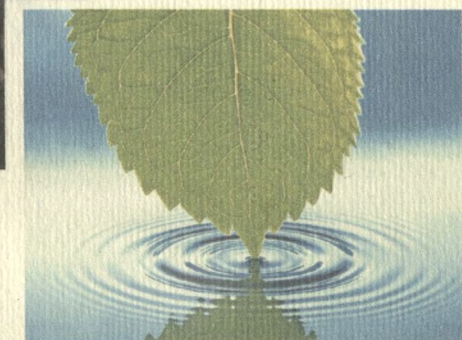


И.П.Айдаров

**Экологические основы
мелиорации земель**



Москва 2012

ISBN 978-5-89231-373-5

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

И.П. АЙДАРОВ

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ МЕЛИОРАЦИИ
ЗЕМЕЛЬ**

МОНОГРАФИЯ

МОСКВА 2012

УДК 631.95:631.6

ББК40.6

А36

Рецензенты:

Доктор сельскохозяйственных наук, академик-секретарь Отделения
мелиорации, водного и лесного хозяйства,
академик РАСХН

И.П. Свинцов

Проректор по научной работе, доктор экономических наук,
профессор ФГБОУ ВПО «Московский государственный
университет природообустройства»

В.Н. Краснощеков

И.П. Айдаров

А36 Экологические основы мелиорации земель. Монография.
– М.: ФГБОУ ВПО МГУП. 2012. 177 с.
ISBN 978-5-89231-373-5

В Монографии рассмотрено современное состояние природопользования, включая анализ взаимосвязи экологических, социальных и экономических факторов. Проанализированы причины и масштабы деградации природных экосистем. Рассмотрен состав и роль экосистемных услуг, определяющих состояние природной среды и благосостояния населения. Выполнен анализ существующих отечественных и зарубежных подходов к оценке энергетической, экологической и технологической эффективности природопользования. Сформулированы основные проблемы, определены объекты и цели мелиорации земель. На основании выполненных исследований разработаны экологические основы и принципы мелиорации земель, предусматривающие решение проблем экологической и продовольственной безопасности страны. Разработаны предложения и методы совершенствования ОВОС, проектирования лиманного орошения и комплексного решения экологических, социальных, экономических и водохозяйственных проблем в бассейне Аральского моря.

Монография предназначена для работников МСХ, МПР и МЧС, а также для студентов, аспирантов и преподавателей вузов.

Табл. 64. Рис. 10. Библиогр. 209 назв.

ISBN 978-5-89231-373-5

Айдаров И.П., 2012

© ФГБОУ ВПО «Московский государственный
университет природообустройства», 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Невозможно решить проблему
действуя в рамках тех же методов,
что привели к ее возникновению»

А. Эйнштейн

Взаимодействие человека с природой, несмотря на совершенствование производственных отношений и средств производства, до последнего времени оставалось по своей сути утилитарным. Заменяв естественные биологические процессы техногенными, человек как-то незаметно превратился из «царя природы и венца творения» в заложника природы. Крупные экологические, экономические и социальные чрезвычайные происшествия стали частью повседневной жизни, ущерб от них достигает десятков триллионов рублей в год.

Человечество неожиданно столкнулось с очень неприятным фактом – возможности развития цивилизации безграничны, а возможности природы жестко ограничены. История развития цивилизации показала, что богатство природных ресурсов в условиях современного мирового хозяйства не является решающим фактором в развитии стран. Часто именно в странах, богатых природными ресурсами, наблюдается природная расточительность и резкое ухудшение состояния природной среды и благосостояния населения.

Исследования, выполненные в мире за последние 20 лет, открыли новые перспективы в развитии взаимодействия человека с природой, позволили не только в полной мере оценить смысл и значение эколого-социально-экономической концепции устойчивого развития, но и разработать подходы к ее реализации.

Основным фактором, обеспечивающим устойчивое функционирование экосистем и качество экосистемных услуг, является биоразнообразие. В декларации «Выход из кризиса и новые начала», принятой на встрече лидеров

восьми стран в 2010 году, отмечалось: «Мы признаем, что нынешние темпы потери биоразнообразия представляют собой серьезную угрозу, поскольку биологически разнообразные и устойчивые экосистемы играют важнейшую роль в обеспечении благосостояния людей, устойчивого развития и сокращения масштабов нищеты» [164].

Сельское хозяйство является одной из основных отраслей экономики, определяющих продовольственную безопасность страны. Вместе с тем, анализ имеющихся данных показывает, что сельское хозяйство вносит основной вклад в нарушение биоразнообразия, состояния природных экосистем и снижение экологической безопасности страны. Роль сельского хозяйства в нарушении природных экосистем достигает 65...90 %, а в ухудшении здоровья населения – 30...50 %. Все это требует изменения подходов к развитию мелиорации земель, обеспечивающей решение проблем экологической и продовольственной безопасности страны. В работе определены цели, задачи и объекты мелиорации земель и сформулированы экологические основы их решения. в работе использованы современные представления и идеи устойчивого развития, а также материалы отечественных и зарубежных исследований в области экономики природопользования и природообустройства.

Посвящается светлой памяти
Сергея Федоровича Аверьянова –
выдающегося ученого и моего
Учителя

Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Взаимодействие человека с природой – одна из важнейших проблем нашего времени, от решения которой зависит само существование человека как биологического вида. Шли годы, менялись производственные отношения и средства производства, и только отношение человека к природе до последнего времени не менялись, оно оставалось утилитарным по своей сути. Успехи экономического и социального развития мира привели к устойчивому убеждению, что природа создана исключительно для удовлетворения безграничных материальных и духовных потребностей человека. Развитию этих убеждений способствовала целесообразность устройства биосферы и огромные (кажущиеся неисчерпаемыми) запасы природных ресурсов. Основным девизом природопользования долгое время был принцип – неограниченные возможности развития человечества и неограниченный рост его благосостояния. В связи с этим, экономика оперировала тремя видами капитала: финансовым, производственным и человеческим. Природный капитал в расчет не принимался. Основной целью и показателем эффективности производства считалось снижение совокупных затрат труда в расчете на единицу производимой продукции. Такое положение не могло продолжаться бесконечно. Серьезные проблемы во взаимоотношениях человека и природы возникли уже к концу XVII века, когда человечество столкнулось с таким неожиданным фактом, что возможности развития экономики безграничны, в то время как возможности природы жестко ограничены.

Первым, кто оценил опасность воздействия интенсивной хозяйственной деятельности на природу и проанализировал негативные ее последствия, был Мальтус [118]. Он проанализировал воздействие человека на природу безотносительно к какому-либо определенному способу производства и общественного развития и выявил обобщенные закономерности. Эти закономерности позволили сформулировать ряд важных выводов, ставящих под сомнение представления классической науки и религии о том, что природа приводится в действие своими собственными законами в полной изоляции от человека и может использоваться в неограниченных масштабах.

Основное значение работ Мальтуса заключалось в открытии закона убывания естественного плодородия почв и неизбежности возникновения проблемы дефицита продовольствия. Последнее обстоятельство объяснялось тем, что народонаселение в мире растет в геометрической прогрессии, в то время, как производство продовольствия – в арифметической. История подтвердила правоту Мальтуса, к концу XX века основными глобальными проблемами мира действительно стали неконтролируемый рост народонаселения и дефицит продовольствия. Основные выводы Мальтуса в современной экономике известны как закон «убывающей отдачи». Современная трактовка закона гласит: «Повышение удельных вложений в природопользование не дает адекватного пропорционального увеличения отдачи». Связано это с ухудшением состояния природных ресурсов. Основной же причиной этого ухудшения является увеличение антропогенного воздействия на природу.

Процесс ухудшения состояния природной среды в настоящее время приобрел планетарный характер и стал тормозом в развитии человечества [40, 125] (рис. 1.1).

В качестве примера можно привести уменьшение эффективности агропромышленного комплекса по мере совершенствования технологий [22, 24, 76, 115] (табл. 1.1, 1.2).

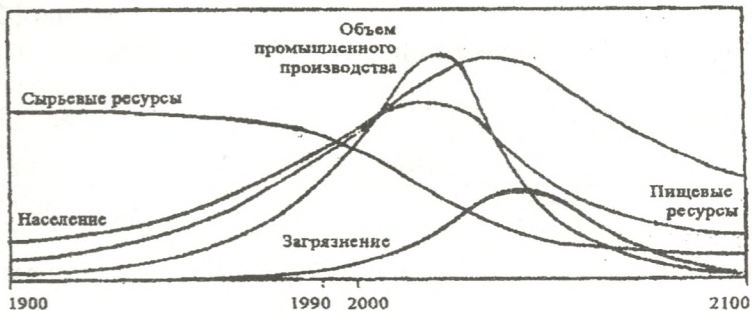


Рис. 1.1. Основные показатели социально-экономического развития мира

Таблица 1.1

Изменение эффективности отраслей АПК в зависимости от развития технологий

Показатель	Земледелие				
	Собира- тельство	Залежное и подсечное	Трехполь- ное	Агропро- мышленное	Тепличное
Сбор, 10^9 Дж/га	0,8	25	40	145	>400
Эффективность, Дж/Дж	20	10	8	1,5	0,003
Животноводство					
	Охота	Отгон- ное	Паст- бищное	Откормочное	
Сбор, 10^9 Дж/га	< 0,8	17-34	50-59	92-110	
Эффективность, Дж/Дж	10	2-1,5	1-0,2	0,1-0,05	
Птицеводство					
Сбор, 10^9 Дж/га	<0,04		67-75	92-126	
Эффективность, Дж/Дж	10		2-1	0,5-0,1	

Таблица 1.2

Эффективность инвестиций в АПК за 1990-2008 гг.

Показатель	Годы				
	1990	2002	2004	2006	2008
Инвестиции, млрд руб.	50	60	120	200	400
Эффективность инвестиций, руб./руб.	2	1,16	0,58	0,37	0,21

Приведенные в табл. 1.1 и 1.2 данные учитывают только объем инвестиций и полученный экономический эффект и не учитывают ущерб, нанесенный природной среде в результате хозяйственной деятельности. На самом деле интенсификация сельскохозяйственного производства сопровождается значительным ущербом природной среде [28, 133, 146] (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Ущерб почвенному плодородию при внесении минеральных удобрений

Доза внесения удобрений, кг/га	Урожайность, т/га	Прирост урожая, кг на 1 кг удобрений	Природное плодородие почв, %
0	1,0	-	100
50	1,7	34	100
100	2,3	23	100
150	2,9	19	99
200	3,4	17	98
250	3,7	15	97
300	4,0	13	95
350	4,3	12	93
400	4,4	11	90
450	4,45	10	85

Как видно из приведенных данных, по мере увеличения доз минеральных удобрений резко снижается их эффективность и увеличивается ущерб плодородию почв. Это об-

стоятельство при оценке эффективности удобрений не принято учитывать. Снижение природного плодородия почв, а следовательно, и их экологических функций в биосфере, происходит в результате изменения кислотно-щелочного режима, запасов и состава гумуса, снижения ППК и др. [28].

В настоящее время выделяют три взаимосвязанных фактора, непосредственно влияющих на состояние природных ресурсов: неконтролируемый рост народонаселения, рост потребления, увеличение нагрузки на природные экосистемы.

Таблица 1.4

Динамика численности населения по отдельным
регионам мира

Годы	Численность населения в мире и по регионам, млн чел						
	1*	2	3	4	5	6	7
Начало новой эры	248	184	37	23	3		1
1000	268	172	32	50	13		1
1200	372	242	45	61	23		1
1500	415	225	62	85	41		2
1750	633	378	102	100	51		2
1900	1541	985	284	122	144		6
1950	2284	1329	392	220	164	166	12,5
1960	2846	1715	425	275	216	199	15,8
1970	3474	2140	460	356	283	216	19,3
1980	4164	2569	484	475	364	249	22,8
1990	5004	3108	498	648	448	276	26,5
1992	5186	3225	500	688	466	280	27,2
1994	5410	3404	506	708	474	290	28,1
2000	5943	3698	508	872	540	295	30,0
2010	6856	4226	513	1140	631	312	34,0
2025	8115	4890	512	1581	760	333	39,0
2050	10500	-	-	-	-	-	-

*1 – мир (без стран СНГ); 2 – Азия; 3 – Европа; 4 – Африка; 5 – Южная Америка; 6 – Северная Америка; 7 – Австралия и Океания.

Демографические проблемы являются основными, поскольку все остальные так или иначе связаны с ними [96], (табл. 1.4).

Приведенные данные показывают, что особенно заметно темпы прироста населения мира возросли, начиная с XVII века, и уже к 1900 г. численность возросла до 1668 млн человек. После 1900 г. наблюдается резкое ускорение роста населения мира. Особенно большими темпы прироста населения оказались к концу XX века. К 2000 г. общая численность населения (без России) достигла 6090 млн чел., из которых 5110 (84 %) приходится на развивающиеся страны. В соответствии с прогнозом, численность населения в мире может возрасти к 2050 г. до 10...11 млрд человек. Соответственно, возрастет и потребность в природных ресурсах. По оценкам ООН к 2050 г., использование запасов пресных вод только за счет роста народонаселения сможет возрасти в 1,75 раза, а потребность в продовольствии – более чем в 2 раза по сравнению с современным уровнем [58, 101]. Вместе с тем известно, что источники ресурсов и возможности природных экосистем перерабатывать поступление загрязняющих веществ имеют свои пределы [115], (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Природные ресурсы мира и пределы их возможного использования

Ресурсы	Предел	Использовано в 1990 г.
Земельные	3,2 млрд га	1,5 млрд га
Водные	10 000 км ³ /год	4 000 км ³ /год
Лесные	6 млрд га	2 млрд га
Нефть	2500 млрд. бар.	610 млрд бар.
Минеральные	200 лет при нынешней добыче	
Урожайность зерна	65 ц/га	25 ц/га
Емкость стоков	10	1

Казалось бы, есть еще возможности расширения площадей пахотных земель и увеличения объемов использования воды. Однако из общей площади пригодных для обработки земель уже сейчас используется под пашню примерно 48 %, что по мнению экологов, является допустимым пределом. Дальнейшая распашка земель приведет к обострению экологического кризиса. Из общей площади лесов сведено более 30 %; из имеющихся водных ресурсов используется 40 %, а без учета объема загрязненных источников – более 50 % [6, 58, 86, 101, 115]. Положение усугубляется тем, что во многих странах мира площади пахотных земель постоянно уменьшаются в результате водной эрозии (56 %), дефляции (28 %), засоления (12 %), физической деградации и урбанизации (4 %) [178]. В соответствии с прогнозом увеличения численности народонаселения в мире к 2030 году, удельная площадь пашни снизится с 0,1 до 0,08 га/чел., а площадь орошаемых земель – с 0,047 до 0,032 га/чел. [5, 6], (рис. 1.2, 1.3).



Рис. 1.2. Площадь пашни на душу населения

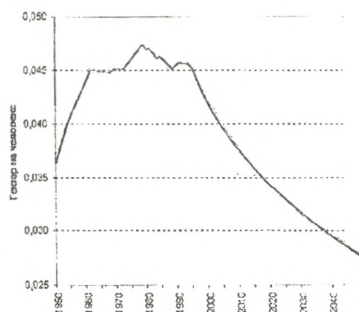


Рис.1.3. Площадь орошаемых земель на душу населения

Обеспеченность населения мира пресной водой сократится к 2030 г почти в 5 раз [58], (рис. 1.4).

Общий объем воды, используемой для производства товаров и услуг, потребляемых населением в мире, составляет 1243 м^3 на человека в год и изменяется по отдельным ре-

гионам от 1134 до 2265 м³ на человека в год [58, 81], (табл. 1.6).



Рис. 1.4. Динамика доступности и потребления пресной вод

Таблица 1.6
Объем потребляемой воды по регионам, странам и в мире, м³/чел. год

Регион/страна	Объем потребляемой воды
Африка	1277
Ближний Восток	1269
Азиатско-Тихоокеанский	1418
Южная Америка	1134
Северная Америка	2265
Европа	1587
Центральная Азия	1460
Россия	1858
Мир в целом	1243

Из приведенных данных видно, что потребление воды уже сейчас составляет 65 % от объема доступных пресных водных ресурсов (1904 м³ на человека в год), (рис. 1.4). В соответствии с прогнозом, к 2050 г. в мире останется не более 3...4 стран, которые не будут испытывать острого кризиса из-за нехватки воды [58, 81].

Обобщение материалов по состоянию лесного фонда России показывает, что вырубка лесов (особенно не санк-

ционированная) приобрела катастрофический характер в Северо-Западном, Поволжском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах, где леса с 1990 по 2006 гг. вырублены на 10...28 % площади [22, 115, 121]. Интенсивная вырубка лесов в речных бассейнах крупных и мелких рек изменила характер внутригодового распределения речного стока в весенний период, особенно сильно в Северо-Западном, Поволжском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах (табл. 1.12).

Несмотря на интенсификацию производства валовой мировой продукт к 2030 г. возрастет всего на 44 % по сравнению с 1980 г. [61] (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Динамика мирового валового продукта

Показатель	Годы							
	1980	1985	1989	1998	2000	2005	2007	2030*
ВВП, трлн \$	25,8	25,4	26,4	28,3	30,2	35,0	37,3	72,0

*Прогнозные данные

В соответствии с ростом экономики будет расти и производство продуктов питания в мире, но значительно медленнее, чем рост народонаселения. Обеспеченность населения продуктами питания, несмотря на рост валового производства, к 2000 году так и не достигла уровня медицинских норм [26, 77] (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Производство основных продуктов питания в мире и обеспеченность ими населения, по годам

Продукция	Производство		Обеспеченность, %	
	1980	2000	1980	2000
Зерно, млрд т.	1,57	2,09	95	80
Мясо, млн т.	136	235	41	49
Овощи и фрукты, млн т.	630	1208	69	94

Естественно, что необходимость удовлетворения возросшего потребления населением предъявляет более высокие требования к масштабам использования природных ресурсов. Только за период с 1960 по 2000 год глобальные масштабы использования минерального сырья возросли в 2,5 раза, металлов – 2,1, древесины – 2,3, синтетических материалов – 5,6. Подобный рост потребления значительно превысил темпы увеличения народонаселения, что резко ухудшило состояние природной среды. За всю историю развития цивилизации уничтожено более 2-х млрд га плодородных земель, то есть больше, чем современная площадь пахотных земель в мире (см. табл. 1.5).

Для оценки изменения природной среды воспользуемся показателем, характеризующим степень нарушенности структуры природных ландшафтов (ϖ , см. выражение 1.6) [21, 22, 26, 28, 44, 47, 54, 77, 139, 178] (табл. 1.9).

Таблица 1.9

Значения показателя (ϖ) по регионам мира

Регионы и страны	Значение показателя (ϖ) по годам			
	1990	2000	2005	2008
Европа*	0,35	0,35	0,35	0,32
Северная Америка	0,17	0,16	0,15	0,14
Азия	0,18	0,23	0,27	0,30
Африка	0,07	0,12	0,16	0,21
Южная Америка	0,08	0,09	0,11	0,13
Развитые страны	0,26	0,26	0,25	0,23
Развивающиеся страны	0,11	0,15	0,18	0,21
Россия, Европейская часть	0,32	0,39	0,42	0,44
Россия, Азиатская часть	0,12	0,20	0,27	0,30

*Без стран СНГ.

