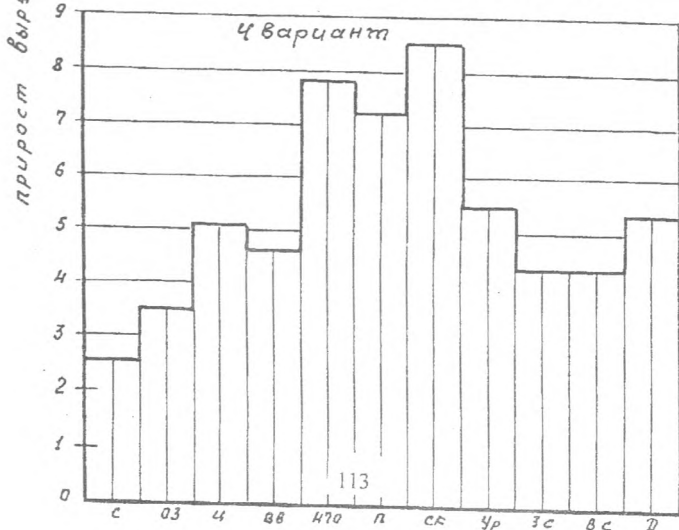
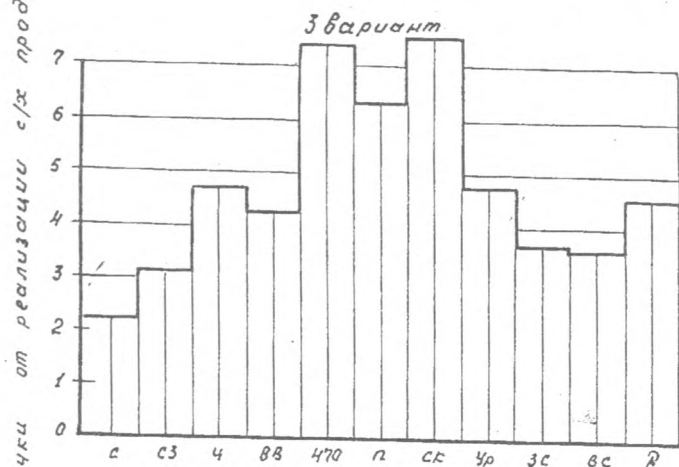
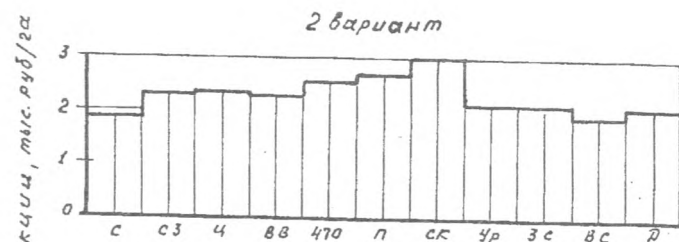
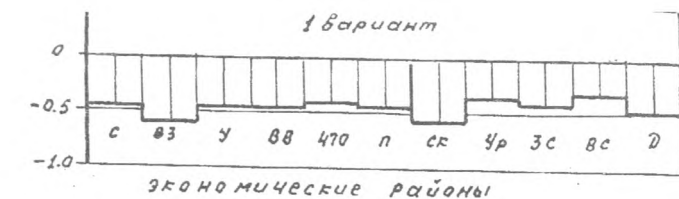


Рис. 4.7. Прирост выручки от реализации сельскохозяйственной продукции по вариантам и экономическим районам

Экономическая эффективность инвестиций с точки зрения производства сельскохозяйственной продукции оценивается приростом выручки на единицу капитальных вложений ( $\frac{\Delta\Pi}{K}$ ), где  $\Delta\Pi$  - прирост выручки, руб./га. Рис.4.8.

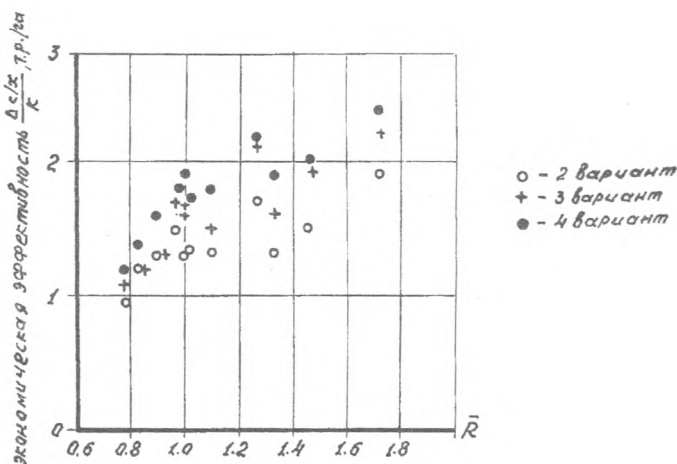


Рис. 4.8. Экономическая эффективность инвестиций в сельскохозяйственное производство в зависимости от индекса сухости Будыко

Отношение  $\Delta\Pi/K$ , то есть эффективность инвестиций с точки зрения интенсификации сельскохозяйственного производства, увеличивается от гумидной к степной и сухостепной зонам.