Данные таблицы 1.9 показывают, что состояние природной среды в большинстве регионов мира продолжает ухудшаться. Однако в развитых странах состояние природной среды к 2008 г. в целом стабилизировалось. Приведенные данные характеризуют только абиотические параметры природной среды и не учитывают процессы, происходящие в экосистемах и их влияние на благосостояние населения.

Основным фактором, обеспечивающим функционирование экосистем, является, как известно, биологическое разнообразие, отражающее все многообразие жизни на Земле. Биоразнообразие – это по существу важнейший механизм обеспечения устойчивости биосферы. Биосфера представляет собой открытую систему, в которой существуют как автотрофные организмы, производящие органическое вещество, так и гетеротрофные – потребляющие и разрушающие органическое вещество. Поэтому биосфера может оставаться устойчивой только до тех пор, пока между процессами производства и разложения органического вещества существует динамическое равновесие. Равновесие это обеспечивается именно биологическим разнообразием жизни, поскольку отходы жизнедеятельности одних организмов являются пищей для других.

Нарушение структуры природной среды во всем мире происходит за счет наиболее богатых экосистем, обладающих высоким разнообразием (леса, луга, водно-болотные угодья). В качестве основного показателя изменения биоразнообразия принят «индекс живой планеты», характеризующий изменение численности популяций живых организмов. За период с 1980 по 2007 годы «индекс живой планеты» сократился на 35 % [89, 140], (табл. 1.10).

Таблица 1.10

Изменение индекса живой планеты, по годам

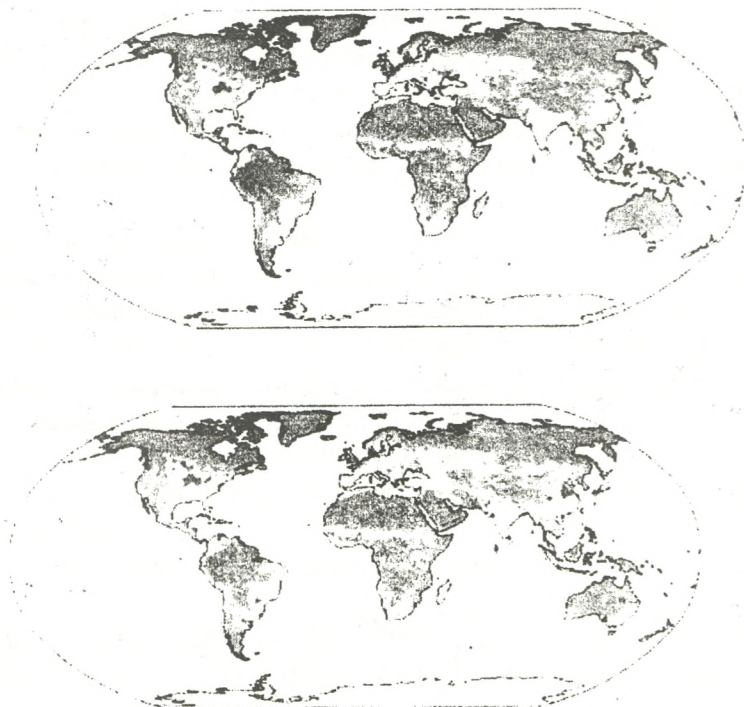
1980	1985	1989	1998	2000	2005	2007	2030*
1,0	0,95	0,88	0,83	0,79	0,70	0,65	0,50

*Прогнозные данные

Основными причинами разрушения биоразнообразия и снижения индекса живой природы являются [153]:

уменьшение площади естественных угодий и замена их урбанизованными и сельскохозяйственными территориями. Роль различных видов хозяйственной деятельности в нарушении структуры природных ландшафтов выглядит следующим образом: сведение лесов – 30 %, сельское хозяйство – 28, перевыпас – 34, урбанизация – 8;

разрушение экологического каркаса территорий. Разделение жизненного пространства на отдельные экосистемы, не соединенные между собой коридорами, повлияло на характер размножения живых организмов и генетическое разнообразие. По оценкам, основанным на существующих тенденциях развития экономики, 34 000 видам растений и 5200 животным грозит полное вымирание [81, 89, 202, 203] (рис. 1.5).



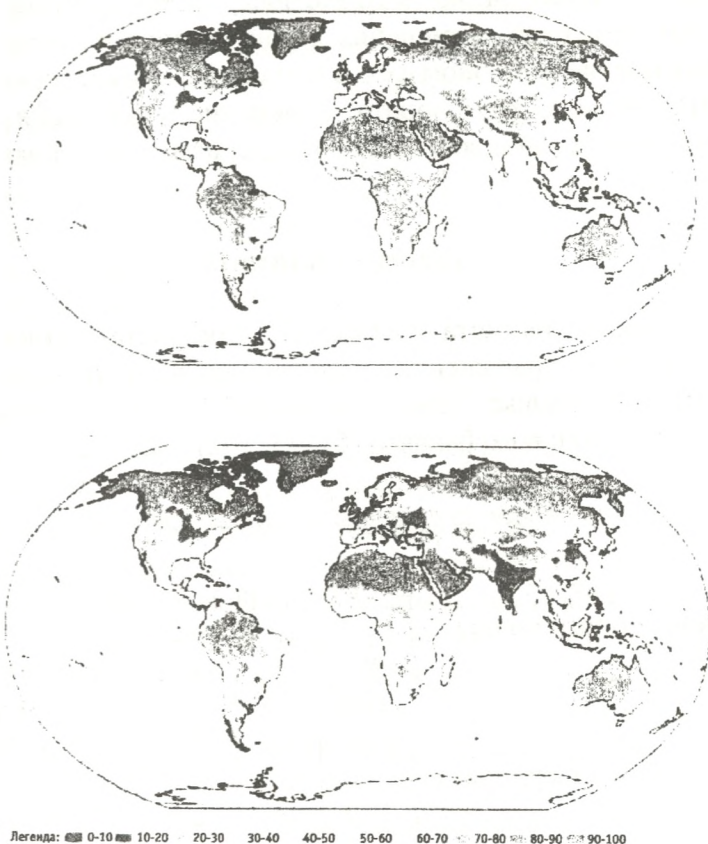


Рис. 1.5. Среднее обилие видов.
Сверху вниз: 1970, 2000, 2010, 2050 годы

Последствия уменьшения биоразнообразия заключаются в потере средообразующих и продукционных функций экосистем. Рассмотрим основные последствия уменьшения биоразнообразия. Нам очень мало известно о взаимодействии организмов между собой внутри экосистем, но достаточно хорошо известна роль биоразнообразия растительного и животного мира в формировании средообразующих и продукционных функций экосистем [48, 81, 89, 140, 179, 203, 205]. К числу таких функций относятся: изменение

климата, изменение водного баланса, изменение состояния водных ресурсов, изменение продуктивности экосистем, изменение запасов биомассы в ландшафтах, изменение биогеохимического круговорота, изменение плодородия почв, изменение устойчивости экосистем, изменение благосостояния человека.

Изменение климата

Изменение климата происходит в результате снижения естественного увлажнения и увеличения засушливости территорий. Распашка земель и вырубка лесов изменяют структуру теплового баланса [54, 73, 102] (табл. 1.11).

Таблица 1.11

Изменение структуры теплового баланса

Характер поверхности почвы	Составляющие теплового баланса, %				
	R^*	P	LE	B	O_c
Лес	100	26	72	2	100
Луг	100	46	52	2	85-95
Оголенная поверхность	100	69	29	2	75-80

* R – радиационный баланс; P – теплообмен с атмосферой; LE – затраты тепла на испарение; B – теплообмен в почве; O_c – сумма атмосферных осадков.

Таким образом, распашка земель и вырубка лесов резко увеличивают затраты солнечной энергии на теплообмен с атмосферой. Еще более резко снижается влажность воздуха и затраты тепла на испарение. В целом, все это увеличивает засушливость территорий и снижает сумму атмосферных осадков. В качестве конкретных примеров изменения климата можно привести данные о частоте катастрофических засух в России и изменений суммы атмосферных осадков в Китае. В России частота засух увеличилась с XVII по

XX век с 1...2 до 3...5 раз в 10 лет. В результате изменения климата территории с недостаточной и достаточной тепло- и влагообеспеченностью сократились с 40 до 30 %; территории с достаточной тепло- и неустойчивой влагообеспеченностью сократились с 35 до 25 %, а территории с достаточной тепло- и недостаточной влагообеспеченностью увеличились с 25 до 45 %. В Китае в результате вырубки лесов сумма атмосферных осадков снизилась более, чем на 30 % [27, 54, 102, 122, 136].

Изменение структуры водного баланса территории

При рассмотрении изменений водного баланса очень важно оценить основные элементы, которые определяют направленность и интенсивность природных процессов. К числу таких процессов следует отнести испарение, поверхностный сток, влияющий на режим и качество поверхностных вод и процессы эрозии почв, вертикальный влагообмен между почвенными и грунтовыми водами. Использование общего водного баланса в этом случае неприемлемо, 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. Наиболее приемлемым является баланс поверхностных и почвенных вод, учитывающий все перечисленные выше элементы [18, 21, 28].

$$W_n = O_c - E - \bar{c} \pm g, \quad (1.1)$$

где W_n – изменение запасов поверхностных и почвенных вод, мм; O_c – сумма атмосферных осадков, мм; E – суммарное испарение, мм; \bar{c} – поверхностный сток, мм; g – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, мм (плюс - восходящие и минус - нисходящие потоки).

Данные многочисленных исследований показывают, что распашка земель и снижение биоразнообразия изменяют соотношение элементов водного баланса (см. табл. 1.11). Последствия таких изменений весьма разнообразны. С од-

ной стороны, изменяется продуктивность (увеличивается урожай в гумидной зоне и уменьшается – в засушливой). С другой стороны – возрастает поверхностный сток, который влияет на режим и качество поверхностных вод. С увеличением поверхностного стока связана еще одна серьезная проблема – водная эрозия почв, масштабы которой возрастают во времени. Роль изменения интенсивности влагообмена между почвенными и грунтовыми водами также неоднозначна: увеличение влагообмена между почвенными и грунтовыми водами увеличивает поступление химических элементов из биологического в геологический круговорот, а снижение влагообмена может привести к увеличению минерализации грунтовых вод и развитию процессов засоления и осолонцевания почв.

Изменение состояния водных ресурсов

Важное значение при оценке состояния водных ресурсов имеют особенности формирования речного стока и качества речных вод. К числу основных показателей, характеризующих состояние водных ресурсов, относятся:

- максимальные расходы воды в период паводка;
- минимальные расходы воды в меженный период;
- степень загрязнения речных вод.

Формирование водного и геохимического стока равнинных рек происходит на всем протяжении реки от истоков до устья за счет поверхностного и подземного стока ($\bar{c} + g$), величина которого в многолетнем плане определяется структурой использования земель речного водосбора и характером поверхности почвы. При этом поверхностный сток является наиболее важной и динамичной составляющей. Подземный приток играет подчиненную роль и зависит не только от биоразнообразия, но и от гидрогеологических условий [18].

Максимальные расходы воды заданной вероятности превышения определяются в зависимости от соотношения

площадей лесов, водно-болотных угодий и пахотных земель [166].

$$Q^{\max} = [K_0 h_p \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 (F + F_1)^n] F, \quad (1.2)$$

где Q^{\max} – максимальный расход, м³/с; K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья; h_p – расчетный слой суммарного весеннего стока заданной вероятности превышения, мм; μ – коэффициент, учитывающий δ – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер; δ_1 – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и Q^{\max} ; снижение Q^{\max} в залесенных бассейнах; δ_2 – коэффициент, учитывающий снижение Q^{\max} в заболоченных бассейнах; – площадь водосбора и дополнительная площадь водосбора, учитывающая снижение редуции, км²; n – показатель степени. Значения коэффициентов приведены в СНиП 2.01.14-83 [166].

Для условий Восточной Сибири и Дальнего Востока значение Q^{\max} определяется по формуле [176]

$$Q^{\max} = B \cdot h \cdot K_T \cdot \bar{\varepsilon} \cdot F^n, \quad (1.3)$$

где B – коэффициент, учитывающий облесенность бассейна; h – расчетный суточный слой осадков, мм; K_T – коэффициент редуции суточного слоя осадков во времени; $\bar{\varepsilon}$ – средний коэффициент паводкового дождевого стока; F – площадь бассейна, км²; $n = 0,65$.

Степень загрязнения речных вод определяется индексом загрязнения воды (ИЗВ) [157, 174]

$$ИЗВ = \sum_1^n [C_i / ПДК_i] / n, \quad (1.4)$$

где n – число гидрохимических показателей, наиболее характерных для данного водного объекта (часть из них обязательная – рН, БПК₅); C_i – концентрация компонента, которая зависит от величины и качества поверхностного стока; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация. Загрязнение водных ресурсов за счет выноса биогенов с сельскохо-

зяйственных угодий увеличивается, по сравнению с естественными условиями, в 10...50 раз и достигает 5..50 кг/га, что во многих случаях сопровождается эвтрофикацией поверхностных вод [21].

Изменение внутригодового режима стока в результате хозяйственной деятельности и, как следствие, увеличение максимальных расходов и возникновение катастрофических наводнений в весенний период, сопровождается соответствующим уменьшением расходов и уровней воды в летне-осенний период. И то, и другое приводит к значительным ущербам в связи с затоплением и разрушением населенных пунктов, промышленных объектов и сельскохозяйственных угодий и трудностью обеспечения нормального водопользования и водопотребления.

Анализ мирового опыта показывает, что повторяемость катастрофических наводнений во всем мире из года в год растет, растут и связанные с этим ущербы. В России катастрофические наводнения на основных речных системах в разных регионах страны происходят практически ежегодно. Обычно это связывают с глобальным изменением климата. Обоснование методов борьбы с катастрофическими наводнениями выполняется без должного анализа состояния речных бассейнов и сводится к строительству дамб обвалования, рассчитанных, как правило, на максимальные расходы 1%-й обеспеченности без учета увеличения паводковых расходов в результате хозяйственной деятельности [157]. Такая практика борьбы с катастрофическими наводнениями продолжается и в настоящее время и по существу представляет собой борьбу не с причинами, а со следствиями. Эффективность такого подхода, как показывает практика, очень низка.

Обобщение материалов по состоянию речных водосборов показывает, что максимальные паводковые расходы основных рек России возросли на 11...60 % [22] (табл. 1.12).

Таблица 1.12

Увеличение максимальных расходов весенних паводков
по федеральным округам

Показатели	Федеральные округа						
	Ц*	С-З	Ю	П	Ур	С	Д
Увеличение максимальных расходов, %	17-22	16-37	24-30	19-38	13-18	11-51	50-60

*Ц – Центральный, С-З – Северо-Западный, Ю – Южный, П – Поволжский, Ур – Уральский, С – Сибирский, Д – Дальневосточный округа.

Изменение продуктивности экосистем

Влияние биоразнообразия на продуктивность экосистем определяется общесистемным законом единства живой и неживой природы и взаимосвязью между организмами внутри экосистем. Связь живой и неживой природы зависит от состояния последней (изменение климата, нарушение структуры водного баланса и др.). Взаимодействие живых организмов в экосистемах обусловлено тем, что растения, животные и микроорганизмы не просто сосуществуют, а живут за счет друг друга. Это взаимодействие обеспечивает замкнутость круговорота веществ, то есть возвращение веществ, используемых для роста и развития одними организмами, обратно в природу другими. Без этого природа просто бы погибла. Снижение биоразнообразия нарушает оба указанных фактора и неизбежно сопровождается снижением продуктивности экосистем. Для оценки характера связи между биоразнообразием и продуктивностью можно использовать «индекс Шеннона», учитывающий видовое разнообразие и общую биомассу [21]

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i, \quad (1.5)$$

где H – индекс Шеннона; n – число видов; P_i – доля каждого вида (общая биомасса) (рис. 1.6).

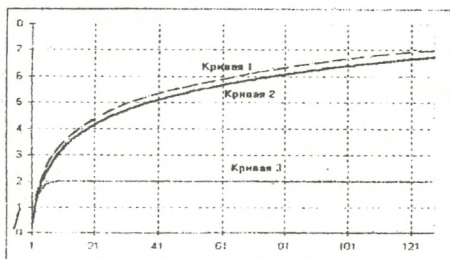


Рис. 1.6. Зависимость индекса Шеннона (биомассы) от числа видов. Кривая 1 – равномерное распределение численности организмов; кривая 2 – умеренное доминирование; кривая 3 – сильное доминирование

Из рисунка 1.6 видно, что продуктивность (биомасса) экосистем зависит не только от биоразнообразия, но и от распределения живых организмов. В степной зоне (кривая 1) продуктивность выше, чем в лесостепной зоне (кривая 2) и, особенно, в пустынной зоне (кривая 3) [21, 139, 140].

Изменение запасов биомассы в экосистемах

Запасы биомассы в экосистемах существенно снижаются по мере уменьшения биоразнообразия [21,100, 139] (табл. 1.13).

Таблица 1.13

Запасы биомассы в природных экосистемах и агроценозах

Природная зона	Запасы биомассы, т/га	Продуктивность, т/га	Накопление на поверхности почвы, т/га	Снижение запасов биомассы, раз
Хвойные и хвойнолиственные леса	170-300	5,5-10	20-50	-
Агроценозы	8,5-12	8,5-12	-	22-29
Лиственные и широколиственные леса	150-500	6,5-11	30-32	-
Агроценозы	11-15	11-15	-	16-35
Остепненные луга и луговые степи	19-25	12,5-16	10-15	-
Агроценозы	12,5-16	12,5-16	-	2,3-2,5
Сухие степи	10-22,5	5-10	3	-
Агроценозы	6,5-7,5	6,5-7,5	-	2-3,4

Основными причинами снижения общих запасов биомассы являются: во-первых, отчуждение значительной части биомассы с урожаем и, во-вторых – уничтожение подстилки и степного войлока. Последнее обстоятельство имеет особое значение, так как подстилка и степной войлок служат резервом, из которого в почву поступает органическое вещество в неудовлетворительные по погодным условиям и урожайности годам.

Изменение геохимического круговорота

В естественных условиях возврат химических элементов в почву составляет 70...90 %. Снижение запасов химических элементов в агроценозах в 2...2,8 раза происходит за счет уничтожения подстилки и степного войлока и отчуждения биомассы с урожаем [21, 44, 47, 100] (табл. 1.14).

Таблица 1.14

Изменение геохимического круговорота в агроценозах

Природная зона	Запасы химических элементов, т/га	Запасы химических элементов в ежегодном приросте, т/га	Содержание химических элементов в подстилке, т/га	Изменение геохимического круговорота, раз
Хвойные и хвойно-лиственные леса	1,5-4	0,08-0,21	1,0	-
Агроценозы	0,54-0,77	0,54-0,77	-	2,8-5,2
Лиственные и широколиственные леса	2,6-7,6	0,28-0,42	3,3	-
Агроценозы	0,67-0,99	0,67-0,99	-	3,9-7,7
Остепненные луга и луговые степи	1,0-1,16	0,53-0,78	0,28-0,74	-
Агроценозы	0,78-1,0	0,78-1,0	-	1,2-1,3
Сухие степи	0,6-1,2	0,3-0,62	0,12	-
Агроценозы	0,42-0,48	0,42-0,48	-	1,4-2,5

Изменение плодородия почв

Основным критерием оценки плодородия почв в настоящее время служит их продуктивность (урожай), которая обеспечивается за счет внесения высоких доз минеральных удобрений, применения высокоурожайных сортов сельскохозяйственных обработок почв и т.д. Функции почв как составной части экосистем не учитываются, хотя известно, что сельское хозяйство является одним из основных факторов нарушения устойчивости экосистем.

При оценке плодородия почв следует рассматривать экологические и социально-экономические функции почв [171]. Основной экологической функцией почв является регулирование биогеохимического круговорота, охватывающего литосферу, гидросферу и атмосферу. Снижение биоразнообразия в результате распашки земель и вырубки лесов нарушает все природные факторы, определяющие процессы почвообразования, в том числе:

в литосфере — условия формирования теплового и водного балансов, биогеохимического круговорота и др. (см. табл. 1.11, 1.13, 1.14). Указанные нарушения приводит к изменению почвообразовательных процессов, развитию водной эрозии и дефляции, сработке запасов гумуса и снижению плодородия почв. По данным [74], ежегодная сработка запасов гумуса в почвах России составляет 0,5...1,5 т/га;

в гидросфере — условия формирования режима и качества поверхностных и подземных вод;

в атмосфере — условия тепло- и влагообеспеченности, увеличение засушливости территорий, появлению кислотных дождей, загрязнению воздуха CO_2 , снижению производства кислорода [143] (рис. 1.7).

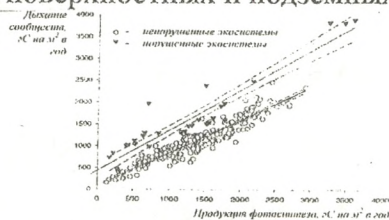


Рис. 1.7. Соотношение выделения и поглощения углерода при дыхании и фотосинтезе в нарушенных и ненарушенных экосистемах [143]

Нарушение устойчивости экосистем

Снижение биоразнообразия нарушает основные факторы и процессы, обеспечивающие устойчивость экосистем. В число основных процессов входит:

уничтожение генофонда дикой природы и нарушение процессов естественного отбора;

нарушение замкнутости биогеохимического круговорота и процессов самоочищения природы;

нарушение целостности экологического каркаса. Формирование изолированных сообществ не способно к саморегуляции биоразнообразия. Есть еще один важный общесистемный экологический принцип. При трансформации природных экосистем в агроценозы и снижении биоразнообразия одни виды животных сменяются другими: крупные – более мелкими, эволюционно более организованные – менее организованными, более генетически изменчивые – менее изменчивыми. Так, например, копытных и хищных животных сменяют мелкие грызуны и растительноядные насекомые. В таких случаях возникают новые экологические ниши, чреватые серьезными последствиями для человека (увеличение опасности эпидемий, ущерб сельскому хозяйству) [160, 204].

Степень нарушения структуры природных ландшафта как интегральный показатель его состояния определяется набором земельных угодий и отношением интенсивно используемых земель (пахня, населенные пункты, промзоны) к общей площади ландшафта [139]

$$\bar{\omega} = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad (1.6)$$

где: $\bar{\omega}$ – степень нарушения структуры природного ландшафта; ω_1 – площадь интенсивно используемых земель, га; ω_2 – общая площадь ландшафта, га.

Интегральным показателем экологического состояния

агроландшафтов является коэффициент экологической стабильности [21]

$$K_c = \frac{\sum_1^n f_i K_1 K_2}{\omega}, \quad (1.7)$$

где K_c – коэффициент экологической стабильности агроландшафта, в долях от единицы; f_i – площадь биотических и абиотических элементов, %; K_1 – коэффициент, характеризующий экологическую значимость отдельных биотических и абиотических элементов; 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; ω – общая площадь системы, ($\omega = 100\%$) (табл. 1.15).

Таблица 1.15

Коэффициенты относительной экологической значимости

Биотические и абиотические элементы ландшафта	Природно-климатическая зона					
	Северная тайга	Южная тайга	Лесостепная	Степная	Сухо-степная	Полупустынная
Леса	0,48	0,80	0,84	1,00	-	-
Луга	0,40	0,60	0,80	0,95	0,70	0,20
Сенокосы	0,38	0,58	0,78	0,93	0,66	0,18
Пастбища	0,39	0,59	0,79	0,94	0,67	0,19
Пашня	0,08	0,11	0,13	0,15	0,11	0,06
Населенные пункты и промзоны	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0

Приведенные в табл. 1.15 данные показывают, что пашня как биотический элемент во всех природных зонах характеризуется очень низким значением коэффициента относительной экологической значимости. Объясняется это отчуждением значительной части производимой биомассы с

урожаем, ликвидацией подстилки, ухудшением свойств почвы как биогеохимического барьера и тем, что культурные растения не обладают достаточной внутренней устойчивостью и по определению не могут играть существенной роли в обеспечении экологической стабильности ландшафтов.

Оценку стабильности природных и природно-техногенных систем можно производить по следующей шкале [21]:

Степень стабильности

$\leq 0,33$ – нестабильный;

0,34...0,50 – мало стабильный;

0,51...0,66 – средне стабильный;

0,67...1,00 – стабильный.

Обращает также на себя внимание значительно более высокая экологическая значимость всех биотических элементов в лесостепной и степной зонах, по сравнению с остальными зонами.

Очень важным обстоятельством с точки зрения сельскохозяйственного использования угодий является то, что такие биотические элементы как сенокосы и пастбища по своей экологической значимости мало отличаются от природных лугов. Это дает основание считать их полуприродными и при расчетах экологической стабильности ландшафтов учитывать отдельной строкой.

Таким образом, при обосновании структуры ландшафтов (состава и соотношения различных биотических элементов) необходимо учитывать с одной стороны требования сохранения экологической стабильности ландшафтов и минимизации негативного воздействия хозяйственной деятельности на биоразнообразие, почвенные, биологические и водные ресурсы, с другой – необходимость производства сельскохозяйственной или иной продукции. Иными словами, необходима оптимизация структуры ландшафтов как основы хозяйственной деятельности. [21, 139] Проблема эта чрезвычайно сложна и до настоящего времени не разработана. Попытки обоснования оптимальной структуры природно-хо-

зйственных ландшафтов были предприняты Одумом (1987) и Реймерсом (1994).

Совокупность рассмотренных выше процессов привела к серьезному нарушению устойчивости экосистем в мире и в России [119, 120, 143, 185, 201] (табл. 1.16, рис. 1.8).

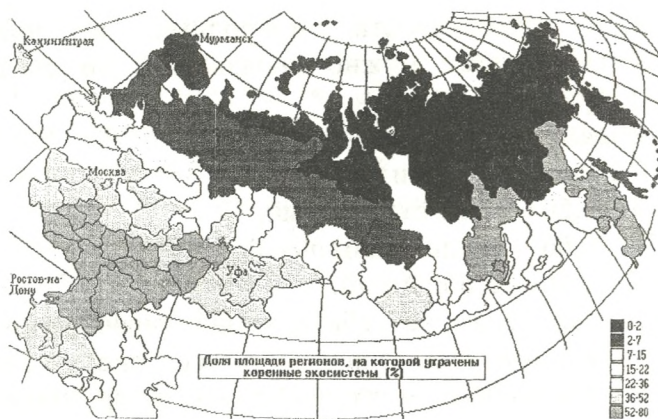


Рис. 1.8. Доля площади регионов России, на которой утрачены коренные экосистемы, %

Таблица 1.16

Площади нарушенных экосистем по регионам

Регион	Общая площадь, тыс. км ²	Ненарушенная территория, %	Частично нарушенная территория, %	Нарушенная территория, %
1	2	3	4	5
Европа	8759,3	15,6	19,6	64,9
Азия	53311,6	43,5	27,0	29,5
Африка	33985,3	48,9	35,8	15,4
Северная Америка	26179,9	56,3	18,8	24,9
Южная Америка	20120,3	62,5	22,5	15,1
Австралия	8487,3	62,3	25,8	12,0

Продолжение табл. 1.16

1	2	3	4	5
Антарктида	13209,0	100,0	0,0	0,0
Вся суша	162052,7	51,9	24,2	23,9
Вся суша*	134904,5	27,0	36,7	36,3

*Без учета ледяных, скалистых и оголенных поверхностей.

Изменение благосостояния человека

Биоразнообразие животного и растительного мира лежит в основе жизни на Земле. Человек в своей повседневной жизни, как и все остальные живые организмы, зависит от биоразнообразия. Потеря биоразнообразия оказывает прямое воздействие на здоровье и благосостояние человека. В Декларации «Выход из кризиса и новые начала», принятой по итогам встречи лидеров восьми стран, отмечается: «Мы признаем, что нынешние темпы потери биоразнообразия представляют собой серьезную угрозу, поскольку биологически разнообразные и устойчивые экосистемы играют важнейшую роль в обеспечении благосостояния людей, устойчивого развития и сокращения масштабов нищеты» [164].

Вместе с тем, в последние годы появились работы, в которых отмечается, что нет смысла рассматривать детально процессы, связанные с нарушением биоразнообразия. Первопричиной деградации биосферы, по мнению авторов этих работ, является неконтролируемый рост народонаселения, а все остальные процессы всего лишь следствие высокой численности людей на Планете. В связи с этим, при оценке нарушения функционирования биосферы предлагается использовать идеи, основанные на сопоставлении неких обобщенных показателей продукционной возможности (биоемкости) региона/страны с темпами потребления населением природных ресурсов и загрязнения природной среды (экологический след). Биоемкость — это площадь биологически продуктивной территории (папья, пастбища, сено-

косы, луга, леса, рыбопродуктивные зоны), которая может быть использована для удовлетворения потребностей населения. Экологический след – это площадь биологически продуктивных территорий, необходимых для производства потребной продукции, с учетом снижения продуктивности земель и ассимиляции отходов хозяйственной деятельности [1, 81]. Материалы указанных работ показывают, что биоемкость планеты остается более или менее постоянной. Некоторые увеличения биоемкости объясняется улучшением малопродуктивных земель за счет мелиорации. В то же время, экологический след за этот же период возрастает более, чем в 2 раза. Основными причинами роста экологического следа является деградация природной среды и увеличение численности населения. Превышение экологического следа над биоемкостью планеты отмечается на рубеже 1980 года и означает, что человечество в настоящее время живет не по средствам [1, 49, 81, 152] (табл. 1.17).

Таблица 1.17

Динамика биоемкости и экологического следа планеты

Годы	Показатели				
	Биоемкость, млрд. га	Экологический след, млрд га	Население, млрд чел.	Удельная биоемкость, га/чел.	Удельный экологический след, га/чел
1961	11,49	7,24	3,07	3,74	2,36
1965	11,51	8,36	3,32	3,47	2,52
1970	11,56	10,14	3,68	3,14	2,76
1975	11,60	11,22	4,05	2,86	2,77
1980	11,65	12,33	4,43	2,63	2,78
1985	11,74	12,57	4,84	2,43	2,60
1990	11,89	14,02	5,28	2,25	2,66
1995	11,96	14,85	5,71	2,09	2,60
2000	11,96	15,48	6,12	1,95	2,53
2005	11,92	17,29	6,51	1,83	2,66
2007	11,90	18,0	6,67	1,78	2,70

По регионам и странам соотношение биоёмкости и экологического следа различно. В 4-х из 7-и основных регионах мира экологический след существенно превышает биоёмкость [1, 81] (табл. 1.18, 1.19)

Таблица 1.18

Соотношение биоёмкости и экологического следа по регионам в 2005 г., га/чел

Регион	Биоёмкость	Экологический след
Африка	1,8	1,4
Ближний Восток и Центральная Азия	1,3	2,3
Азиатско-Тихоокеанский	0,8	1,6
Южная Америка	4,8	2,4
Северная Америка	6,5	9,2
Европа	2,3	4,7
Австралия	15,4	7,8

Таблица 1.19

Соотношение биоёмкости и экологического следа в 2005 г. по странам, га/чел

Страна	Биоёмкость	Экологический след
1	2	3
Канада	20	7,1
Швеция	10	5,1
Россия	8,1	3,7
Бразилия	7,3	2,4
США	5,0	9,4
Казахстан	4,3	3,4
Туркменистан	3,7	3,9
Франция	3,9	4,9
Украина	2,4	2,7
Германия	1,9	4,2

Продолжение табл. 1.19

1	2	3
Мексика	1,7	3,4
Киргизстан	1,7	1,1
Испания	1,3	5,7
Швейцария	1,3	5,0
Италия	1,3	4,8
Китай	0,9	2,1
Япония	0,6	4,9
Узбекистан	0,6	0,9
Таджикистан	0,6	0,7
Индия	0,4	0,9

Приведенные в табл. 1.18 и 1.19 данные лишь подтверждают общеизвестный факт, что обеспечение быстро растущего населения наносит все больший ущерб природной среде. Использование таких условных показателей, как биоемкость и экологический след не отражает истинного положения дел. Так, например, Россия обладает огромным резервом биоемкости, что, казалось бы, говорит об экологическом благополучии. Материалы же имеющихся исследований показывают совершенно иную картину; техногенная нагрузка и площади разрушенных экосистем существенно превышают предельные значения [24, 26, 119, 120].

Опасность превышения предельных значений техногенного воздействия на природу заключается в том, что в этом случае начинается самопроизвольное разрушение экосистем. Это обстоятельство никак не учитывается при расчете экологического следа. И совсем уже необоснованными выглядят попытки решения демографических и экологических проблем за счет установления экологически допустимой численности населения по регионам и странам. В основу таких расчетов положены биоемкость и экологический след. В соответствии с расчетами, в мире в настоящее время насчитывается более двух миллиардов «лишних» людей, не обеспеченных биоресурсами [152] (табл. 1.20).

Таблица 1.20

Соотношение биоёмкости по странам мира (2007 г.)

Показатель	Китай	Индия	Европа	Япония	Мир в целом
Население, млн чел.	1337	1165	731	127	6672
Биоёмкость, млн га	1307	594	1128	76	11900
Экологический след, га/чел.*	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
Допустимая численность населения, млн чел.	497	226	429	29	4525
Перенаселение, млн чел.	840	939	302	98	2147

*Экологический след принят в среднем по миру. См. табл. 1.17.

Для приведения численности народонаселения в соответствие с допустимыми пределами рекомендуются жесткие меры по регулированию рождаемости, наподобие мер, применяемых в Китае.

Не менее экзотическими выглядят предложения о перераспределении населения между странами без изменения существующей численности [49] (табл. 1.21).

Таблица 1.21

Перераспределение «лишних» людей по странам

Страна	Существующее население, млн чел.	Допустимая численность населения, млн чел.	Резерв роста численности населения, млн чел.
Бразилия	186	656	470
Россия	142	563	421
Канада	32	313	281
Австралия	20	151	131
Аргентина	39	126	87
Боливия	9	67	58
Конго	4	111	107

Расчеты возможности перераспределения «лишних» людей выглядят просто наивно. Приведенные выше материалы показали, что нарушение биоразнообразия снизило не только устойчивость и продуктивность экосистем, но и поставило под угрозу само существование человека.

Природная система представляет собой, с одной стороны, природный объект, включающий совокупность экосистем, а с другой – природный ресурс, то есть ряд взаимодействующих и взаимообусловленных компонентов (атмосфера, биота, почва, водные и другие природные ресурсы), которые используются человеком. Природная система как природный объект осуществляет функции регулирования состояния системы в целом и предоставляет человеку экосистемные услуги, которые включают [24, 204]:

- регулирование биоразнообразия;
- регулирование климата и качества атмосферного воздуха;
- регулирование режима и качества водных ресурсов;
- продуцирование биомассы;
- регулирование процессов почвообразования;
- регулирование благосостояния человека.

Система, как природный ресурс, предоставляет человеку материальные услуги и блага – продовольствие, сырье, топливо, генетические ресурсы дикой природы, чистую воду, воздух и др.

Следовательно, материальные блага и здоровье человека непосредственно определяются экосистемными услугами. Поэтому, основными вопросами при решении проблем мелиорации земель должно быть изучение механизмов, определяющих состояние природных экосистем и благосостояние человека. Именно поэтому современная концепция устойчивого развития объединяет три основные проблемы – экологическую, социальную и экономическую. Экологические и социальные проблемы не случайно считаются приоритетными, поскольку именно они ограничивают экономическое развитие стран и благосостояние населения.

Роль экологических и социальных факторов заключается не только в том, что нарушение экосистемных услуг влечет за собой загрязнение и истощение природных ресурсов. Эти проблемы, в принципе, можно было бы решить за счет стабилизации промышленного производства, внедрения «безотходных» и ресурсосберегающих технологий, снижения темпов потребления возобновляемых и невозобновляемых природных ресурсов и других мероприятий. Проблема в другом – функционирование открытой неравновесной системы «природа – человек» подчиняется второму началу термодинамики и в ней действуют биологические механизмы, регулирующие как состояние природной среды, так и жизнедеятельности человека [24, 148]. Действие этих механизмов известно как принцип Ле-Шателье – Брауна, описывающий общесистемную закономерность, согласно которой любое изменение состояния системы, вызванное как внешними, так и внутренними причинами, порождает в системе процессы, направленные на компенсацию этого изменения. Однако необходимо иметь в виду, что существуют пороговые величины антропогенной нагрузки на природную среду, выше которых действие принципа Ле-Шателье – Брауна нарушается. При превышении пороговых значений нагрузки изменение природных экосистем происходит уже независимо от того, продолжается увеличение нагрузки на среду, или она стабилизировалась. В этом случае наступает фаза самопроизвольного разрушения природных экосистем [204].

Попытки применения традиционных методов моделирования в природопользовании и природообустройстве пока не увенчались успехом. Все трудности моделирования имеют одну общую причину – редукционизм и невозможность использования существующих моделей для описания динамики сложных неравновесных природных систем. Вместе с тем, отсутствие моделей, основанных на представлениях неравновесной термодинамики, не может служить причиной отказа от попытки решения экологических и социальных проблем. Возможной альтернативой редукцио-

низу является системный анализ, который позволяет обобщить данные многочисленных исследований состояния природных систем и человека. Это дает возможность получить эмпирические зависимости между явлениями и не только составить адекватное формальное описание поведения природных экосистем, но и в первом приближении учесть необратимый характер природных процессов. Для этого необходимо установить связь между площадями разрушенных и трансформированных экосистем и интенсивностью антропогенного воздействия на природную среду. Показатель антропогенного воздействия ($\bar{\omega}$) был предложен Одумом для оценки суммарного эколого-социально-экономического эффекта при различных соотношениях преобразованных и естественных угодий [139].