Обращает на себя внимание тот факт, что экологическая и экономическая оценки эффективности комплексных мелиораций по одним и тем же экономическим районам не совпадают. Экологическая эффективность комплексных мелиораций снижается от гумидной к степной и сухостепной зонам, в то время как экономическая эффективность возрастает в том же направлении. Рис. 4.2 и 4.8.

Такое соотношение становится понятным, если учесть экологическую стабильность агроландшафтов, эколого-геохимическую устойчивость и буферность почв к техногенным воздействиям и величины ФАР.

Для оценки стабильности сельскохозяйственного производства в работе использована вариабильность урожайности по годам ( $C_V$ ). Величина коэффициента вариации ( $C_V$ ) зависит от степени регулирования биологического круговорота (величины сработки средних запасов гумуса) и продуктивности и может быть определена с использованием выражения:

$$C_V = 0,10 + 0,22\Delta G - 0,01 \times П, \quad (4.6)$$

где:  $C_V$  – коэффициент вариации, в долях;  $\Delta G$  – величина сработки запасов гумуса, т/га в год;  $П$  – продуктивность, т/га.

Основную роль в формировании коэффициента вариации играет степень регулирования биологического круговорота, критерием которой является величина сработки запасов гумуса ( $\Delta G$ ). Минимальная величина  $C_V$  обеспечивается при  $\Delta G = 0$ ; при  $П = 0$ , величина  $C_V$  возрастает. Объясняется это тем, что случай  $П = 0$  соответствует максимальной величине  $\Delta G$ , то есть потери экологической стабильности, эколого-геохимической устойчивости и плодородия почв.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что при оценке эффективности и целесообразности применения комплексных мелиораций нельзя основываться только на экологическом или экономическом эффекте, поскольку выводы будут совершенно различны. Для объективной оценки необходимо использовать показатель интегрального эффекта в виде чистого дисконтированного дохода (ЧДД).



Величины ЧДД по экономическим районам и вариантам развития комплексных мелиораций приведены на рис. 4.9. Однако и этот показатель не дает достаточно четкого ответа на вопрос о приоритете в отношении варианта развития комплексных мелиораций.

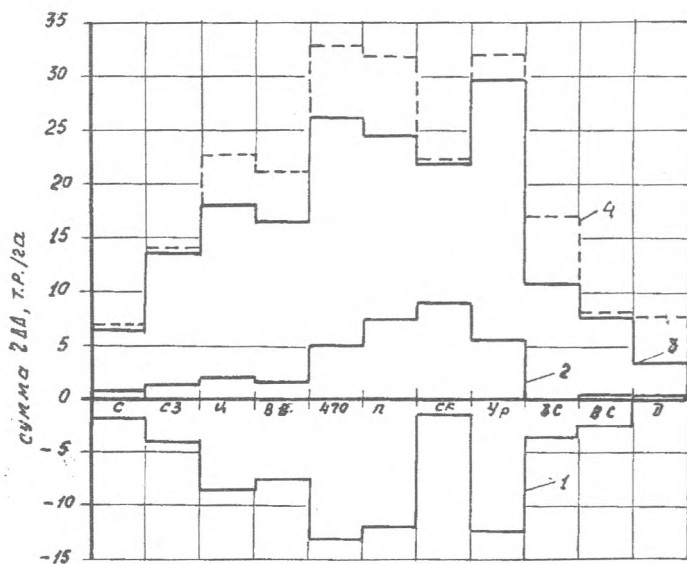


Рис.4.9. Суммы ЧДД по экономическим районам и вариантам  
1 – 1 вариант; 2 – 2 вариант; 3 – 3 вариант; 4 – 4 вариант

Для этого в работе использован показатель эколого-экономической эффективности инвестиций в комплексные мелиорации в виде отношения  $\frac{\sum ЧДД}{K}$  (где  $\sum ЧДД$  - сумма чистого дисконтированного дохода, руб/га;  $K$  - инвестиции, руб/га). Рис. 4.10.

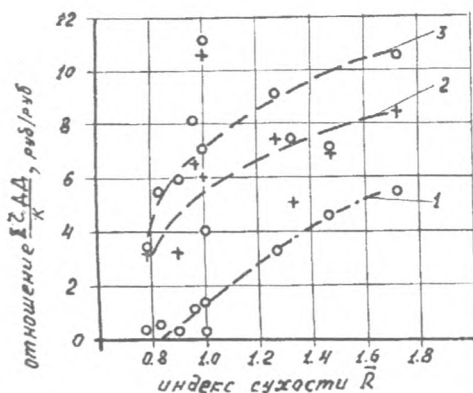


Рис. 4.10. Величина отношения  $\frac{\sum ЧДД}{K}$  в зависимости от индекса сухости Будыко  
1-2 вариант; 2-3 вариант; 3 - 4 вариант

Результаты расчетов показали, что комплексные мелиорации наиболее эффективны в степной, сухостепной и полупустынной зонах. Важным результатом исследований является то, что дальнейшее развитие гидротехнических мелиораций (орошение и осушение до 14,8 млн. га) целесообразно как с экологической, так и с экономической точек зрения в Поволжском, Центрально-Черноземном, Центральном, Волго-Вятском, Уральском, Восточно-Сибирском и Западно-Сибирском экономических районах, обладающих наиболее плодородными почвами и обеспечивающих производство более 50 % всей сельскохозяйственной продукции.