Для оценки площадей разрушенных экосистем, в зависимости от степени нарушенности структуры и биоразнообразия воспользуемся материалами отечественных и зарубежных исследований [24, 26, 27, 29, 33, 38, 53, 66, 67, 97, 105, 119, 120, 125, 149]. При этом учитывались особенности природных условий и масштабы урбанизации. Расчеты выполнены для почвенно-климатических зон России. Обобщение и статистическая обработка многочисленных данных позволили получить зависимость площади разрушенных экосистем от ($\bar{\omega}$) в виде

$$\bar{Э}_o = a\bar{\omega} + b\bar{\omega}^2, \quad (1.8)$$

где $\bar{Э}_o$ – площадь разрушенных экосистем, %; ($\bar{\omega}$) – степень нарушенности структуры экосистем; а и в – коэффициенты, значения которых приведены в табл. 1.22.

Таблица 1.22

Значения коэффициентов *a* и *b*

Природно-климатическая зона	<i>a</i>	<i>b</i>
Лесная	0,4	0,04
Лесостепная	0,5	0,02
Степная	0,6	0,015
Сухостепная	0,4	0,045

Полученные зависимости, несмотря на их простоту, оказались очень информативными:

во-первых, нелинейность связи свидетельствует о том, что в открытой системе «природа – человек» происходят не только обратимые, но и необратимые биологические процессы, которые могут привести к разрушению системы;

во-вторых, они позволяют оценить пороговые значения нагрузки на систему ($\bar{\omega} \leq 15...25\%$), при которых перестает действовать принцип Ле-Шателье – Брауна, то есть экосистемы начинают самопроизвольно разрушаться. При этом процесс самопроизвольного разрушения экосистем усиливается во времени даже при сохранении существующей нагрузки на систему [24]. Изменение (\mathcal{E}) во времени описывается выражением

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E} \exp(0,01t), \quad (1.9)$$

где \mathcal{E} – площади разрушенных и трансформированных экосистем в момент времени $t = 0$, %; $\mathcal{E}(t)$ – то же самое в любой момент времени $t > 0$; t – время, годы;

в-третьих – антропогенная нагрузка на природные системы в России значительно превышает пороговые значения, что объясняет потерю экологической устойчивости и ухудшение благосостояния населения;

в-четвертых, полученные результаты дают возможность подойти к оценке экологической эффективности мелиорации земель, направленной на улучшение состояния природной среды. Основными целями стратегии решения проблем мелиорации земель являются: восстановление качества нарушенных экосистемных функций и услуг; улучшение состояния природных экосистем до уровня, при котором будет восстановлено действия принципа Ле-Шателье – Брауна, то есть использование биологических механизмов, регулирующих состояние системы «природа – человек» не во вред, а во благо человека.

Совершенно очевидно, что для решения этих проблем необходимо изменение концепции мелиорации земель, то

есть изменение технологии промышленного и сельскохозяйственного производства и структуры экономики России.

Однако прежде чем говорить об экологической, социальной и экономической эффективности мелиорации земель необходимо рассмотреть ряд вопросов, включающих:

- возможность восстановления нарушенных экосистем и время их релаксации;

- возможность улучшения режима и качества поверхностных вод;

- методы оценки экологической ценности земель как природного объекта (совокупность экосистем) и экологических ущербов;

- методы оценки экологической эффективности системы мероприятий;

- методы оценки социальной эффективности мероприятий.

Данные многочисленных исследований дают основание утверждать, что нарушенные экосистемы после снятия (или уменьшения) антропогенной нагрузки самостоятельно восстанавливаются достаточно быстро. Однако это восстановление возможно лишь в тех случаях, когда снижение биоразнообразия и продуктивности экосистем не превышает 30...50 %. При превышении этого предела восстановление нарушенных экосистем требует существенных затрат и значительно большего времени.

Существующий опыт восстановления черноземельских пастбищ на юге России, а также сильно деградированных земель Великих равнин в США, являются наглядным подтверждением этому. Таким образом, проблема заключается не в возможности, а в сроках релаксации нарушенных экосистем до уровня, при котором восстанавливается действие принципа Ле-Шателье – Брауна, т.е. предотвращается самопроизвольное разрушение экосистем и дальнейшее развитие процессов деградации земель. Восстановление деградированных земель в России и США потребовало 15-25 лет.

Таким образом, восстановление состояния природных экосистем возможно, но требует существенных затрат и

времени, и чем раньше будет осознана необходимость восстановления, тем меньше будут ущербы и затраты.

Для оценки социальной эффективности мероприятий по улучшению состояния экосистем необходимо знать связь между уровнем благосостояния населения и площадью разрушенных экосистем. В качестве показателя благосостояния населения целесообразно использовать индекс человеческого развития (ИЧР), отражающий продолжительность жизни, уровень доходов и образования населения. Такая связь получена нами на основании обобщения имеющихся данных [24, 29, 90]

$$ИЧР = 1,9 - \exp(0,0025 Э_k), \quad (1.10)$$

Глава 2. ЭКОЛОГИЯ И ЭКОНОМИКА

В предыдущей главе были проанализированы причины и масштабы деградации природных экосистем и снижения благосостояния населения. Приведенный анализ показал, что нарушение биоразнообразия снизило продуктивность и устойчивость экосистем, стабильность сельскохозяйственного производства и поставило под угрозу существования человека. В связи с этим, основной проблемой взаимоотношения человека с природой является обеспечение растущих потребностей населения, с одной стороны, и сохранение биоразнообразия и экосистемных услуг – с другой, то есть поддержание необходимого баланса между этими противоречивыми требованиями.

Суть этой проблемы заключается в том, что экология и экономика представляют собой две стороны одной междисциплинарной отрасли научных знаний. Экология как наука изучает сложные взаимосвязи живых организмов с органическими и неорганическими компонентами природной среды, а экономика – процессы управления этими взаимосвязями. В литературе эта область научных знаний получила

несколько названий: экономика природы, экономика природопользования, биоэкономика, экологическая экономика.

Современная концепция взаимодействия человека с природой основывается на идеях устойчивого развития, которые объединяют три основных проблемы – экологическую, социальную и экономическую. В то же время многие государства, несмотря на это, продолжают считать, что здоровая экономика должна базироваться на все возрастающих количествах энергии, интенсивном использовании природных ресурсов для производства необходимых товаров, создании рабочих мест и получении прибыли. Социальный и природный капиталы, включающие благосостояние населения и экосистемные услуги, учитывается недостаточно, или вообще не учитывается. В основе принципов экономического и социального развития лежат эконометрические модели, основанные на линейных соотношениях, отражающих те или иные кратковременные тенденции в экономике.

До сих пор одним из основных экономических и политических показателей развития государства считается внутренний валовый продукт (ВВП). ВВП представляет собой рыночную стоимость всех конечных товаров и услуг, производимых за год в результате использования природных ресурсов во всех отраслях экономики и предназначенных для непосредственного потребления, экспорта и накопления. Однако еще в 1934 г. автор концепции ВВП (С. Кузнец) предупредил, что с помощью ВВП можно оценить только относительное развитие экономики, но не благосостояние населения, социальные издержки и воздействие на природную среду. ВВП никогда не предназначался для оценки социальных и экологических факторов [85].

Практика показала, что развитие экономики и производство товаров и услуг неизбежно сопровождается снижением биоразнообразия и деградацией природной среды, поэтому ВВП в той или иной мере должен отражать степень воздействия развития экономики на природную среду. Многочисленные данные свидетельствуют о наличии связи между ВВП, средней продолжительностью жизни и благополучием

населения. Средняя продолжительность жизни и благосостояние населения возрастают при росте ВВП до 7...10 тыс. долл. на человека. Дальнейший рост ВВП не сказывается на этих показателях. Экологичность ВВП можно оценить, используя отношение экологического следа к биоемкости, по странам мира [202, 205] (табл. 2.1)

Таблица 2.1

Экологичность ВВП

ВВП, тыс. \$/чел.	0,5	1,0	5,0	10	20	30	40
Отношение экологического следа к биоемкости	0,04	0,08	0,30	0,70	1,7	1,9	2,0
Индекс человеческого развития	0,35	0,50	0,75	0,85	0,92	0,90	0,88

Приведенные в табл. 2.1 данные свидетельствуют о том, что стремление увеличить ВВП противоречит требованиям устойчивого развития, так как приводит к деградации природной среды. Связь ВВП с основными макроэкономическими показателями отражает лишь общие мировые тенденции и не может быть использована для планирования и оценки развития экономики страны.

Вопросы разработки показателей, обеспечивающих более объективную оценку эффективности экономического развития в мире и отдельных странах, оказались в центре внимания, начиная с 1992 г. В 1993 г. Статистическим отделом Секретариата ООН была предложена система учета эколого-экономической эффективности в национальных статистиках (Зеленые счета) [85]. Система Зеленых счетов, введенная Всемирным банком, существенно расширила

статистиках (Зеленые счета) [85]. Система Зеленых счетов, введенная Всемирным банком, существенно расширила представление о действительной эффективности экономического развития государств. Эти счета учитывают, наряду с традиционными экономическими показателями, рыночную стоимость истощения и загрязнения природных ресурсов. В качестве основного макроэкономического показателя устойчивости развития экономики приняты валовые внутренние и истинные сбережения [12]. Валовые внутренние сбережения (B_0) – статистический показатель равный разности между ВВП и совокупным частным и государственным потреблением. Истинные сбережения (G) представляют собой валовые внутренние сбережения, скорректированные с учетом обесценивания физического капитала (B_1), расходов на образование (B_2), истощения природных ресурсов (B_3) и ущерба от загрязнения природной среды (B_4)

$$G = B_0 - B_1 + B_2 - B_3 - B_4. \quad (2.1)$$

Все входящие в выражение (2.1) величины принимаются в % от ВВП. Расходы на образование рассматриваются как инвестиции в развитие экономики.

Прежде чем анализировать данные Всемирного банка рассмотрим методы расчета ущерба (B_3 и B_4). Для расчета этих величин используются международные рыночные цены. Истощение природных ресурсов оценивается как общий (рентный) доход от их извлечения. Ущерб сельскохозяйственным землям рассчитывается на основании среднего дохода для трех основных зерновых культур (рис, пшеница, кукуруза). Ущерб лесным угодьям оценивается по ежегодному доходу от заготовки леса-кругляка + эффект от побочной продукции леса (145 \$/га в развитых и 112 \$/га – в развивающихся странах). Величина ущерба от выбросов загрязняющих веществ рассчитывается только для CO_2 и аэрозолей с использованием нормативных методов [4, 8, 9, 11, 12].

Основные показатели Зеленых счетов по странам в 2010 г.

Показатели	Страны						
	1	2	3	4	5	6	7
ВВП, тыс. \$/чел.	8,0	46,4	42,7	42,0	2,9	1,1	15,2
Особо охраняемые территории, % от общей площади	14,4	27,1	26,2	15,4	15,1	4,8	9,0
Индекс биоразнообразия, (0-100)	-	94,2	0,6	5,3	66,6	39,9	34,1
ВВП на единицу использованной энергии	5,4	5,5	8,2	7,4	3,4	4,9	1,9
Импорт энергии, % от произведенной	0	0	0	0	0	0	66
Эмиссия CO ₂ на единицу ВВП	0,5	0,5	0,3	0,2	1,0	0,6	1,4
Детская смертность (на 1000 чел.)	67	8	4	4	21	60	13
Валовые внутренние сбережения, % ВВП	20,9	12,6	24,9	18,7	53,9	38,2	32,8
Потребление основного капитала, % ВВП	13,0	14,0	13,8	13,9	10,1	8,5	12,4
Истощение энергетических ресурсов, % ВВП	3,9	1,9	0,3	0	6,7	4,9	20,5
Истощение минеральных ресурсов, % ВВП	0,5	0,1	0	0	1,7	1,4	1,0
Ущерб от выбросов аэрозолей, % ВВП	0,2	0,1	0	0	0,8	0,5	0,1
Ущерб от выбросов CO ₂ , % ВВП	0,4	0,3	0,2	0,1	1,3	1,2	0,9
Истощение лесных ресурсов, % ВВП	0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-1,6	-0,3	0,4

1 – мир в целом; 2 – США; 3 – Германия; 4 – Франция; 5- Китай; 6 – Индия; 7 – Россия

Динамика истинных сбережений по странам, % ВВП

Годы	Азербайджан	США	Иран	Казахстан	Германия	Норвегия	Россия*
1995	-43,16	-	-4,32	-14,50	-	6,90	-0,85
1996	-	-	-	-	-	-	-0,95
1997	-32,08	-	-8,28	-24,69	-	8,49	-2,09
1998	-	-	-	-17,39	-	-	-5,86
1999	-24,94	-	-15,99	-23,53	-	10,06	-11,64
2000	-37,90	3,0	-16,00	-48,24	10,10	14,60	-14,0
2001	-35,22	-	-35,33	-37,53	11,00	10,93	-12,07
2002	-	-	-	-33,11	-	-	-6,70
2003	-38,50	9,20	-5,60	-27,97	9,00	8,48	-8,75
2004	-35,30	6,40	-10,00	-34,16	9,50	18,40	-6,46
2005	-35,10	7,00	-15,51	-36,93	10,00	9,54	-8,84
2006	-40,00	4,00	-22,45	-32,91	9,70	9,35	-13,50
2007	-37,90	3,00	-16,00	-37,60	10,10	14,60	-7,76
2008	-39,70	4,10	-22,70	-33,20	12,10	9,20	-13,80
2009	-6,60	2,00	7,30	-9,90	14,30	15,50	1,40
2010	-0,10	6,80	0,40	2,50	6,80	16,20	1,50

* Для России использованы средние величины истинных сбережений из разных источников

Таким образом, истинные сбережения как показатель устойчивости развития экономики учитывают только рыночную стоимость ущерба природным ресурсам. Деграция природных экосистем и снижение ценности экосистемных услуг не рассматриваются. Но даже такой рыночный подход выявил несовершенство существующих методов оценки эффективности экономического развития по величине ВВП. В табл. 2.2, 2.3 приведены основные показатели Зеленых счетов по ряду стран [12].

Приведенные в табл. 2.2 данные показывают, что Россия по большинству макроэкономических показателей (в 2... 4 раза) уступает не только развитым странам. Это касается величины ВВП, эффективности производства, экспорта энергетических ресурсов, истощения природных ресурсов и объема техногенных загрязнений. Не менее важным является также ограниченная площадь заповедных территорий в России. Для примера отметим, что доля заповедных территорий составляет: в Швеции – 22,8 %; Норвегии – 25,3; Финляндии – 30,8 [12].

Для более полного понимания устойчивости экономики рассмотрим данные по величине истинных сбережений. Отметим сразу, что величины истинных сбережений в России по различным источникам не совпадают. Это несоответствие связано с несовершенством методики расчета истинных сбережений (полнота учета различных факторов воздействия на природу). [12, 72, 85, 92, 123, 161, 165, 198] (табл. 2.3).

Отрицательные значения истинных сбережений связаны со значительными величинами ущербов природной среде. Так, ущербы природной среде в среднем за 1995-2010 гг. по странам составляют (в % ВВП): Азербайджан – 31,2; Казахстан – 29,4; Иран – 15,7; Россия – 8,1 [12].

Обобщение приведенных материалов наглядно показывает, что традиционная оценка развития экономики по величине ВВП не отражает действительного положения. Несмотря на рост ВВП, продолжается истощение природных ресурсов и разрушение экосистем. Постоянные отрицатель-

ные значения истинных сбережений в развивающихся странах, богатых природными ресурсами, находятся в противоречии с требованиями устойчивого развития. Большая часть добытых природных ресурсов поступает на экспорт, а полученный от них доход расходуется на импорт продовольственных и промышленных товаров и оборудования. Таким образом, эти страны являются «донорами устойчивости» развитых стран, подрывая свои экологический, социальный и экономический потенциалы. Разумно было бы использовать доходы, получаемые от продажи природных ресурсов в качестве источника финансирования и развития собственной экономики. Объем инвестиций в развитие экономики в развивающихся странах не превышает 20...40 % от внутренних валовых сбережений, в то время как в развитых странах он составляет 55...111 % [12].

В целом, несмотря на явные преимущества, методика Всемирного банка содержит серьезные недостатки, основными из которых являются нормативные (рыночные) методы расчета истинных сбережений и оценки национального богатства государств. Это приводит, во-первых, к занижению ущерба природной среде, во-вторых – к неверной оценке различных видов национального богатства. В общем объеме национальных богатств доминируют человеческий капитал, за ним следуют производственные активы и только потом – природный капитал [72, 147] (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Национальное богатство по регионам мира,
тыс. \$/чел. (1994 г.)

Регион	Национальное богатство	В том числе		
		Человеческий капитал	Производственные активы	Природный капитал
1	2	3	4	5
Северная Америка	326	249	62	16
Южная Америка	95	70	16	9

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5
Центральная Америка	52	41	8	3
Карибский бассейн	48	33	10	5
Западная Европа	237	177	55	6
Ближний Восток	150	65	27	58
Восточная Азия	47	36	7	4
Южная Азия	22	14	4	4
Восточная и Южная Африка	30	20	7	3
Западная Африка	22	13	4	5
Северная Африка	55	38	14	3

В среднем, соотношение между тремя видами национального богатства составляет: человеческий капитал – 68 %, производственные активы – 20, природный капитал – 12.

В таблице 2.5 приведены мировые данные, характеризующие соотношение стоимости природного капитала по различным видам земельных угодий [72].

Таблица 2.5

Соотношение стоимости природного капитала по видам земельных угодий, \$/чел.

Показатели	Общая стоимость	В том числе				
		Пастбища	Пашня	Леса	ООПТ	Недра
Стоимость	7630	916	4196	992	458	1068
%	100	12	55	13	6	14
Коэффициент вариации	1,37	0,86	0,45	1,14	6,10	2,0

Из таблицы видно, что потребительская стоимость различных угодий определяется в основном хозяйственной (рыночной) стоимостью. Наиболее дорогими с этих позиций являются пахотные земли, наиболее дешевыми – охраняемые территории, хотя с точки зрения экологической ценности угодий все обстоит как раз наоборот [21, 24]. Природный капитал составляет экологическую основу жизни человека и является фундаментальной составляющей национального богатства.

Приняв земли охраняемых территорий (естественные угодья) за единицу, оценим действительное соотношение стоимости различных угодий (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Относительная стоимость угодий

Показатели	ООПТ	Пашня	Леса	Пастбища и сенокосы
Методика Всемирного банка	1,0	9,2	2,2	2,0
Экологическая оценка	1,0	0,14	0,9	0,7

Приведенные данные дают основание утверждать, что именно рыночный подход к оценке стоимости природного капитала привел к глубокому вмешательству в природные процессы, их резкому изменению и снижению благосостояния населения. По имеющимся данным, экологическая ценность природного капитала на 1...2 порядка выше, чем его рыночная стоимость [2, 24].

Учет этого обстоятельства приводит к необходимости коренного пересмотра оценки национального богатства и эффективности экономического развития страны. В последнее время в России для оценки эффективности экономики предлагают использовать критерии, включающие [42]:

энергетическую эффективность – ВВП/Э;

экологическую эффективность – ВВП/В;

технологическую эффективность – Э/В.

Здесь: Э – затраты энергии; В – технологические выбросы и сбросы. Все величины измеряются в натуральных единицах (руб., кВт/ч, т).

Первый показатель по своей сути аналогичен таковому в методике Всемирного банка (ВВП на единицу использованной энергии). Вторым и третьим показателями характеризуют энерго- и материалоемкость производства и воздействие на природную среду. Введение этих показателей позволяет оценить общие тенденции развития экономики страны (табл. 2.7, 2.8).

Таблица 2.7

Динамика индикаторов по годам, %

Индикаторы	Годы					
	2000	2002	2004	2006	2008	2010
ВВП	100	111	125	146	165	170
В	100	110	118	124	128	130
Э	100	102	104	109	110	113

Таблица 2.8

Динамика показателей энергетической, экологической и технологической эффективности, %

Показатели	Годы					
	2000	2002	2004	2006	2008	2010
ВВП/Э	100	109	120	134	150	151
ВВП/В	100	102	110	118	130	135
Э/В	100	92	90	88	86	87

Рост ВВП (один из самых высоких в мире) и энергетической эффективности в России, по мнению авторов, свидетельствует об устойчивом развитии экономики [42]. Однако динамика остальных показателей подтверждает выводы Всемирного банка о том, что развитие экономики в России

не отвечает требованиям устойчивого развития. Постоянный рост ВВП достигается не за счет модернизации производства, а за счет импорта, истощения и загрязнения природных ресурсов (см. табл. 2.2, 2.3). Объем техногенных выбросов и сбросов растет быстрее, чем энерговооруженность страны, которая за 10 лет выросла всего на 13 %. Увеличение техногенных выбросов и сбросов говорит о снижении технологической эффективности. Что же касается экологической эффективности, то вывод о ее росте представляется необоснованным. Это подтверждается постоянными отрицательными значениями истинных сбережений и разрушением природных экосистем в большинстве регионов страны (см. табл. 2.3. и рис. 1.8). Снижение технологической эффективности видно из сопоставления эффективности деятельности с/х производителей, которая в 3...5 раз ниже, чем в развитых странах [86] (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Эффективность сельскохозяйственной деятельности по странам

Страна	Численность населения, занятого в сельском хозяйстве, тыс. чел.	Объем с/х продукции, \$/чел.
Канада	389	74448
Италия	636	73146
Испания	622	63212
Финляндия	120	57960
Германия	715	46674
Россия	2952	14216

Система «зеленых счетов», разработанная Всемирным банком, была положена в основу оценки эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов [131, 132]. Эта оценка исходила из традиционных утилитарных представлений, включающих:

стремление получить максимальную материальную выгоду;

возможность полного восстановления нарушенных экосистем за счет осуществления природоохранных мероприятий;

оценку стоимости природоохранных мероприятий как рыночную стоимость ущерба отдельным компонентам природных экосистем;

однозначность выбора расчетного варианта без оценки устойчивости природных экосистем и требований устойчивого развития;

рыночные отношения как основу достижения успеха, для чего не требуется государственного управления и контроля.

В рамках этих представлений разработаны критерии оценки эколого-экономической эффективности, учитывающие выгоды и ущербы в долгосрочной перспективе. Одним из таких критериев является чистый дисконтированный доход (ЧДД). ЧДД представляет собой превышение суммарных эффектов над суммарными затратами и ущербами за весь расчетный период [107, 131, 132]

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T (R - Z - Y)(1 + E_n)^{-t}, \quad (2.2)$$

где R – результаты, достигаемые в момент времени t расчетного периода T , руб.; Z – затраты, осуществляемые в момент времени t , включая вложения в основной капитал и текущие затраты, руб.; Y – ущерб природной среде, в том числе растительному и животному миру, почвам, водным ресурсам и населению, руб.; E_n – норматив дисконтирования; T – расчетный период, годы.

Обязательным условием эффективности инвестиционных проектов является $\text{ЧДД} > 0$. При сравнении альтернативных проектов предпочтение должно отдаваться варианту с максимальным значением ЧДД. ЧДД как показатель эффективности инвестиционных проектов обладает неоспоримыми преимуществами, по сравнению с другими критериями. Он в принципе позволяет учитывать экологические, со-

циальные, экономические и временные факторы, стоимость природного и человеческого капитала и основные цели инвестиционных проектов (интенсивная эксплуатация природных ресурсов с целью получения быстрой отдачи, или максимальный учет требований устойчивого развития).

Вместе с тем, практика показывает, что при использовании ЧДД не учитывается, во-первых, ценность экосистемных услуг, во-вторых, отсутствует ответ на вопрос, как поведет себя природная система, будет ли это состояние динамического равновесия, или деградация природной среды. Ответы на эти вопросы жизненно важны, поскольку от состояния природной среды зависит не только благополучие, но и само существование человека. В связи с этим, ЧДД является необходимым, но недостаточным условием, определяющим эффективность экономического развития. Вторым обязательным условием должны быть допустимые пределы степени нарушенности природных экосистем. Это связано с тем, что полное восстановление нарушенных экосистем принципиально невозможно, их можно и нужно восстанавливать до уровня, при котором сохраняется действие принципа Ле-Шателье – Брауна, то есть устойчивость и исключается самопроизвольное разрушение экосистем.

Отмеченные недостатки свидетельствуют о том, что современная практика использования ЧДД требует уточнения. Это относится к двум величинам, входящим в выражение (2.2) – оценке экологического ущерба и обоснованию ставки дисконтирования. Ущерб природным ресурсам рекомендуется определять покомпонентно с использованием нормативных методов оценки, основанных на использовании законодательно установленных стоимостных показателей и фиксированных величин, заменяющих оценку реальных затрат. Используемые в России методики оценки ущерба природной среде, включают показатели хозяйственной деятельности, которые сводятся к двум основным типам:

расчет ущерба через оценку снижения биологической продуктивности (урожайности сельскохозяйственных культур);

определение ущерба по величине затрат на охрану, воспроизводство или восстановление природной среды.

Наибольшее распространение получили методики, основанные на использовании минимального размера заработной платы при исчислении штрафов или компенсации ущерба [107, 128, 129, 131, 132, 141]. В результате таких расчетов ущерб природной среде искусственно занижается.

Совершенно необоснованной является и покомпонентная оценка ущерба. Это противоречит самой идее оценки экологического ущерба. Экосистема – это динамический комплекс сообществ растений, животных, микроорганизмов и неживой природы, взаимодействующих как сложное функциональное единство. Живые организмы в экосистемах не просто сосуществуют, они живут за счет друг друга. Нарушение одного или нескольких компонентов приводит к развитию цепных реакций и деградации экосистем, вплоть до полного их разрушения. В качестве примера можно привести экосистему Камчатки. Исчезновение или нарушение популяции лососей, являющейся основным источником белков и жиров для хищных животных и птиц, может привести к разрушению всей экосистемы. Поэтому покомпонентный подход к оценке экологического ущерба не приемлем, так же, как и устойчивое убеждение – чем больше компонентов будет учтено при расчете ущерба, тем лучше.

Не менее важным является обоснование ставки дисконтирования. При существующей в России рыночной экономике ставка дисконтирования рассматривается как норма прибыли на вложенный капитал и принимается на уровне ставки банковских депозитов (6...8 %). Такой подход к обоснованию ставки дисконтирования не учитывает возможные ущербы природной среде в перспективе, то есть требования устойчивого развития. В связи с этим, лесовосстановление со сроком воспроизводства природного потенциала 60-80 лет оказывается не конкурентоспособным по сравнению с проектами, обеспечивающими быструю отдачу (например, орошение или осушение земель). Концепция устойчивого развития требует иного подхода к обоснованию

ставки дисконтирования, особенно в сфере природообустройства и мелиорации земель, когда основная цель заключается не в получении максимальной прибыли, а в сохранении биоразнообразия и ценности экосистемных услуг в долгосрочной перспективе. Выполненный анализ показал, что основное требование устойчивого развития, которое предусматривает комплексное решение экологических, социальных и экономических проблем в России, не стало еще нормой [201].

Таким образом, экономика, основанная на традиционных рыночных отношениях и нацеленная на получение максимальной прибыли, должна уступить место экономике природообустройства, основной целью которой является сохранение биоразнообразия и экосистемных услуг. При такой постановке проблемы необходимо вместо рыночной стоимости природных ресурсов учитывать их экологическую ценность [2, 11]. Понятие «экологической ценности» шире, чем понятие «рыночной цены», так как связано с нематериальными экосистемными услугами, которые природная среда предоставляет человеку. Сложность оценки экологической ценности заключается в том, что экосистемные услуги не вовлечены в рыночные отношения и не имеют формальной цены.

В состав экосистемных услуг входят: регулирующие (биоразнообразие, климат, качество атмосферного воздуха и водных ресурсов, производство биомассы и др.); обеспечивающие (продовольствие, сырье, топливо, генетические ресурсы); культурные (духовные, рекреационные, эстетические). Краткий перечень экосистемных услуг приведен в первой главе.

Спрос на экосистемные услуги в настоящее время настолько велик, что замена одних услуг другими стало правилом. Вместе с тем следует учитывать, что экосистемы – это сложные динамические образования, в которых существуют жесткие ограничения возможных замещений. Можно увеличить производство продовольствия за счет перевода лесных экосистем в агроценозы или за счет орошения суще-

ствующих пахотных земель, но при этом сокращается обеспечение другими экосистемными услугами, такими, как биоразнообразие, климат и т.д.

В последние годы опубликовано много работ, посвященных оценке экосистемных услуг [2, 4, 24, 29, 48, 86, 116, 140, 142, 143, 147, 164, 197, 200, 203, 205]. Основная проблема при этом заключается в отсутствии четких представлений о составе и качестве экосистемных услуг. В связи с этим, в расчетах учитывается различное количество экосистемных услуг (от 6 до 20 и более). В одних работах стоимость экосистемных услуг оценивается по отношению к рыночной стоимости природных ресурсов, в других – в денежном выражении. При оценке ценности экосистемных услуг используется метод замещения утраченных регулирующих, обеспечивающих и культурных услуг. Обобщение имеющихся материалов показало, что соотношение рыночной стоимости природных ресурсов и ценности экосистемных услуг колеблется от 1:5 до 1:100 (в среднем, 1:20...1:25). Ценность экосистемных услуг в денежном выражении, в зависимости от полноты учета основных факторов, изменяется от 23 до 100 тыс. \$/га (в среднем 40...50 тыс. \$/га) [14, 24, 29, 48, 86, 116, 123, 147, 203 и др.]. Для России ценность экосистемных услуг по различным природным зонам изменяется от 20 до 50 тыс. \$/га.

Используя полученные данные, а также выражения (1.7) и (1.8), можно определить ценность теряемых экосистемных услуг, в зависимости от масштабов и характера хозяйственной деятельности. Для этого, кроме площади нарушенных экосистем и ценности экосистемных услуг, необходимо знать уровень деградации природной среды. В качестве основного показателя уровня деградации можно использовать величину уменьшения биоразнообразия, поскольку именно оно определяет снижение ценности экосистемных услуг, а значит и величину экологического ущерба. Экологический ущерб можно оценить, используя выражение [24]

$$У = Э \cdot С, \quad (2.3)$$

где $У$ – экологический ущерб, руб.; $С$ – снижение ценности экосистемных услуг, руб. $С = \lambda \cdot Ц$; $Ц$ – ценность экосистемных услуг, руб.; λ – степень снижения биоразнообразия, в долях от единицы; \mathcal{E} – площадь нарушенных экосистем, в долях от единицы.

Для оценки ущерба здоровью населения можно использовать выражение [24, 87, 144]

$$З = 10 \cdot \mathcal{E} + 20 \cdot \mathcal{E}^2, \quad (2.4)$$

где $З$ – потери ВВП от ухудшения состояния здоровья населения, %.

Полный экологический ущерб составит

$$\sum У = У + З. \quad (2.5)$$

Для использования выражения (2.2) при оценке эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов необходимо уточнить ставку дисконтирования. С экономической точки зрения ставка дисконтирования, как уже отмечалось, представляет собой норму прибыли на вложенный капитал. С экологических позиций, ставка дисконтирования должна отражать не норму прибыли, а допустимый риск ухудшения природной среды в перспективе. Это вытекает из требований устойчивого развития, которые предусматривают необходимость сохранения природной среды для будущих поколений. Если устойчивое развитие подразумевает, что наши потомки будут нуждаться в экосистемных услугах так же, как и мы, то ставка дисконтирования должна быть нулевой. По имеющимся данным, уровень приемлемого экологического риска в природообустройстве не должен превышать 1...2 %. В этом случае, через 20 лет может сохраниться 67 % природных экосистемных услуг. Это соответствует требованиям Национальной стратегии сохранения биоразнообразия и Концепции долгосрочного социально-экономического развития России [103, 138, 164]. В указанных документах предусматривается сохранение биоразнообразия и улучшение к 2020 г. экологического состояния в 2...2,5 раза, по сравнению с современным.

Сложность обоснования допустимого риска заключается в том, что его снижение требует создания современных технологий, технически и экологически совершенных систем и сооружений. Это означает резкое увеличение капитальных затрат, ежегодных издержек и снижение экономической эффективности производства.

Исследования, выполненные в 1997-2009 гг., открыли новые перспективы в развитии экономики природообустройства [4, 24, 65, 72, 165]. Полученные результаты позволили не только в полной мере оценить смысл и значение триединой эколого-социально-экономической концепции устойчивого развития, но и разработать подходы к ее реализации. Как выяснилось, ущерб природной среде, рассчитанный на основе рыночной экономики, составляет всего 2...4 % от полного экологического ущерба [2...4, 24] (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Соотношение рыночного и полного экологического ущерба в США

Годы	ВВП, тыс. \$/чел.	Ущерб (рыночная экономика), % ВВП	Полный экологический ущерб, % ВВП	Экологически адаптированный ВВП, %
1950	6,9	-	23	77
1960	8,3	-	33	67
1970	10,4	-	40	60
1980	12,2	-	58	42
1990	23,2	-	66	34
1995	27,8	-	74	26
2000	35,2	-	76	24
2005	42,7	1,9	77	23
2006	44,8	2,0	78	22
2007	46,6	2,5	79	21
2008	47,2	2,5	80	20
2009	45,9	1,9	79	21
2010	47,1	2,4	80	20

Результаты исследований потребовали введения в практику оценки ущербов новый показатель – экологически адаптированный ВВП, который, в отличие от традиционного, учитывает снижение ценности экосистемных услуг и благосостояния населения.

Учет экологического ущерба в виде снижения ценности экосистемных услуг меняет представление о значении ВВП (чем больше, тем лучше) как основного показателя развития экономики. Основной проблемой мелиорации земель становится улучшение состояния экосистем до уровня, при котором сохраняется действие принципа Ле-Шателье – Брауна.

В заключение главы отметим, что для условий России первоочередные задачи мелиорации земель должны включать:

- увеличение энерговооруженности во всех отраслях производства;

- повышение технологической эффективности с целью резкого снижения энерго- и материалоемкости производства, загрязнения природной среды и повышения производительности труда, особенно в сельском хозяйстве;

- снижение степени нарушенности структуры природных ландшафтов и площадей разрушенных экосистем за счет лесовосстановления, перевода заброшенных земель в луга и пастбища, расширение площадей особо охраняемых территорий и снижения площади пахотных земель;

- изменение существующей концепции развития мелиорации земель, основной целью которой является комплексное решение экологических, социальных и экономических проблем.

Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Современное законодательство России в области земельных, водных отношений и охраны окружающей среды основано на требованиях комплексного решения экологических, социальных и экономических проблем, включающих [180, 181, 183]:

учет значения земли как основы жизни и деятельности человека;

приоритет охраны земли как важнейшего компонента природной среды и средства производства перед использованием ее в качестве недвижимого имущества;

приоритет охраны жизни и здоровья человека, согласно которому должны быть приняты такие решения, которые позволяют предотвратить негативное воздействие на природную среду и обеспечить сохранение жизни и здоровья человека, даже если это потребует больших затрат;

рассмотрение земли как природного объекта и природного ресурса. Как природный объект земля представляет собой совокупность экосистем, осуществляющих функции регулирования средообразующих факторов и качества природной среды в целом (биоразнообразие, климат, качество воздуха и воды, плодородие почв, производство биомассы). Как природный ресурс земля – ряд взаимодействующих и взаимообусловленных компонентов (атмосфера, биота, почва, водные ресурсы) является средством производства и обеспечивает человека материальными благами;

рассмотрение природопользования как сложной, подчиняющейся второму началу термодинамики системы, в которой действуют биологические механизмы, регулирующие как состояние природной среды, так и жизнедеятельность человека;

существование пороговых значений антропогенной нагрузки на природную среду, при превышении которых происходит необратимая деградация земли как природного объекта и природного ресурса.

Значение, масштабы и виды деградации земель

Деградация земель в современном мире является одной из наиболее важных проблем выживания человечества. Вместе с тем, до сих пор нет единого мнения и четкого представления, что такое деградация земель. Долгое время почва и земля считались синонимами, поэтому проблема ограничивалась рассмотрением деградации почв. В связи с этим, под деградацией земель понималась «совокупность процессов, приводящих к изменению функций почвы как элемента природной среды, качественному и количественному ухудшению ее свойств, снижению природно-хозяйственной значимости земли» [206]. В современном законодательстве России земля определена как природный объект и природный ресурс. Это стало существенным уточнением понятия «земля», которое отвечало требованиям концепции устойчивого развития. Таким образом, понятие «деградация земель» необходимо сформулировать следующим образом: деградация земель – это любые формы изменения биоразнообразия, которые отрицательно действуют на свойства всех компонентов земли как природного объекта и природного ресурса. В соответствии с таким определением, основными причинами деградации земель как природного объекта являются:

изменение биоразнообразия в результате сведения лесов, распашки земель и урбанизации территории;

изменение состояния экосистем и качества экосистемных услуг.

Деградация же земель как природного ресурса, ничто иное, как следствие указанных выше процессов.

Масштабы деградации земель как природного объекта в России характеризуются следующими цифрами (в процентах от общей площади):

изменение структуры природных ландшафтов – 37 %, в том числе земли сельскохозяйственного назначения – 17 %, вырубки лесов – 16, населенные пункта, промзоны, нарушенные земли – 4;

снижение биоразнообразия в результате хозяйственной деятельности – 42 %;

площади сильно нарушенных экосистем – 43 %.