Что же касается Северо-Кавказского экономического района, где площади орошаемых земель составляют около 7 % от сельскохозяйственных угодий, то здесь дальнейшее расширение сельскохозяйственных земель не целесообразно, во-первых, потому, что имеющиеся сельскохозяйственные земли на площади 1812 тыс.га вполне достаточны для производства необходимого объема кормов для животноводства и обеспечивают использование многолетних трав на богарных землях в качестве сидеральных удобрений, то есть требуемое регулирование биологического круговорота ( $\Delta G$ ) и, во-вторых, из-за ограниченности водных ресурсов. Дополнительный отбор воды из рр. Дона, Кубани и Терека приведет к резкому ухудшению состояния Азовского моря и дельты р. Терек и соответственно к значительным ущербам рыбному хозяйству. Дальнейшее регулирование стока указанных рек не целесообразно. Таким образом, для Северо-Кавказского экономического района наиболее эффективным является третий вариант развития комплексных мелиораций, включающий применение агрохимических, агротехнических, агролесотехнических мелиораций, реконструкцию и восстановление имеющихся орошаемых земель.

В Северном, Северо-Западном и Дальневосточном экономических районах наиболее целесообразно развитие комплексных мелиораций в соответствии с третьим вариантом. Здесь наиболее эффективными являются агрохимические мелиорации (известкование кислых почв и применение минеральных удобрений), поскольку регулирование кислотно-щелочных условий и питательного режима является основным фактором улучшения состояния сельскохозяйственных угодий, интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства.

Большой интерес представляет анализ эколого-экономической эффективности комплексных мелиораций по различным вариантам и экономическим районам.

При сохранении существующего состояния в сфере АПК (первый вариант) отрицательная величина ЧДД формируется в основном за счет ухудшения экологического состояния агроландшафтов; снижения плодородия почв – 70 %, ущерб водным ресурсам – 20 %. Экономический ущерб сельскохозяйственному производству (снижение продуктивности) не превышает 10 %. Таким образом, соотношение экономических и экологических факторов, образующих ЧДД, составляет 0,11. Таблица 4.1. Это очень опасная тенденция, которая чревата потерей экологической безопасности страны.

Таблица 4.1

**Экономические и экологические составляющие ЧДД, %**

Показатели	Варианты развития комплексных мелиораций			
	1	2	3	4
Прирост выручки от реализации сельскохозяйственной продукции, %	-10	+70	+49	+46
Предотвращенный экономический ущерб в результате увеличения стабильности сельскохозяйственного производства	–	–	10	17
Экологический эффект от изменения плодородия почв	- 70	+17	+19	+20
Предотвращенный экологический ущерб водным ресурсам	-20	+13	+22	+17

При реализации Федеральной Целевой Программы «Плодородие» (второй вариант), наоборот, в формировании положительной величины ЧДД преобладают экономические факторы (увеличение продуктивности) – 70 %. Экологические составляющие ЧДД в сумме оцениваются в 30 %, в том числе 17% за счет увеличения плодородия почв и 13 % за счет снижения загрязнения водных ресурсов. Соотношение экономических и экологических составляющих ЧДД равно 2,3, что является закономерным, так как основная задача ФЦП «Плодородие» заключается в увеличении объема производства сельскохозяйственной продукции. Таблица 4.1.

При реализации третьего варианта также преобладают экономические эффекты, составляющие в сумме 59 % от величины ЧДД. Однако соотношение экономических и экологических составляющих ЧДД, значительно ниже, чем во втором варианте и равно 1,4.

В четвертом варианте, предусматривающем дальнейшее развитие гидротехнических мелиораций до 14,8 млн.га, в формировании ЧДД экономические факторы составляют 63%. Соотношение экономических и экологических составляющих ЧДД = 1,7, то есть несколько выше, чем в третьем варианте, что связано с загрязнением водных ресурсов.

Следует отметить, что по отдельным экономическим районам соотношение экономических и экологических составляющих ЧДД в третьем и четвертом вариантах меняется; так, например, в Уральском экономическом районе в формировании ЧДД по всем вариантам преобладают экологические факторы (больше 60%). Это связано с сильным загрязнением почв и соответственно высоким предотвращенным ущербом водным ресурсам в результате осуществления комплексных мелиораций.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уже к концу второго тысячеления человечество столкнулось со сложными глобальными проблемами; никогда прежде планета не подвергалась таким перегрузкам, а человек не вступал в такие противоречия с результатами своей деятельности, которая сделала его совершенно не защищенным перед природой. В определенном смысле человек оказался не подготовленным к самому факту проявления экологических проблем и, прежде всего, не подготовленным в своем сознании. Процессы осмысления возникших противоречий во многих случаях не успевают за темпами их нарастания. И очень медленно складывается понимание того, что возникшие проблемы по масштабам проявления и степени опасности для человечества не имеют

аналогов в истории и что для их решения остается все меньше времени. Наиболее тяжелое положение сложилось в сельском хозяйстве страны. Усилия, предпринимаемые отдельными ведомствами, не дают желаемого эффекта и в лучшем случае ослабляют, но не решают проблемы. Основные причины такого положения заключаются в противоречии между глобальным (региональным) характером проявления экологических и экономических проблем в сфере АПК и частными подходами к их решению.