За последние 20 лет площади деградированных земель увеличились в 1,6 раза. В настоящее время общая площадь деградированных земель превышает 85 % сельскохозяйственных угодий [66, 124]. Основные виды деградации земли как природного ресурса включают:

водную эрозию почв. Примерные площади эродированных земель сельскохозяйственного назначения по федеральным округам составляют: Северо-Западный – 35 %, Центральный – 35, Южный – 77, Приволжский – 65, Уральский – 55, Сибирский – 52, Дальневосточный – 49. Из общей площади деградированных земель 65 % составляет пашня и 35 % – сенокосы и пастбища;

ветровую эрозию. Площади земель, подверженных ветровой эрозии составляют более 8 % от площади сельскохозяйственных угодий;

сработку запасов почвенного гумуса. Сработка запасов гумуса по федеральным округам составляет (т/га в год): С-3 – 0,1, Ц – 0,7, Ю – 0,95, П – 0,65, Ур – 0,53, С – 0,82, Д – 0,61;

засоление и осолонцевание почв. Засоление и осолонцевание почв распространено на 25 % площади сельскохозяйственных угодий;

подкисление почв. Площади кислых почв за период с 1991 по 2000 год возросли в 1,7 раза и составляют 98 млн га;

опустынивание. Опустынивание территорий получило широкое развитие в засушливых и сухих регионах страны в результате деградации растительного покрова на площади более 50 млн га;

переувлажнение и заболачивание земель. Распространено в районах нечерноземной зоны, на орошаемых землях и в зонах, прилегающих к водохранилищам;

изменение режима речного стока и загрязнение водных объектов. Максимальные паводковые расходы увеличились

на 16...50 %, по сравнению с природными. Практически все реки страны загрязнены;

техногенное загрязнение атмосферы. Техногенные загрязнения отмечаются в 80 % городов, в которых проживает 75 % всего населения страны;

техногенное загрязнение почв тяжелыми металлами, ядохимикатами, нефтепродуктами наблюдается на площади ~ 70 млн га. Районами, наиболее подверженными техногенным загрязнениям, являются Северо-Западный, Центральный, Южный, Поволжский и Уральский федеральные округа.

Основной вклад в деградацию земель вносят сельское и лесное хозяйства – 82 %. Вклад промышленности и населенных пунктов составляет 18 %. Наиболее опасными экологическими, социальными и экономическими последствиями деградации земель являются превышение допустимых пределов изменения биоразнообразия и нарушение экосистем. Объясняется это тем, что при превышении пределов нарушения природных экосистем биота уже не в состоянии компенсировать техногенные возмущения. В существующих условиях нарушение состояния экосистем настолько велики, что принцип Ле-Шателье – Брауна в них не действует, а значит, ухудшение качества экосистемных услуг и деградация земель будут усиливаться со временем. Масштабы нарушения экосистем в стране уже достигли таких величин, при которых незначительное увеличение, или даже сохранение существующего воздействия на природу, будут сопровождаться дальнейшим развитием деградационных процессов. По оценкам GLASOD площади деградированных земель в России с 1991 по 2008 гг. возросли почти в 2 раза [63]. Таким образом, если существующая хозяйственная деятельность в стране сохранится, то к 2020 г. площади деградированных земель возрастут еще на 10...20 % [24].

Сложившееся положение не является следствием каких-либо особых природных и геополитических условий, это с одной стороны, результат недостаточного понимания при-

чинно-следственных связей деградации и проблем мелиорации земель, с другой – элементарной безответственности со стороны исполнительных властей, которую Президент РФ назвал «правовым нигилизмом». К сожалению, многие специалисты до сих пор продолжают игнорировать экологическую опасность существующей сырьевой направленности экономики страны. Считается, что проблемы деградации с/х земель можно решить за счет применения комплекса традиционных мелиоративных мероприятий. Под технологиями комплексных мелиораций понимается управление производственными процессами, которое предусматривает применение высокоурожайных сортов сельскохозяйственных растений, регулирование водного и, связанных с ним, теплового, воздушного, питательного, солевого и других режимов. Основным критерием эффективности мелиорации земель является повышение экономического плодородия почв, то есть увеличение производства сельскохозяйственной продукции. Вопросы регулирования биоразнообразия, улучшения состояния экосистем и качества экосистемных услуг не рассматриваются, в связи с чем, применяемые системы мероприятий не предотвращают дальнейшее развитие деградации земель. Экономический эффект от применения комплексных мелиораций далеко не всегда пропорционален экологическому ущербу, который они наносят. Известно, что применение агрохимических мелиораций, включающих использование высоких доз минеральных удобрений и средств химической защиты сельскохозяйственных растений, отрицательно влияет на экологические функции почв [28].

Расчеты, выполненные с учетом применения всех видов мелиорации земель и требований адаптивно-ландшафтной системы земледелия, показали, что несмотря на достаточно высокую экономическую эффективность, экологический эффект очень низок [24] (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Экологическая и экономическая эффективность комплексных мелиораций по состоянию на 2020 г.

Показатель	Современное состояние	Прогнозное состояние
Площади сильно нарушенных экосистем, %	43	40
Увеличение площадей деградированных земель, %	-	4-5
Экологический ущерб, % от ВВП	90	80
Продуктивность земель (урожайность), %	100	200
Стабильность с/х производства (C_v)	0,23	0,20

Приведенные данные показывают, что площади сильно нарушенных экосистем уменьшились всего на 7 %, а экологический ущерб снизился на 10 %. Такое положение не отвечает основным задачам природообустройства и требует расширения понятия «мелиорация земель». Мелиорация земель по определению – это улучшение всех компонентов земли как природного объекта и природного ресурса. К сожалению, признание необходимости изменения подходов к мелиорации земель, несмотря на требования государственной политики в области экологии и охраны окружающей среды, не стали еще основой мышления для лиц, принимающих решения. Конечно, экономическая безопасность по-прежнему важна, но она больше не является синонимом национальной и экологической безопасности страны. Основным показателем реального благосостояния служит не общий ВВП, а экологически адаптированный внутренний продукт, величина которого в целом по стране в настоящее время не превышает 10 % от ВВП. Иными словами, экологическая цена, которую приходится платить за рост ВВП,

непомерно высока. Это означает, что рост ВВП происходит не за счет повышения эффективности экономики, а за счет истощительного использования природных ресурсов. По данным Всемирного банка истощение энергетических ресурсов в России в 2010 г. составило 20,5 % (см. табл. 2.2).

Разработка комплекса мелиоративных мероприятий должна основываться на следующих принципах:

комплексное решение экологических, социальных и экономических проблем. Экологические и социальные проблемы являются приоритетными;

борьба с причинами деградации земель, а не с их последствиями. Это предусматривает, в первую очередь, увеличение биоразнообразия и восстановление нарушенных экосистем до уровня, при котором предотвращаются процессы самопроизвольного их разрушения и дальнейшего развития деградации земель;

улучшение ресурсной базы сельскохозяйственного производства, основу которой должен составлять капитал (60%). Земля и труд должны составлять 30 и 10 %, соответственно. Решение этой проблемы должно предусматривать развитие инфраструктуры сельских территорий и сельскохозяйственного машиностроения;

разработка методов оценки экологической ценности земли. В настоящее время между кадастровой и экологической оценкой земли существует противоречие. Относительная кадастровая оценка сельскохозяйственных угодий составляет (га/га): пашня – 1,22; сенокосы – 0,18; пастбища – 0,04; в то же время относительная экологическая ценность тех же угодий составляет – 0,11; 0,70 и 0,80, соответственно [21, 24];

увеличение продуктивности земель и стабилизация сельскохозяйственного производства. Продуктивность сельского хозяйства в 2...3 раза ниже, чем в развитых странах, нестабильна и зависит от погодных условий;

рассмотрение всех основных видов деградации и комплексное решение проблем восстановления земель;

основой разработки комплекса мелиоративных мероприятий является экосистемный подход, включающий моделирование экологических, социальных и экономических процессов;

широкое использование передового отечественного и зарубежного опыта в области мелиорации земель.

В соответствии с приведенным определением и основными принципами мелиорация земель должна включать мероприятия по ликвидации (снижению до минимума) причин развития процессов деградации и мероприятия по восстановлению деградированных земель.

Первая группа мероприятий предусматривает:

1. Повышение технологической эффективности производства с целью снижения техногенных выбросов и сбросов до допустимых пределов. Основой для разработки системы мероприятий по снижению техногенных выбросов и сбросов служат показатели ПДВ (предельно допустимые выбросы в атмосферу) и ПДС (предельно допустимые сбросы в водные объекты), которые являются экологическими нормативами, регламентирующими поступление загрязняющих веществ в природную среду. По существу эти показатели определяют экологичность технологических процессов. Вместе с тем, следует отметить, что существующая методика определения ПДВ и ПДС по ряду причин не удовлетворяет требованиям экологического нормирования. Во-первых, существующая система ПДК составлена для отдельных загрязняющих веществ и не отвечает экологическим требованиям и, во-вторых, в основу расчета ПДВ и ПДС положены максимальные разовые величины ПДК, которые на порядок выше среднесуточных. В связи с этим, для расчета ПДВ и ПДС необходимо использовать среднесуточные величины ПДК, что существенно повысит требования к технологии производства, снизит объем техногенных выбросов и сбросов и предотвратит дальнейшее загрязнение атмосферы, почв и водных объектов.

2. Восстановление нарушенных экосистем до допустимых пределов с целью улучшения качества экосистемных

услуг и устранения причин развития деградационных процессов. Для оценки возможных путей решения этой проблемы, рассмотрим воздействие сельского хозяйства на природные процессы. Воздействие это чрезвычайно разнообразно и включает:

нарушение структуры природных ландшафтов;

снижение биоразнообразия, которое является основой устойчивого функционирования экосистем;

замена естественного отбора искусственным, с целью увеличения биопродуктивности агроценозов. Однако культурные растения не обладают внутренней устойчивостью и требуют постоянного регулирования факторов роста и развития, то есть изменения природных условий и применения минеральных удобрений и химических средств защиты. При этом, чем выше продуктивность растений, тем уже пределы регулирования и тем интенсивнее воздействие на природу;

нарушение принципа избыточности производства биомассы и снижение запасов органического вещества в агроценозах в результате отчуждения значительной части биомассы с урожаем и уничтожения степного войлока и лесной подстилки.

В настоящее время указанное воздействие сельского хозяйства на природную среду в стране стало практически неуправляемым, что сопровождается дальнейшим расширением масштабов деградации земель. Понятно, что кардинально изменить воздействие сельского хозяйства на природную среду невозможно в принципе, но снизить его до уровня, когда оно станет управляемым, вполне реально. В этом собственно и заключается идея устойчивого развития сельского хозяйства.

Однако прежде чем говорить о комплексе необходимых мероприятий, необходимо рассмотреть возможность восстановления нарушенных экосистем и повышения качества экосистемных услуг, а также время релаксации. Данные многолетних исследований дают основание утверждать, что нарушенные экосистемы после снятия (или уменьшения) антропогенной нагрузки могут самостоятельно восстанавли-

ливаться. Вместе с тем, естественное восстановление возможно лишь в тех случаях, когда снижение биоразнообразия и продуктивности экосистем не превышает 40...50 %. При превышении этого предела восстановление нарушенных экосистем требует обязательного участия человека и значительно большего времени. Существующий опыт восстановления Черноземельских пастбищ на юге России и сильно деградированных земель Великих равнин США являются наглядным тому подтверждением. Проблема заключается не в возможности, а в сроках и стоимости восстановления нарушенных экосистем. Восстановление деградированных экосистем в России и США потребовало 20-25 лет.

Сплошная распашка земель в США в 30-е годы прошлого века привела к нарушению экологического равновесия прерий, спровоцировавшему засухи, пыльные бури и разрушение почв. В общей сложности пострадало более 36 млн га земель, большинство из которых были полностью деградированы. Главным направлением программы восстановления земель стало залужение эродированных и подверженных ветровой эрозии почв в сочетании с созданием и реконструкцией защитных лесных насаждений, то есть увеличение биоразнообразия и устойчивости экосистем. В конечном счете, низкотравные прерии были при помощи фито- и агролесомелиорации восстановлены и в настоящее время используются в качестве отгонных пастбищ. Низкотравные прерии (аналог наших сухих степей) используются как кормовая база для молодняка мясных пород скота. Молодняк скота закупуется в восточных штатах, где отсутствуют весенне-летние кормовые угодья, и выпасаются на прериях до глубокой осени. Такая система мелиорации земель и организации мясного скотоводства оправдала себя как с экономической, так и с экологической точек зрения. Она исключает ежегодную обработку почв и заготовку сена и фуража на зиму, сохраняя при этом биоту и экологическое равновесие прерий [190].

Нарушение экосистем черных земель в России в результате сельскохозяйственной деятельности губительно отразилась на состоянии растительного и почвенного покрова. По результатам мониторинга, в 1996 г. на степном участке биосферного заповедника «Черные земли» из общей площади 94 тыс. га участки с полнопрофильными почвами составляли всего 2 тыс. га. В настоящее время в результате проведения фитомелиорации и снижения пастбищной нагрузки в растительном покрове заповедника уменьшилась роль однолетних и сорных видов трав, а возросла экологическая значимость степного разнотравья, произошло широкое распространение по площади заповедника ковыля-тырсы. Инвазия ковыля-тырсы сыграла огромную роль в ускорении формирования сплошного растительного покрова и восстановлении нарушенных экосистем. В течение 6-8 лет простые группировки эфемеров были вытеснены ковыльными ассоциациями. Ковыльные ассоциации в настоящее время представляют собой уже сомкнутые фитоценозы с проективным покрытием 80...94 % и продуктивностью сухой биомассы 16...18 ц/га. Мощная корневая система и сформировавшаяся дернина резко снизили интенсивность ветровой эрозии и создали благоприятные условия для дальнейшего формирования растительности [169]. До полного восстановления коренных злаково-полынных сообществ необходимо еще время, но уже сейчас можно говорить о высокой эффективности фитомелиорации и лесных насаждений.

Таким образом, восстановление разрушенных экосистем вполне осуществимо, но требует существенных затрат и времени. Чем раньше будут приняты необходимые меры, тем меньше будут ущербы и затраты. В связи с этим, состав мероприятий включает изменение структуры использования земель, основной целью которого является увеличение биоразнообразия и восстановление нарушенных экосистем. Изменение структуры осуществляется за счет уменьшения площадей интенсивно используемых земель (пашня, промзоны, сплошные вырубki лесов, заброшенные и нарушен-

ные земли) и замена их природными и полуприродными угодьями (леса, луга, пастбища и сенокосы). Обоснование изменения структуры использования земель производится с учетом следующих требований:

максимальное увеличение биоразнообразия за счет восстановления экологического каркаса территории, включающего лесовосстановление, создание лесных полезащитных, водоохраных полос, залужения нарушенных, заброшенных и части пахотных земель;

снижение интенсивности водной и ветровой эрозии почв до допустимых пределов (меньше 3 т/га в год);

снижение площадей нарушенных экосистем до уровня, обеспечивающего действие принципа Ле-Шателье – Брауна и предотвращающего дальнейшее развитие деградационных процессов;

сохранение площадей пахотных земель, обеспечивающих получение необходимой сельскохозяйственной продукции. Минимальные площади пахотных земель определяются исходя из условия, что реализация всех видов мелиорации обеспечивает увеличение продуктивности агроценозов в 2,5 раза, по сравнению с существующими условиями;

улучшение условий развития животноводства за счет увеличения площадей лугов, сенокосов и пастбищ. Соотношение площадей кормовых угодий и пахотных земель должно быть больше единицы;

снижение максимальных паводковых расходов в реках с целью ликвидации опасности катастрофических наводнений. Расчет снижения максимальных паводковых расходов производится в соответствии со СНиП 2.01.14-83.

Состав и объем мероприятий по изменению структуры использования земель устанавливается на основании разработки долгосрочных прогнозов изменения экологических, социальных и экономических условий, с использованием данных, приведенных в главе 2.

Таблица 3.2

Изменение структуры использования земель, % от общей площади

Виды земельных угодий	Федеральные округа							
	С-З	Ц	Ю	П	Ур	С	Д	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Лесовосстановление	+16	+5	+1	+11	+6	+10	+24	
Лесные полевые защитные насаждения	+1	+3	+8	+9	+4	+1	+1	
Луга	-	+7	+6	-	-	-	-	
Болота	-	-	-	-	-	-	-	
Сенокосы и пастбища	-	+6	+8	+3	+6	-	+4	
Пашня	-	-14	-20	-10	-9	-	-	
Лесные вырубки	-16	-5	-1	-11	-5	-10	-28	
Водоемы	-	-	-	-	-	-	-	
Промзоны, нарушенные земли	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-1	
Экологическая эффективность мероприятий								
$\bar{\omega}$, %	$\frac{22*}{5}$	$\frac{48}{27}$	$\frac{55}{30}$	$\frac{45}{23}$	$\frac{37}{23}$	$\frac{20}{5}$	$\frac{30}{2}$	
Биоразнообразие, %	$\frac{78}{91}$	$\frac{50}{67}$	$\frac{40}{58}$	$\frac{54}{74}$	$\frac{64}{75}$	$\frac{83}{94}$	$\frac{73}{95}$	

Продолжение табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Запасы биомассы в экосистемах, %	+23	+28	+29	+35	+29	+22	+37
Площади нарушенных экосистем, %	24	52	63	54	38	21	42
	4	23	27	18	18	3	2
Соотношение площадей кормовых угодий и пашни	2,5	0,5	0,85	0,67	0,73	6	6
	6	1,3	2	1,1	1,5	6,1	10
Изменение максимальных годовых расходов, %	19	26	27	28	16	31	50
Расстояние между лесными полосами	200	250	200	200	230	200	20
Скорость ветра при устройстве лесных полос, м/с	3,4	3,4	2,8	2,8	3,1	2,8	2,8

* в числителе существующее, в знаменателе – прогнозное состояние.

В таблице 3.2 приведены результаты расчета изменения структуры использования земель по федеральным округам, отвечающие указанным выше требованиям. Расчеты выполнены с использованием обобщенных данных, характеризующих существующую структуру использования и состояние земель.

Оценка экологической эффективности изменения структуры использования земель включает:

1. Определение времени достижения планируемого эффекта. Восстановление лесов и формирование сомкнутости крон и травянистой растительности под пологом леса происходит в течение 15-20 лет. При использовании интенсивных технологий выращивания леса через 15 лет высота деревьев достигает 15 м, сомкнутость крон – 40...55 %, проективное покрытие почвы – 70...90 %. При залужении земель проективное покрытие почв и формирование почвенного покрова (формирование почвенного горизонта «А» мощностью 12...18 см) происходит в течение 10-15 лет [52, 116, 175]. Эти показатели вполне обеспечивают увеличение биоразнообразия и улучшение состояния экосистем.

Таблица 3.3

Биоразнообразие различных сельскохозяйственных угодий, %

Группы живых организмов	Относительная величина биоразнообразия, %				
	Леса, луга, болота	Лесные полосы	Сады	Сенокосы и пастбища	Пашня, лесные вырубки
Птицы	100	45	15	40	9
Млекопитающие	100	41	22	46	11
Почвенные беспозвоночные	100	64	17	70	19
Почвенная мезофауна и флора	100	26	5	32	4
Насекомые	100	70	55	80	8

2. Оценку увеличения биоразнообразия, которая производится в зависимости от соотношения различных видов угодий с использованием данных табл. 3.3 [60, 113].

3. Оценку увеличения общих запасов биомассы в экосистемах. Производится в зависимости от соотношения площадей первичных и вторичных лесов, лугов, сенокосов, пастбищ, пашни и др. [44, 47, 100, 139].

4. Определение площади нарушенных экосистем, которое производится в зависимости от величины ($\bar{\omega}$) по формуле (1.6).

5. Оценку соотношения площадей кормовых угодий и пашни.