В представленной работе приводятся материалы исследований, основанные на анализе четырех взаимосвязанных и взаимозависимых компонентов агроландшафтов (приземный слой воздуха, растительность, почвы, водные ресурсы) и использовании наиболее простых моделей. Рассмотрены долгосрочные тенденции изменения экологического состояния агроландшафтов, интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства.

Приведенные материалы являются попыткой привлечь внимание к бедственному положению в сфере АПК. Сделать это необходимо по ряду причин, основными из которых являются:

- отсутствие четкого представления о природных процессах, состоянии сельскохозяйственных угодий, агроландшафтов, сельскохозяйственного производства и опасности развития негативных тенденций, ставящих под угрозу не только продовольственную, но главным образом, экологическую безопасность страны;

- недостаточное понимание причинно-следственных связей, определяющих неудовлетворительное состояние сельскохозяйственных угодий, а, следовательно, общих целей и задач комплексных мелиораций;

- необходимость определения основных направлений решения проблемы улучшения экологического состояния сельскохозяйственных угодий, интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства.

Следует отметить, что материалы исследований позволили сделать лишь качественные выводы и выявить самые общие закономерности, касающиеся формирования агроландшафтов и сельскохозяйственного производства при применении комплексных мелиораций. Однако эти общие выводы, с нашей точки зрения, представляют большой интерес.

1. Сохранение существующего положения в земледелии в ближайшей перспективе может привести к значительным ущербам, причем ущерб формируется главным образом (примерно на 90%) за счет резкого ухудшения экологического состояния природных систем (снижение плодородия почв, загрязнение водных ресурсов, снижение экологической стабильности и эколого-геохимической устойчивости агроландшафтов) и примерно на 10% за счет снижения интенсивности сельскохозяйственного производства. Это наиболее опасные тенденции, свидетельствующие о возможности потери экологической безопасности страны. Если недостающее продовольствие можно купить, то компенсировать экологический ущерб и его негативные последствия для здоровья человека невозможно.
2. Реализация Федеральной Целевой Программы «Плодородие» (второй вариант) предусматривает выполнение главным образом агрохимических мелиораций - известкование кислых почв, внесение минеральных и органических удобрений, фосфорирование, гипсование (61 % от общей стоимости «Программы») и позволяет решить в основном экономические проблемы. Чистый дисконтированный доход в этом случае на 70 % формируется за счет увеличения продуктивности сельскохозяйственных угодий, на 17 % за счет улучшения свойств и плодородия почв и на 13% за счет снижения загрязнения водных ресурсов. Агролесотехнические и гидротехнические мелиорации предусмотрены в небольшом объеме (4 и 35 % общей стоимости «Программы») и практически не влияют на снижение интенсивности водной эрозии и ущерба водным ресурсам.

Расчеты показывают, что экологическая эффективность «Программы» будет значительно ниже намечаемой. Это связано в основном с недостаточным регулированием водного баланса, биологического и геологического круговоротов в агроландшафтах. Реализация программных мероприятий практически не повлияет на стабильность сельскохозяйственного производства.

3. Применение комплекса агротехнических, агрохимических, агролесотехнических и гидротехнических мелиораций в объемах, обеспечивающих сведение к минимуму интенсивность деградационных процессов (подкисление почв, водная эрозия, дефляция, дефицит NPK, сработка запасов гумуса и др.) (третий вариант), позволяет существенно улучшить не только экологическое состояние агроландшафтов, но и увеличить стабильность сельскохозяйственного производства. При этом соотношение отдельных видов мелиораций (в % от общих затрат) по экономическим районам составляет: агротехнические и агрохимические – 40-80 %, агролесотехнические – 1-8 %, гидротехнические – 20-50 %. Максимальные затраты на агрохимические мелиорации характерны для гумидной зоны (регулирование кислотности-щелочности условий), на агролесотехнические – для районов с большими площадями пахотных земель с уклонами  $> 2-5^0$ , на гидротехнические – для засушливой зоны. В формировании чистого дисконтированного дохода в третьем варианте важная роль принадлежит экологическим факторам (улучшение свойств и плодородия почв, снижение загрязнения водных ресурсов), составляющие в сумме 41%.
4. Четвертый вариант, предусматривающий применение наряду с комплексом агротехнических, агрохимических и агролесотехнических мелиораций дальнейшее расширение орошаемых и осушаемых земель до 14,8 млн.га, для большинства экономических районов оказывался наиболее эффективным как с экологической, так и с экономической точек