6. Оценку предотвращения дальнейшего развития водной и ветровой эрозии. Для оценки интенсивности водной и ветровой эрозии почв используется методика, предложенная в работах [98]

$$A = 2,24 \cdot R_0 \cdot C \cdot K \cdot P \cdot LS_0, \quad (3.1)$$

где A – интенсивность водной эрозии почв, т/га; R_0 – фактор эродирующей способности дождя; K – фактор подверженности почв эрозии; L – фактор длины склона; S_0 – фактор уклона; C – фактор, отражающий характер использования земель и системы ведения растениеводства; P – эффективность противоэрозионных мероприятий. Достоинством выражения (3.1) является, во-первых, его простота и, во-вторых – возможность учета не только агролесотехнических, но и агротехнических мероприятий (система обработки почв, мульчирование и др.). Однако при использовании этого выражения возникают сложности с определением для условий России величины R_0 . Чтобы избежать этого, оценку снижения интенсивности водной эрозии выполним следующим образом

$$\bar{A} = \frac{A_1}{A} = \frac{2,24 \cdot R \cdot C_1 \cdot K \cdot P_1 \cdot L_1 S_0}{2,24 \cdot R \cdot C \cdot K \cdot P \cdot LS_0} \quad (3.2)$$

где \bar{A} – степень необходимого снижения интенсивности смыва почвы; A, A_1 – интенсивность водной эрозии до и

после осуществления мелиорации; C, C_1, P, P_1, L, L_1 – соответственно, до и после осуществления агротехнических и агролесотехнических мелиораций.

Учитывая, что величины R, K не меняются в процессе обустройства агроландшафтов, получим

$$\frac{-}{A} = \frac{L_1 S_0 \cdot C_1 P_1}{L S_0 \cdot C P} \quad (3.3)$$

Из выражения (3.3) при известных величинах $L S_0, C, P, L_1 S_0, C_1, P_1$ до и после осуществления мероприятий определяется соответствие предусмотренных мелиораций требованиям снижения интенсивности эрозии до 3 т/га в год.

Величины K, C, P – в зависимости от механического состава почв и принятой системы агротехники; $L S_0$ и $L_1 S_0$ приведены в табл. 3.4...3.7 [98]

Таблица 3.4

Значения (K) для разных почв

Механический состав почв	Значения K при разном содержании гумуса, %		
	0,5	2	4
Песок	0,05	0,03	0,02
Супесь	0,12	0,10	0,08
Легкий суглинок	0,27	0,24	0,19
Средний суглинок	0,38	0,34	0,29
Пылеватый суглинок	0,48	0,42	0,33
Пыль	0,60	0,52	0,42
Опесчаненная глина	0,14	0,13	0,12
Пылеватая глина	0,25	0,23	0,19
Глина	0,13-0,29		

Таблица 3.5

Значения (C), в зависимости от состояния поверхности пахотной почвы

Растительный покров	Степень покрытия почвы мульчей, %					
	0	20	40	60	80	100
Отсутствует	0,45	0,24	0,15	0,09	0,04	0,01
Сплошное покрытие	0,17	0,12	0,09	0,07	0,03	0,01

P – эффективность противоэрозионных мероприятий. Данные эффективности противоэрозионных мероприятий приведены в табл. 3.6

Таблица 3.6

Эффективность противоэрозионных мероприятий (P)

Ук-лон, °	Контурная вспашка	Контурная вспашка и полив по бороздам	Террасирование
1-2	0,6	0,3	0,12
3-8	0,5	0,25	0,10
9-12	0,6	0,30	0,12
13-16	0,7	0,35	0,14
17-20	0,8	0,40	0,16
21-25	0,9	0,45	0,18

Таблица 3.7

Средние значения коэффициента (C) для различных угодий

Характеристика поверхности почвы	Среднее значение C
Первичный лес (смыкание крон > 40 %)	0,002
Вторичный лес (смыкание крон 10-40 %)	0,006
Кустарники	0,014
Сенокосы и пастбища	0,11

Оценка предупреждения ветровой эрозии производится путем сравнения скорости ветра на поверхности почвы до и после осуществления мероприятий. Степень снижения скорости ветра оценивается в зависимости от расстояния между лесными полосами по формуле

$$\bar{V} = \frac{V}{V_0} = 1 = \exp(-0,025\bar{x}), \quad (3.4)$$

где V – скорость ветра на поверхности почвы при \bar{x} , м/с; V_0 – расчетная скорость ветра на уровне флюгера

($V_0 = 10$ м/с); $\bar{x} = \frac{L}{H}$; L – расстояние между лесными полосами, м; H – высота деревьев, м; допустимая скорость ветра на поверхности почвы $\leq 3,5$ м/с.

Выполненные расчеты показали, что условия снижения интенсивности водной и ветровой эрозии до величины меньше 3 т/га в год выполняются по всем федеральным округам.

7. Оценку снижения максимальных паводковых расходов, которая производится в зависимости от залесенности и заболоченности речного водосбора в соответствии со СНиП 2.01.14-83.

Соотношение различных видов угодий может уточняться в процессе обоснования мероприятий по восстановлению деградированных земель.

Вторая группа мероприятий – восстановление деградированных земель.

В отличие от существующих подходов система мероприятий включает не борьбу с негативными процессами, а восстановление деградированных компонентов земли, как природного ресурса. Обоснование системы мероприятий предусматривает выполнение следующих работ:

оценку масштабов, степени и последствий нарушения свойств компонентов;

анализ процессов, вызывающих деградацию земель;

разработку требований к восстановлению деградированных земель. Полное восстановление деградированных земель практически недостижимо, поэтому основные требования к восстановлению сводятся к изменению отрицательной динамики природных процессов на положительную;

обоснование состава и объема необходимых мероприятий по восстановлению деградированных земель выполняется на основании эколого-экономических расчетов.

Восстановление свойств и плодородия почв, нарушенных в результате водной и ветровой эрозии

Площади эродированных земель в стране по разным федеральным округам составляют 15...65 % от общей площади [28] (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Площади эродированных земель, %

Степень деградации	Федеральные округа						
	С-З	Ц	Ю	П	Ур	С	Д
Слабая, < 3 т/га в год	9	10	28	14	11	10	16
Средняя, ≤ 15 т/га в год	7	5	18	8	7	4	9
Сильная, ≤ 40 т/га в год	1	2	9	3	4	1	4

Основные факторы, характеризующие состояние эродированных почв, включают: дефицит гумуса, ухудшение водно-физических (гранулометрического состава, плотности и влагоемкости почв) и физико-химических (уменьшение ППК и биологической активности почв) свойств, плодородия и продуктивности почв. Изменение свойств и продуктивности почв в зависимости от степени деградации приведено в табл. 3.9 [20, 24, 28, 119, 120, 146].

Таблица 3.9

Изменение свойств и плодородия эродированных почв [20]

Относительные показатели	Степень деградации почв		
	Слабая	Средняя	Сильная
1	2	3	4
Содержание гумуса	0,95-0,85	0,80-0,50	0,50-0,30
Плотность почв	1,03-1,10	1,10-1,30	1,30-1,50
Пористость почв	1,00-0,95	0,95-0,90	0,80-0,75
Полная влагоемкость	0,98-0,95	0,90-0,80	0,70-0,60

Продолжение табл. 3.9

1	2	3	4
Впитывание воды в почву	1,00-0,90	0,90-0,70	0,60-0,40
Водопроницаемость почв	1,00	0,72-0,64	0,50-0,40
Смыв почвы	1,00	3-5	10-15
Содержание физической глины	0,97	0,70	0,60
Содержание илистой фракции	0,95	0,60	0,30
ППК	0,97	0,75	0,50
Содержание водопрочных агрегатов	0,95	0,65	0,53
Урожай зерна	1,00-0,80	0,80-0,60	0,60-0,30
Урожай зеленой массы	1,00-0,90	0,90-0,70	0,65-0,43
Загрязнение водных ресурсов	1,10-1,20	1,30-1,40	1,50-1,60
Плодородие почв	1,00-0,90	0,90-0,70	0,70-0,50

Анализ причинно-следственных связей показывает, что основными показателями, определяющими состояние и продуктивность почв, являются содержание гумуса, илистых частиц и кислотно-щелочные условия. Все остальные показатели – плотность, пористость, влагоемкость, содержание элементов минерального питания, ППК, плодородие и продуктивность почв, биомасса почвенных микроорганизмов функционально связаны с основными показателями [20, 24, 26, 28, 31, 59, 74, 133, 146, 150, 171, 189 и др.].

Таким образом, требования к восстановлению эродированных почв должны включать увеличение запасов гумуса, содержания илистых частиц и величины рН. Наиболее сложным и трудоемким является увеличение запасов гумуса, которое требует больших затрат и длительного времени.

Изменение запасов гумуса в почвах можно оценивать по формуле

$$\bar{G} = \frac{G}{G_0} = \exp[(\Delta B)\bar{t}], \quad (3.5)$$

где G_0 , G – исходное и конечное содержание гумуса, т/га; ΔB – баланс органического вещества в почве (в пересчете на сухое вещество) с учетом коэффициентов гумификации [112]. ΔB включает отчуждение биомассы с урожаем, минерализацию, смыв и вымыв гумуса, а также поступление органического вещества в виде навоза и сидератов, т/га; $\bar{t} = t/\tau$; t – расчетный период, годы; τ – время стабилизации содержания гумуса, годы (80-100 лет).

Для слабо эродированных почв состав мероприятий по их восстановлению включает:

замену чистых паров занятыми и использование полученной биомассы в качестве сидеральных удобрений. При урожайности многолетних трав 4...5 т/га это составит 5...6 ц/га биомассы в год;

ежегодное внесение органических удобрений (навоза, биогумуса) дозами 2 т/га в год;

внесение минеральных удобрений дозами 60...100 кг/га;

землевание почв за счет внесения мелкозема до 10 % от объема почвы. На средне и сильно эродированных почвах, в дополнение к указанным мероприятиям, необходимо залужение, увеличение доз органических и минеральных удобрений до 3...5 т/га в год и до 150 кг/га в год, соответственно, сидеральных удобрений до 10...15 т/га, землевание – до 20...30 % от объема почвы. В табл. 3.10 приведен пример расчета эффективности мероприятий по восстановлению эродированных каштановых почв (см. табл. 3.10).

Приведенные данные показывают, что реализация мероприятий позволяет в течение 20 лет восстановить запасы гумуса в слабо эродированных почвах на 90 %, в средне и сильно эродированных – на 70 и 50 %, соответственно, и увеличить плодородие и продуктивность почв в 1,4...1,7 раза, по сравнению с исходным состоянием. Полученные

результаты не противоречат имеющимся фактическим данным [83, 94, 99, 113].

Таблица 3.10

Эффективность мероприятий по восстановлению эродированных почв

Показатели	Степень эродированности почв		
	Слабая	Средняя	Сильная
Дозы внесения навоза, т/га в год	2	3	5
Доза сидеральных удобрений, т/га в год	5	10	15
Расчетный период, годы	20	20	20
Эффективность мероприятий, % от исходных показателей			
Изменение содержания гумуса	+ 22	+ 51	+ 71
Изменение биомассы почвенных микроорганизмов	+19-22	+ 19-28	+ 20-30
Изменение плотности почв	- 3-5	- 3-8	- 5-8
Изменение пористости почв	+ 2-4	+ 2-5	+ 3-7
Изменение влагоемкости почв	+14-20	+ 20-50	+ 42-75
Изменение ППК	+ 7-8	+ 30-40	+ 40-50
Изменение плодородия почв	+42-47	+ 42-66	+ 42-71
Изменение урожайности	+42-47	+ 42-60	+ 40-70

Восстановление земель, подверженных опустыниванию

Опустынивание, в соответствии с существующим определением – это сокращение и разрушение биологического потенциала земель, то есть разрушение растительного и почвенного покрова. Основным видом опустынивания является деградация естественных кормовых угодий в результате пастбищной дигрессии.

Основной причиной деградации естественных кормовых угодий является перевыпас скота, который приводит к разрушению растительного и почвенного покрова. Площади деградированных кормовых угодий в стране – 50 млн га, в том числе: слабо деградированных – 58 %, средне и сильно деградированных – 25 и 17 %, соответственно. Основным фактором деградации является снижение биологического разнообразия и проективного покрытия естественного растительного покрова. На слабо деградированных кормовых угодьях снижение биоразнообразия составляет 5...15 %, на средне деградированных – 20...50 % и на сильно деградированных – 50...90 % [155].

Последствия снижения биоразнообразия, в зависимости от степени деградации приведены в табл. 3.9. Объясняется это тем, что разрушение растительного покрова сопровождается развитием процессов эрозии и дефляции почв.

Основные требования к восстановлению деградированных кормовых угодий заключаются в увеличении биоразнообразия за счет восстановления растительного покрова и проективного покрытия. Состояние экосистем, почв и продуктивности кормовых угодий функционально связано с биоразнообразием. Функциональные связи включают зависимость проективного покрытия от интенсивности пастбищной нагрузки и времени, а также интенсивности эрозии почв от степени проективного покрытия [24, 26, 53, 55, 69, 88, 94, 99, 123, 139, 151, 196, 201].

Для оценки биоразнообразия растительного покрова можно использовать логистическое уравнение, описываю-

шее динамику популяции из N особей с учетом продуктивности и потребления растительной биомассы. Для расчетов целесообразно использовать конечно-разностное логистическое уравнение вида [148]

$$N_{(t+1)} = N_t \left[1 + r \left(1 - \frac{N_t}{K} \right) \right], \quad (3.6)$$

где N_t , N_{t+1} – численность популяции (биоразнообразия), с интервалом в 1 год; K – предельная численность популяции, соответствующая естественным условиям; r – отношение производимой и потребляемой биологической продукции, характеризующее пастбищную нагрузку.

Уравнение (3.6) позволяет оценить предельные значения пастбищной нагрузки, исходя из требований сохранения экологического равновесия. Допустимое снижение биоразнообразия в этом случае не должно превышать 15 %. Выполненные расчеты показали, что предельная пастбищная нагрузка составляет: для степной зоны – ≤ 40 %; для сухостепной – ≤ 35 % и для полупустынной – ≤ 30 %. При превышении указанных значений нагрузки происходит резкое снижение биоразнообразия и, как следствие, разрушение растительного покрова, почв и потеря продуктивности кормовых угодий.

Система мероприятий по восстановлению деградированных кормовых угодий должна включать:

снижение пастбищной нагрузки до указанных выше пределов;

проведение фитомелиораций с целью увеличения биоразнообразия, проективного покрытия и продуктивности. Наиболее эффективные виды фитомелиорантов должны устанавливаться в соответствии с пределами изменения гидротермического режима (\bar{R}), значения которых составляют: для степной зоны – 0,8... 2; для сухостепной зоны – 1,7...2,5; для полупустынной зоны – 2,5...4. Для выбора конкретных видов растений – фитомелиорантов необходимо использовать экологические таблицы, разработанные Раменским Л.Г. [155];

агролесомелиоративные мероприятия и лиманное орошение, обеспечивающие наиболее эффективное использование ограниченных водных ресурсов, восстановление экологического каркаса территории и увеличение биоразнообразия и продуктивности кормовых угодий.

В таблице 3.11 приведен пример расчета эффективности восстановления сильно деградированных пастбищ сухостепной зоны с использованием обобщенных натуральных данных [20, 26, 45, 71, 88, 94, 99, 136, 150, 151, 155, 189]. Исходные данные для расчета: биоразнообразие – 15 %, проективное покрытие – 15 %, продуктивность 0,08 т/га, фитомелиоранты – ковыль-тырса и суданская трава. Агролесомелиорация – лесные полосы с расстоянием 250 м.

Таблица 3.11

Эффективность мероприятий по восстановлению деградированных пастбищ

Показатели	Годы					
	0	5	10	15	20	25
Биоразнообразие, %	15	25	50	80	90	95
Проективное покрытие, %	15	31	70	85	92	95
Содержание гумуса, %	1,00	1,50	2,10	2,55	2,70	2,80
Относительная плотность почв	1,00	0,95	0,88	0,85	0,82	0,80
ППК, мг-экв/100 г	14	15	16	17	18	18
Смыв почвы, т/га в год	20	12	7	4	1,6	0,6
Относительное плодородие почв	1,00	1,15	1,28	1,40	1,48	1,50
Продуктивность, т/га	0,08	0,29	0,84	1,15	1,18	12,0

Восстановление свойств и плодородия почв, нарушенных в результате сработки запасов гумуса

Сработка запасов гумуса является одним из наиболее опасных процессов, охвативших практически все пахотные земли страны. Интенсивность сработки запасов гумуса

$$\bar{G} = \frac{G}{G_0},$$

где G , G_0 – запасы гумуса на начало и конец расчетного периода) [20, 31, 74] (табл. 3.12).

Таблица 3.12

Изменение запасов гумуса в пахотных почвах

Показатели	Годы			
	1986-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2008
\bar{G} , %	100	98	95	88

За период с 1986 по 2008 гг. запасы гумуса в пахотных почвах в целом по стране снизились на 12 %. Это очень большая величина, если учесть, что за 100 лет (с 1883 по 1983) запасы гумуса в почвах уменьшились примерно на 18...20 % [163]. Основной причиной сработки запасов гумуса в пахотных почвах является нарушение принципа избыточности производства биомассы над ее потреблением. Этот принцип известен как «закон возврата» Либиха. Отчуждение части биомассы с урожаем и уничтожение лесной подстилки и степного войлока без равного возврата органического вещества в почву неизбежно влечет за собой сработку запасов гумуса. Это является главным отличием агроценоза от биогеоценоза. Последствия сработки запасов гумуса проявляются в ухудшении экологических функций почвы (снижение биоразнообразия и объема почвенной флоры и фауны, нарушение взаимодействия биологического и геологического круговоротов и др.), а также в ухудшении социально-экономических функций почв (снижение про-

дуктивности и стабильности сельскохозяйственного производства).

Основные требования к восстановлению свойств и плодородия пахотных почв – формирование бездефицитного (положительного) баланса гумуса за счет компенсации дефицита органического вещества в почве. Проблема сработки запасов гумуса была известна еще в древности и достаточно успешно решалась. В Египте, Центральной Азии и Китае земли орошались водами рек, содержащими большой объем наносов. С оросительной водой в почву ежегодно поступало до 15...30 т/га ценнейших в агрономическом отношении наносов, что обеспечивало прирост запасов гумуса и компенсацию его сработки. В России проблема сработки запасов гумуса в почвах нечерноземной зоны решалась за счет введения в состав севооборотов до 25...45 % посевов клевера. В Европе, США и Канаде для решения этой проблемы уже давно применяются севообороты с занятыми парами и высоким содержанием посевов бобовых многолетних трав.

В настоящее время, по официальным данным, в Северо-Западном федеральном округе России в составе севооборотов содержится до 25...30 % клевера и других многолетних трав, что обеспечивает бездефицитный баланс гумуса в почвах. В то же время, в других федеральных округах широко распространены севообороты с чистыми парами (12,5...25 %) и содержанием посевов многолетних трав не более 15...25 %, что сопровождается интенсивной сработкой запасов гумуса в почвах (до 1 т/га в год) [74].