зрения. Роль гидротехнических мелиораций в этом случае заключалась не в получении сельскохозяйственной продукции вообще, а в производстве кормов для животноводства и создании возможности использования посевов многолетних трав на богарных землях в качестве сидеральных удобрений. Это имеет огромное значение, так как позволяет осуществить регулирование биологического круговорота до требуемых пределов. При этом воспроизводство запасов гумуса  $\Delta G = 0$  не является самоцелью, оно необходимо главным образом для увеличения стабильности сельскохозяйственного производства. Экологические факторы в формировании чистого дисконтированного дохода составляют 37%. Дальнейшее развитие гидротехнических мелиораций наиболее эффективно для экономических районов, характеризующихся высоким потенциальным плодородием почв, несмотря на то, что стоимость гидротехнических мелиораций в общем объеме затрат достигает по отдельным экономическим районам 30-60 %.

5. Анализ эколого-экономической эффективности комплексных мелиораций в различных регионах позволил выявить некоторые общие закономерности, в том числе:
- экологическая эффективность инвестиций в комплексные мелиорации возрастает с юга на север, что связано со снижением экологической стабильности агроландшафтов, низкой эколого-геохимической устойчивостью и буферностью почв гумидных районов;
  - экономическая эффективность инвестиций в комплексные мелиорации, напротив, возрастает с севера на юг по мере увеличения потенциального плодородия почв и запасов ФАР;
  - в целом максимальная эколого-экономическая эффективность инвестиций в комплексные мелиорации характерна для районов с высокими значениями ФАР (Поволжье, Северный Кавказ, Центрально-Черноземный районы).

Наибольшие трудности, определившие качественный характер общих выводов в отношении развития комплексных мелиораций, были связаны с недостаточной и во многих случаях недостоверной информацией о современном состоянии сельскохозяйственных угодий. В различных официальных и литературных материалах приводятся совершенно разные данные по площадям кислых почв, вочв, подверженных водной эрозии, дефляции, засолению и другим негативным процессам. Поэтому в работе использовались осредненные данные, которые не всегда отражали действительное положение дел. Без инвентаризации и систематизации данных о современном состоянии сельскохозяйственных угодий любые детальные проработки, касающиеся улучшения экологического состояния сельскохозяйственных угодий и стабилизации сельскохозяйственного производства, не повысят их достоверности.

Современные аэро-космические дистанционные методы позволяют восполнить пробел в получении исходной достоверной информации. Необходимо отметить, что получение надежной исходной информации является на сегодня одной из первоочередных задач научных и производственных сельскохозяйственных организаций.

В заключение отметим, что полученные данные, несмотря на их известную условность, позволяют сделать вывод о несостоятельности одного из наиболее устойчивых мифов, в соответствии с которым биоклиматический потенциал России в 2-3 раза ниже, чем в Европе, Канаде, США. Миф этот был очень удобен для оправдания низкой урожайности сельскохозяйственных культур в России. В основу мифа были положены данные о среднегодовых температурах воздуха; отмечалось, что Россия наиболее холодная страна, средняя температура воздуха которой составляет  $-5,5^{\circ}\text{C}$ . Это действительно так, но надо отметить, что интенсивное сельское хозяйство никогда не развивалось на Новой Земле, Побережье моря Лаптевых или на Чукотке. Основные площади сельскохозяйственных угодий (более 80 %) всегда

располагались в Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном, Поволжском, Северо-Кавказском, Уральском и Западно-Сибирском экономических районах, где среднегодовые температуры не так уж сильно отличаются от стран Европы, Канады, США. Таблица 5.1.

Таблица 5.1

**Среднегодовые температуры воздуха, °С\***

Страна	Россия	Канада	Финляндия	Норвегия	Швеция	Дания	Франция	США	Нидерланды
$t_{cp}$	+5,8	+5,8	+3,3	+6,0	+6,3	+8,7	+11,0	+15,0	+8,8

\*А.П. Паршев «Почему Россия не Америка». М., 1999

Вместе с тем, справедливости ради отметим, что среднегодовая температура воздуха и даже амплитуды колебаний летних и зимних температур не могут объективно характеризовать биоклиматический потенциал. Поэтому сопоставим ряд других климатических показателей, таких как продолжительность вегетационного периода, сумма активных температур, солнечная радиация и сумма атмосферных осадков, которые в значительной степени характеризуют биологическую продуктивность. Таблица 5.2.

Таблица 5.2.

**Климатические показатели ряда стран\***

Показатели	Финляндия	Швеция	Франция	США
Продолжительность безморозного периода, сут.	120 – 140	130 - 140	180 - 200	190 – 210
Сумма активных температур, $t > 10^{\circ}\text{C}$	1800	1830	3270	4980
Радиационный баланс, КДж/см <sup>2</sup> год	124	125	186	257
ФАР, КДж/см <sup>2</sup> год	178	179	240	311
Сумма атмосферных осадков, мм	673	535	606	700

\*А.П. Паршев «Почему Россия не Америка». М., 1999

При сравнении климата населенной части России (см. таблицу 1.1) с соответствующими районами других стран получаются вполне сопоставимые цифры. Причем климатические условия в Поволжье, на Северном Кавказе и в Центрально-Черноземном экономических районах оказываются примерно такими же, как в большинстве европейских стран. К тому же надо учесть наличие в этих районах лучших в мире черноземных почв.

Приведенные данные показывают, что климатические данные России, хотя и отличаются в худшую сторону, но не значительно и конечно не только и не столько они определяют низкую продуктивность сельского хозяйства. Возможности интенсификации сельскохозяйственного производства в значительной степени зависят от ряда других факторов. Сельское хозяйство как биологическое производство подчиняется иным закономерностям, чем промышленность. Для успеха, то есть для полного использования почвенно-климатических ресурсов важно все: сорта, удобрения, ядохимикаты, система обработки почв, специализация сельскохозяйственного производства, состояние агроландшафтов, энерговооруженность и «состояние» человека. Так называемый биоклиматический потенциал определяется всем комплексом, включая и почвенно-климатические ресурсы. К примеру, энерговооруженность и химизация отечественного сельскохозяйственного производства примерно в 10 раз ниже, чем в США, Франции, Канаде, а о «состоянии» человека и говорить не приходится.

## Список использованной литературы

1. Diercks R. Alternativen in Landban, BRV, Studgard, 1985.
2. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М. Колос, 1978.
3. Аверьянов С.Ф. Некоторые вопросы предупреждения засоления орошаемых земель и пути борьбы с ним в европейской части СССР. М. Колос, 1965.
4. Агрэкология. М. Колос, 2000.
5. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель. М. Агропромиздат, 1985.
6. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых земель. М. Агропромиздат, 1990.
7. Айдаров И.П., Корольков А.И., Хачатурьян В.Х. Экологические принципы в формировании окружающей среды. Вроцлав, 1997.
8. Айдаров И.П., Корольков А.И., Хачатурьян В.Х. Моделирование почвенно-мелиоративных процессов. // Биологические науки, № 9, (285) 1987.
9. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л. Агропромиздат, 1987.
10. Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Геохимия ландшафтов и техногенез. М. Наука, 1990.
11. Арманд А.Д. Устойчивость (гомеостатичность) географических систем к различным типам внешних воздействий.// Устойчивость геосистем. М. Наука, 1983.
12. Бараев А.И. и др. Почвозащитное земледелие. М. Колос, 1975.
13. Бекон Ф. Сочинения. М. 1978.

14. Берг Л.С. Географические зоны Советского Союза. Т.1. М. Географгиз, 1947.
15. Беренс В., Хавранек П. Руководство по оценке эффективности инвестиций. М. АОЗТ «Интерэксперт», Инфра-М, 1995.
16. Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л. Наука, 1971.
17. Будыко М.И. Глобальная экология. М. Мысль, 1977.
18. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л. Гидрометеониздат, 1956.
19. Вильямс В.Р. Общее земледелие с основами почвоведения. М. Сельхозгиз, 1931.
20. Водно-болотные угодья. Т. 1. М., 1998.
21. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. М. Наука, 1974.
22. Волобуев В.Р. Почвы и климат. Баку, АН АзССР, 1953.
23. Волобуев В.Р. Система почв мира. Баку. «Элм», 1973.
24. Ганжара Н.Ф. Почвоведение. М. Агроконсалт, 2001.
25. Глазовская М.А. Качественные и количественные оценки сенсорности и устойчивости природных систем к техногенным кислотным воздействиям. // Почвоведение, 1994, №1.
26. Глазовская М.А. Критерии классификации почв по опасности загрязнения свинцом.// Почвоведение, 1994, № 4.
27. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М, 1997.
28. Голованов А.И., Сурикова Т.И., Сухарев Ю.И. и др. Основы природообустройства. М. Колос, 2001.

29. Григорьев А.А. О взаимосвязи и взаимообусловленности компонентов географической среды и о роли в них обмена вещества и энергии.// Изв. АН СССР. Сер. Географическая, 1956, № 4.
30. Григорьев А.А. Опыт характеристики основных типов физико-географической среды. В кн: «Проблемы физической географии». Т. XI, 1942.
31. Гумбаров А.Д. Комплексные мелиорации в дельте р. Кубань. Краснодар. Советская Кубань, 2001.
32. Джеффферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. / Пер. с англ. Под редакцией Ю.М. Свирижева./ М. Мир, 1981.
33. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М. Колос, 1972.
34. Динамика баланса гумуса на пахотных землях РФ. М., 1998.
35. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. М. МГУ, 1986.
36. Доклад конференции ООН по окружающей среде и развитию. Рио-де-Жанейро, 1992.
37. Докучаев В.В. Избранные труды. М, Из-во АН СССР, 1949.
38. Дрейер О.К., Лось В.А. Экология и устойчивое развитие. М. Изд. УРАО, 1997.
39. Елпатьевский П.В. Геохимия миграционных потоков в природных и техногенно-измененных геосистемах. М. Наука, 1994.
40. Жученко А.А. Адаптивное сельскохозяйственное растениеводство. Кишнев. Штиинца, 1990.
41. Заславский М.Н. Эрозия почв. М., 1979.
42. Земельные ресурсы СССР. Ч. 1. Природно-сельскохозяйственное районирование территорий областей, краев, АССР и республик. М. 1990.
43. Изучение загрязнения окружающей среды и его влияние на биосферу. Л. Гидрометеиздат, 1986.

44. Ильин В.Б. Буферные свойства почвы и допустимый уровень ее загрязнения тяжелыми металлами. // Агрохимия, 1997, № 11.
45. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды: географический аспект. М. Мысль, 1980.
46. Исаченко А.Г. Прикладное ландшафтоведение. Л., ЛГУ, 1979.
47. Капица А.П., Симонов Ю.Г. Прогнозно-географический анализ территории административного района. М. Наука, 1984.
48. Каштанов А.Н. Концепция ландшафтной контурно-мелиоративной системы.// Земледелие, 1992, № 4.
49. Киркби Эрозия почв. М. Мир, 1975.
50. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М. МСХА, 2000.
51. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. Пушкино, 1993.
52. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М. Колос, 1996.
53. Классификация и диагностика почв СССР. М. Колос, 1977.
54. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Том I, II. М. Наука, 1973.
55. Концепция программы «Обеспечение воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения» на 2000-2010гг. М. МСХ РФ, 2000.
56. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М. Сельхозгиз, 1951.
57. Кочетов И.С. Агрландшафтное земледелие и эрозия почв в центральном нечерноземье. М. Колос, 1999.
58. Краснощеков В.Н. Теория и практика эколого-экономического обоснования комплексных мелиораций в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. М., 2001.
59. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М. МГУ, 1996.
60. Кузьмин Г.Ф. Торфяные ресурсы Северо-Запада России и их использование. СПб, НИИТП, 1997.



61. Ландшафтное земледелие. Ч. 1, 2 /Под ред. Каштанова А.Н./ Курск, 1993.
62. Лосев А.П. Сборник задач и вопросов по агрометеорологии. Л. Гидрометеиздат, 1988.
63. Львович М.И., Грин А.И., Дрейер Н.Н. Основы метода изучения водного баланса и его преобразования. М. АНСССР, 1963.
64. Мазур И.И., Молдованов О.Н., Шишов В.Н. Инженерная экология. Т. I, II. М. Высшая школа, 1996.
65. Мелиоративные кадастры. М. МВХ и МСХ, 1990-2000 гг.
66. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. М., 2000.
67. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. Курск. 1999.
68. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). М. Экономика, 2000.
69. Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Труды 5 Всесоюзного совещания. Л. Гидрометеиздат, 1989.
70. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. М. МГУ, 1988.
71. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М. Колос, 1993.
72. Обзор рынка зерна и муки в сентябре 2002 г. ООО «ОГО – Финсервис». Аналитический центр группы компаний ОГО, М., 2002.
73. Обухова А.И., Попова А.Л. Баланс тяжелых металлов в агроценозах дерново-подзолистых почв и проблемы мониторинга. // Вестник МГУ. Серия почвоведение, 1992, № 3.
74. Одум Ю. Основы экологии./ Пер. с англ./ М. Мир, 1987.
75. Ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов в почвах с различными физико-химическими свойствами, утвержденные Госкомсанэпиднадзором России. ГН 2.1.7.020-94.

76. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А. и др. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря (география, генезис, эволюция). М.,1996.
77. Пегов А.С., Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем. Л. Гидрометеиздат, 1991.
78. Пегов С.А., Растопшин Ю.А. Комплексная оценка состояния окружающей среды. М. 1981.
79. Перельман А.И. Геохимия. М. Высшая школа, 1989.
80. Подсолнечник: полное затоваривание ГК-2000-50, тема 1. Украина, 2000.
81. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М. Прогресс, 1986.
82. Проблемы экологии России. М. 1993.
83. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. М. Финансы и статистика, 1995.
84. Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М. Сельхозгиз, 1938.
85. Расчеты минимальных цен на свеклу урожая 2003 г. Украина. Агентство промышленных новостей, 2003.
86. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М. Россия молодая, 1994.
87. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. М. Мысль, 1978.
88. Ресурсы биосферы на территории СССР./ Под ред. И.П. Герасимова./ М. Наука, 1971.
89. Романенко Г.А., Комов Н.В., Тютюнников А.И. Земельные ресурсы России, эффективность их использования. М.,1996.
90. Рубцова Н.И. Производство, хранение, переработка и реализация картофеля, овощей и фруктов в ЧССР (Обзорная информация

- ВАСХНИЛ, ВНИИ информации и технико-экономических исследований по сельскому хозяйству. М., 1982.
91. Рэуце К., Кырстя С. Борьба с загрязнением почв. М. Агропромиздат, 1986.
  92. Савич В.И., Парахин Н.В., Степанова Л.И. и др. Агрономическая оценка гумусового состояния почв. Т. 1. Орел, 2001.
  93. Свинец и окружающая среда. М. Наука, 1987.
  94. Современные проблемы мелиорации и пути их решения. М., 1999.
  95. Солнцева Н.П. Геохимическая устойчивость природных систем к техногенным нагрузкам (принципы и методы изучения, критерии прогноза). // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М. Наука, 1982.
  96. Солнцева Н.П., Касимов Н.С. Техногенные потоки и ландшафтно-геохимические барьеры. // Исследования окружающей среды геохимическими методами. М., 1982.
  97. Состояние земельных ресурсов России. М. Роскомзем, 1996.
  98. Статистический сборник: «Цены в России». М., 2000.
  99. Техногенное загрязнение речных систем. / Под ред. В.Е. Райнина / М. Научный мир, 2002.
  100. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрения. / Под ред. М.М. Овчаренко. / М., 1997.
  101. Федеральная комплексная программа повышения плодородия почв России на 1996-2000 гг.
  102. Черных Н.А. Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва – растение при различной антропогенной нагрузке. Докторская диссертация. М., 1995.
  103. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Экотоксические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. М., 1999.
  104. Четвертый раунд Российского Зернового Союза «Зерновой раунд – 2003». ЮНИДЕЛЛ, М. МСХ, 2003.
  105. Экологические системы. Адаптивная оценка в управлении. / Пер. с англ. Под ред. Холинга К. М. Мир, 1981.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Природопользование в сфере АПК и особенности природно-хозяйственных условий экономических районов	7
1.1. Общие положения	7
1.2. Особенности природных и хозяйственных условий экономических районов	9
2. Изменение природных систем при антропогенном воздействии	19
2.1. Основные факторы, определяющие изменение состояния природных систем	19
2.2. Изменение энергетического и материального балансов при трансформации биоценозов в агроценозы	33
2.2.1. Изменение теплового баланса деятельной поверхности	33
2.2.2. Изменение водного баланса	36
2.2.3. Изменение содержания органического вещества и химических элементов в почвах	43
2.3. Изменение плодородия почв	48
2.4. Изменение экологической стабильности и эколого-геохимической устойчивости природных систем	52
3. Перспективы развития комплексных мелиораций сельскохозяйственных угодий	68

3.1. Основные направления развития комплексных мелиораций сельскохозяйственных угодий на перспективу	68
3.2. Методика составления прогнозов развития комплексных мелиораций и сельскохозяйственного производства на перспективу	71
3.3. 1 вариант. Сохранение существующего состояния и технологии сельскохозяйственного производства	74
3.3.1. Исходные данные	74
3.3.2. Результаты прогнозных расчетов	76
3.4. 2 вариант. Развитие сельскохозяйственного производства с учетом реализации Федеральной Целевой Программы «Обеспечение воспроизводства почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения» на 2001-2010 гг.	78
3.4.1. Государственные программы повышения плодородия почв	78
3.4.2. Результаты прогнозных расчетов	82
3.5. 3 вариант. Развитие сельскохозяйственного производства при условии выполнения комплекса агротехнических, агрохимических и агролесотехнических мелиораций на всей площади сельскохозяйственных угодий (за исключением оленьих пастбищ), а также реконструкция существующих оросительных и осушительных систем на площади 9,5 млн.га	87
3.5.1. Исходные данные	87
3.5.2. Результаты прогнозных расчетов	92

3.6. 4 вариант. Развитие сельскохозяйственного производства при условии выполнения комплекса агротехнических, агрохимических, агролесотехнических мелиораций на всей площади сельскохозяйственных угодий (за исключением оленьих пастбищ), а также реконструкции существующих оросительных и осушительных систем, обеспечивающих в целом получение необходимого объема кормов для животноводства.	95
3.6.1. Исходные данные	95
3.6.2. Результаты прогнозных расчетов	96
4. Оценка эколого-экономической эффективности различных вариантов развития комплексных мелиораций	102
4.1. Методика оценки эколого-экономической эффективности	102
4.2. Результаты оценки эколого-экономической эффективности различных вариантов развития комплексных мелиораций	105
5. Заключение	120
Список использованной литературы	128

**Айдаров Иван Петрович**

**Перспективы развития комплексных  
мелиораций в России**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка – Малышева И.А.

---

Подписано к печати 27.11.2003 г. Формат бумаги 60x84/16 Тираж 500.  
Бумага типографская №2. Печать офсетная. Объем 8,5 уч.изд.л. Заказ № 673.  
Цена договорная

---

Редакционно-издательский отдел  
Московского государственного университета природообустройства.  
Отпечатано в лаборатории множительной техники МГУП.

127550, Москва, ул. Прянишникова, 19.

ской академии сельскохозяйственных наук (СХН); Заслуженный

Федерации. Основными

связаны с изучением

ия водно-солевого и

на мелиорированных

ю формирования потоков

целью управления

ческими и гео

разработкой

ого, геосистемного)

колого-экономической эф

к мелиораций. Автор