Состояние животноводства в стране не дает основания надеяться на то, что дефицит органического вещества в пахотных почвах может быть компенсирован за счет внесения навоза и биогумуса. Поэтому единственным способом стабилизировать, а затем и повысить содержание гумуса в пахотных почвах, является увеличение посевов бобовых многолетних трав, то есть широкое использование травопольной и сидеральной систем земледелия. Эти системы земледелия в свое время были незаслуженно опорочены, да еще

и сегодня многие считают их экстенсивными. Необходимость возврата к травопольной и сидеральной системам земледелия обусловлена требованием сохранения почв, как национального богатства страны. Снижение площадей посевов зерновых культур в этих случаях будет компенсироваться за счет улучшения экологических условий и увеличения урожайности. Обоснование состава травопольных и сидеральных севооборотов необходимо производить на основании составления долгосрочных прогнозов баланса гумуса (см. выражение (3.5)). Учитывая, что в засушливых и сухих регионах страны внедрение травопольных севооборотов проблематично, в качестве обязательного мероприятия необходимо рассматривать орошение земель. Таким образом, орошение земель приобретает важное значение, как мероприятие, обеспечивающее восстановление свойств и плодородия пахотных почв. Расчеты показывают, что для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах в составе севооборотов необходимо иметь не менее 30...40 % посевов многолетних бобовых и других трав, первый укос которых используется в качестве корма для скота, а остальная биомасса – в качестве сидерального удобрения.

Восстановление свойств и плодородия кислых почв

Кислые почвы широко распространены в лесной и лесостепной зонах. В последнее время подкисление почв наблюдается и в степной зоне. Масштабы и степень нарушения кислотного режима почв приведены в табл. 3.13 [10, 20, 21, 22, 26, 66, 78, 100, 133, 150].

Таблица 3.13

Масштабы и степень подкисления почв

Годы	Общая площадь кислых почв, млн га	В том числе по величине рН, %	
		рН ≥ 5	рН < 5
1991	17,8	72	28
2000	38,6	70	30
2005	42,0	69	31
2010	44,0	67	33

Основной причиной формирования кислых почв является уменьшение содержания ионов кальция в почвах и ППК в результате вымывания и удаления с урожаем. Объемы ежегодного уменьшения ионов кальция в пахотных почвах достигают 600...700 кг/га. Величина гидролитической кислотности, характеризующая дефицит ионов кальция в ППК колеблется от 0,5 до 8 мг-экв/100 г [28, 133] (рис. 3.1).

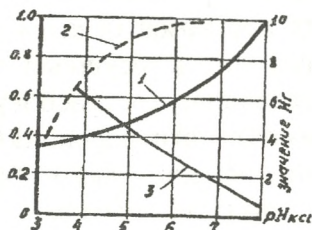


Рис. 3.1. Изменение емкости поглощения обменных катионов (1), насыщенности основаниями (2), величины гидролитической кислотности (3)

Последствия подкисления почв многообразны и включают:

изменение состава гумуса (G_z/G_ϕ);

изменение подвижности тяжелых металлов в почве;

снижение эффективности использования минеральных удобрений;

увеличение растворимости и вымыва гумуса;

ухудшение экологиче-

ских функций почв в биосфере;

снижение плодородия и продуктивности почв.

Основные требования к восстановлению кислых почв заключаются в ликвидации дефицита ионов кальция в почвенном растворе и ППК, то есть в максимальном снижении величины гидролитической кислотности (H_2). Важнейшим мероприятием по восстановлению свойств и плодородия кислых почв является известкование. Дозы внесения извести определяются не только величиной рН и H_2 , но и гранулометрическим составом и содержанием гумуса в почве. Это связано с тем, что величина ППК и H_2 зависит от содержания гумуса и илестых частиц [59]. Норма внесения извести рассчитывается по величине H_2 [133]

$$D = (0,5 - 1,0)H_2, \quad (3.7)$$

где D — доза внесения извести, мг-экв/100 г.

Увеличение доз внесения извести до $(1,5...2)H_z$, как это иногда рекомендуют, не целесообразно, поскольку ионообменная сорбция ионов кальция зависит не от количества, а от растворимости извести в почве. В табл. 3.14 приведен пример расчета доз и эффективности известкования в зависимости от требуемой величины рН. Расчеты выполнены для среднесуглинистых дерново-подзолистых почв со следующими исходными характеристиками: содержание гумуса – 3 % (90 т/га), плотность – $1,2 \text{ т/м}^3$, ППК – 15 мг-экв/100г.

Таблица 3.14

Эффективность известкования дерново-подзолистых почв

Показатели	Исходное состояние	Требуемая величина рН				
		4,5	5,0	5,5	6,0	
Величина рН	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	
Величина H_z , мг-экв/100 г	6,0	5,0	4,5	3,5	3,0	
Доза извести, т/га	-	2,4	3,6	6,0	7,2	
Величина G_z/G_f	0,5	0,8	0,95	1,25	1,4	
Эффективность использования						
НРК	-	0,5	0,6	0,8	0,9	
Плодородие почв, %	100	113	120	136	145	
Урожайность ячменя, %	100	118	136	148	155	

Восстановление засоленных земель

Площади засоленных земель сельскохозяйственного значения в стране составляют 30 млн га [82] (табл. 3.15).

Площади и степень засоления земель

Показатели	Млн га
Площади засоленных земель всего,	15,4
в том числе:	
средне и слабо засоленные	10,8
сильно засоленные	3,9
солончаки	0,7
Площади земель солонцового комплекса все-	15,0
го, в том числе:	
с содержанием солонцов < 20 %	0,1
с содержанием солонцов 20...50 %	5,6
с содержанием солонцов > 50 %	9,3

Процессы засоления земель как в природных условиях, так и при орошении, определяются климатическими и гидрогеологическими условиями, характером подстилающих отложений, количеством и качеством атмосферных осадков и оросительной воды. Основные факторы, определяющие процессы соленакопления в почвах включают:

направленность и интенсивность влагообмена между почвенными и грунтовыми водами в гидроморфных и между почвами и подстилающими породами в автоморфных условиях, которые определяются гидротермическим режимом территории;

глубину залегания и минерализация грунтовых вод;
наличие водно-растворимых солей в подстилающих породах;

минерализацию и химический состав поливных вод и атмосферных осадков.

Основная причина осолонцевания почв и формирования солонцовых комплексов – накопление ионов натрия в ППК. Зона распространения солонцов и солонцовых комплексов - каштановые почвы с величиной ППК ≥ 20 мг-экв/100 г и

хорошо выраженный микрорельеф, обуславливающий высокую пестроту водного режима почв.

Широкое распространение процессов вторичного засоления и осолонцевания почв связано с орошением земель в степной и сухостепной зонах. Причины засоления и осолонцевания почв при орошении заключаются в создании гидроморфного режима, несогласованности требований сельскохозяйственных растений и почв к водному режиму и применении для полива вод повышенной минерализации. Последствия засоления и осолонцевания почв состоят в ухудшении водно-физических и физико-химических свойств и плодородия почв, снижении урожайности сельскохозяйственных культур на 20...30 и более % [30].

Основные требования к восстановлению почв сводятся к регулированию водного режима и восполнению дефицита ионов кальция в почвах за счет применения химических мелиораций, а также к недопущению использования для полива вод повышенной минерализации. Интенсивность промывного режима и виды химических мелиораций определяются на основании составления долгосрочных прогнозов водного и солевого режимов почв [17, 25, 30, 31, 32, 64, 65]. Пределы регулирования солевого режима в почвенных растворах и ППК приведены в табл. 3.16.

Таблица 3.16

Пределы регулирования солевого режима почв

ППК, мг-экв/ 100 г	Соотношение ионов в почве, мг-экв/л		Допустимое содержа- ние ионов в ППК, %	
	Na/Ca	Na/Mg	Na	Mg
≤ 10	> 1,5-2	> 2-3	5-10	25-30
10-20	1,2-1,5	1,8-2	3-5	20-25
20-30	0,3-0,4	0,5-0,6	2-3	15-20
30-40	0,1-0,2	0,2-0,3	1-2	< 15

Для оценки динамики водного и солевого режимов почв используются модели солепереноса, учитывающие миграцию ионов натрия кальция и магния в почвах с учетом равновесной динамики ионообменной сорбции и растворения солей твердой фазы, в том числе и химических мелиорантов. Для создания промывного режима, необходимого для рассоления слабо и средnezасоленных почв, в дополнение к естественному промывному режиму, требуется: для почв степной зоны – 10...20 мм, для сухостепной – 20...40 мм, для полупустынной – 40...45 мм воды. При такой интенсивности промывного режима рассоление почв может произойти через 10-15 лет. Выполнение указанных требований обеспечивается за счет устройства лесных полезащитных полос, системы обработки почвы, применения кулисных посевов, мульчирования почвы, снегозадержания на полях и др. [170]. Эффективность агролесотехнических и агротехнических мероприятий, с точки зрения накопления влаги, для лесных полос и кулисных посевов оценивается по формуле

$$Dg = \exp(-0,18\bar{x}), \quad (3.8)$$

где Dg – накопление влаги, в долях от суммы атмосферных осадков; \bar{x} – отношение расстояния между лесными полосами и кулисами к высоте растений.

Система обработки почв и снегозадержание могут обеспечить увеличение запасов влаги до 20...30 % от суммы осадков.

Рассоление сильнозасоленных почв и солончаков требует сложного комплекса мелиоративных мероприятий, включающего капитальные промывки, строительство дренажа, утилизацию минерализованных дренажных вод. Такие земли целесообразно использовать для выращивания галофитов, имеющих кормовую ценность.

Рассолонцевание почв осуществляется за счет создания промывного режима и применения химических мелиорантов, в качестве которых можно использовать гипс, известь, хлористый кальций, сульфат железа. Основная цель хими-

ческих мелиораций – нейтрализация щелочности и замена ионов натрия на ионы кальция в ППК. Выбор вида и доз внесения химических мелиорантов устанавливается на основании составления прогноза солевого режима с учетом интенсивности промывки, процессов ионообменной сорбции и растворимости химического мелиоранта. Окончательный вариант химических мелиораций устанавливается в соответствии с эколого-экономическими расчетами.

Восстановление свойств и плодородия переувлажненных и заболоченных земель

Площади переувлажненных и заболоченных сельскохозяйственных земель за период с 1990 по 2011 гг. увеличились в стране с 16 до 22 млн га, из которых около 1 млн га – орошаемые и осушаемые земли и 3 млн га – земли, расположенные в зонах подтопления водохранилищ [57, 65, 66]. Основными причинами переувлажнения и заболачивания земель являются тип водного питания и слабый поверхностный и подземный отток. Выделяют следующие типы водного питания [65]:

атмосферный. Избыточные атмосферные осадки, слабое впитывание, отсутствие оттока и застои поверхностных и подземных вод;

грунтовый. Высокий уровень грунтовых вод при слабой естественной дренированности;

грунтово-напорный. Наличие напорных подземных вод при слабой естественной дренированности;

намывной. Поступление поверхностных вод в естественные понижения, отсутствие поверхностного и подземного оттока;

техногенный. Наличие систем централизованного водоснабжения при отсутствии централизованных систем водоотведения в сельских населенных пунктах; неудовлетворительное состояние дренажной сети на оросительных и осушительных системах; подъем уровня грунтовых вод в результате подпора при строительстве водохранилищ.

Последствия переувлажнения и заболачивания земель включают:

снижение аэрации почв и развитие анаэробных процессов;

изменение кислотно-щелочного режима;

ухудшение водно-физических и физико-химических свойств почв;

снижение экологической и социально-экономической функций почвы.

Восстановление свойств и плодородия переувлажненных и заболоченных земель включает, во-первых, систему мероприятий по ликвидации причин переувлажнения и заболачивания и, во-вторых – восстановление свойств и плодородия почв.

Первая группа включает мероприятия по ускорению поверхностного и внутрипочвенного стока, отводу грунтовых вод, перехвату потока грунтовых вод с водосбора, снижению напорного питания, перехвату поверхностного притока [65].

В состав мероприятий по восстановлению свойств и плодородия переувлажненных и заболоченных земель входят:

применение химических мелиораций с целью увеличения рН, снижения гидролитической кислотности, улучшения состава гумуса и повышения эффективности использования минеральных удобрений;

применение травопольной и сидеральной систем земледелия с содержанием посевов бобовых многолетних трав до 30...45 % для восстановления запасов гумуса в почвах, улучшения водно-физических и физико-химических свойств и плодородия почв. Порядок и методы обоснования системы мероприятий по восстановлению почв приведены выше.

Восстановление земель, загрязненных тяжелыми металлами

Тяжелые металлы по масштабам загрязнения и, особенно по степени воздействия на биологические объекты, занимают особое место. По степени токсичности тяжелые металлы подразделяются на 3 группы:

высокотоксичные – As, Cd, Hg, Pb, Zn;

токсичные – Co, Ni, Mo, Cr, Cu;

слаботоксичные – Mn, V, Sr.

Площади сельскохозяйственных земель, загрязненных тяжелыми металлами, составляют 3,6 млн га, из которых около 1 млн га характеризуются высокой степенью загрязнения. Основными источниками поступления тяжелых металлов в почвы являются предприятия цветной и черной металлургии, ТЭЦ и химическая промышленность. Вклад сельскохозяйственного производства в загрязнение земель тяжелыми металлами не превышает 10 % от общего их поступления. В почвы сельскохозяйственных угодий тяжелые металлы поступают с минеральными удобрениями – 5 %; химическими мелиорантами – 38 % и органическими удобрениями – 57 %. Вынос тяжелых металлов с урожаем, поверхностным и подземным стоком составляет около 20 % от общего их поступления в почву, поэтому баланс тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий в большинстве случаев положительный [37, 62, 187].

Загрязнение тяжелыми металлами приводит к изменению структуры и функционированию микробиологического комплекса почв, в результате чего происходит снижение численности, видового состава и микробной биомассы в целом, снижение рН, запасов гумуса, плодородия и продуктивности почв. Основной причиной снижения величины рН является относительное увеличение содержания почвенных грибов, наиболее устойчивых к воздействию тяжелых металлов. Почвенные грибы вырабатывают вещества, создающие кислую среду, препятствующую поселению дождевых червей и почвенных беспозвоночных. Таким образом,

при загрязнении почвы тяжелыми металлами возникает устойчивая обратная положительная связь: поступление тяжелых металлов – разрушение микробиологического комплекса почв – снижение рН – увеличение подвижности тяжелых металлов – дальнейшее разрушение микробиологического комплекса почв – еще большее снижение рН и т.д.

Обобщение многочисленных данных и расчеты, выполненные с использованием существующих моделей, позволяют оценить характер и степень изменения свойств и плодородия почв, с учетом степени загрязнения [10, 17, 22, 26, 28, 31, 37, 133, 187 и др.] (табл. 3.17).

Таблица 3.17

Изменение свойств и плодородия почв, загрязненных тяжелыми металлами

Показатели	Естественная почва	Степень загрязнения почв			
		Слабая	Средняя	Сильная	Очень сильная
Запасы микробной биомассы, %	100	80	60	40	20
Величина рН, %	100	94	88	80	60
Запасы гумуса, %	100	98	97	94	85
Состав гумуса, G_r/G_ϕ , %	100	89	80	70	55
Эффективность использования					
НРК, %	100	96	90	80	65
Плодородие почв, %	100	90	77	60	34
Урожайность, %	100	95	70	50	20

Высокую опасность тяжелые металлы представляют для здоровья человека, находящегося на вершине пищевой цепи. В среднем, поступление тяжелых металлов в организм

человека составляет: с продуктами питания – 40...50 %, с водой и воздухом по – 20...40 % [187].

Поступающие в почву тяжелые металлы претерпевают ряд химических превращений, в результате которых их токсический эффект изменяется в очень широком диапазоне. Наиболее токсичное действие на почвенную биоту оказывают подвижные формы тяжелых металлов. Доля прочно связанных тяжелых металлов уменьшается в ряду: $Cr > Ni > Mn > Cu > Zn > Pb > Cd$. Следовательно, опасность перехода тяжелых металлов в доступные для растений формы изменяется с уменьшением величины pH и ППК увеличивается в обратном порядке, то есть в раствор переходят наиболее опасные для почвенной биоты элементы [28, 62, 187] (рис. 3.2).

Требования к восстановлению почв сводятся в основном к максимальному снижению подвижности тяжелых металлов. Предельное содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве определяется по величине транслокационного ПДК, отражающего накопление токсикантов в пищевых продуктах. Для оценки уровня загрязнения земель тяжелыми металлами в сельских населенных пунктах используется суммарный показатель загрязнения

$$Z_c = \sum_1^n k_c - (n-1), \quad (3.9)$$

где n – число учитываемых элементов; $k_c = C/C_f$; C , C_f – существующее и фоновое содержание элементов в почве, мг/кг. В расчетах учитываются только подвижные

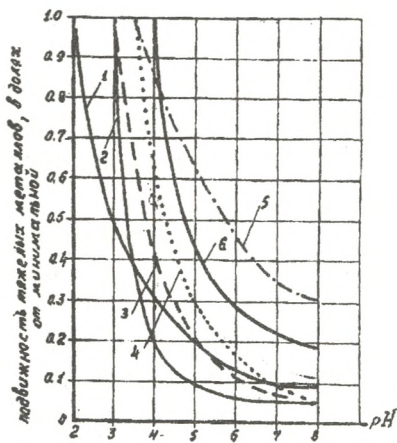


Рис. 3.2. Изменение подвижности тяжелых металлов в зависимости от pH. 1 – Cd; 2 – Cu; 3 – Pb; 4 – Mn; 5 – Zn; 6 – Ni

формы тяжелых металлов; оценочная шкала Z_c : допустимый < 16; умеренно опасный – 16...32; опасный > 32.

Система мероприятий по восстановлению загрязненных тяжелыми металлами почв включает:

выбор видов использования загрязненных земель (выбор севооборотов и состава культур) и системы удобрений (внешение фосфора и калия) с целью максимального снижения поступления тяжелых металлов в сельскохозяйственную продукцию;

применение химических мелиораций с целью регулирования кислотно-щелочного режима почв, снижения подвижности тяжелых металлов и влияния их на микробиологическую активность почв;

применение травопольных севооборотов с целью увеличения запасов органического вещества, содержания гумуса и величины ППК;

увеличение влагообмена между почвенными и грунтовыми водами с целью выщелачивания тяжелых металлов из корнеобитаемого слоя почвы.

Улучшение состояния орошаемых и осушаемых земель

Состояние орошаемых и осушаемых земель в целом по стране не удовлетворительно и продолжает ухудшаться. В 2010 г. только 34 % оросительных и 19 % осушительных систем находились в хорошем состоянии. 64 % орошаемых и 17 % осушаемых земель не использовались. КПД оросительных систем – 0,65...0,8, коэффициент использования воды на полях – 0,6...0,7. В целом коэффициент использования воды на оросительных системах составляет $(0,65-0,8)(0,6-0,7) = 0,39-0,56$ [103-а].

Урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых и осушаемых землях составляет 0,39...0,81 и 0,33...0,57 от проектной [127] (см. табл. 3.18).

Таблица 3.18

Состояние орошаемых и осушаемых земель

Показатели	Федеральные округа							
	Ц	С-З	Ю	П	У	С	Д	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Орошаемые земли	506**	19	2270	932	155	543	122	
Площади, тыс.га	486	18	2113	901	125	505	122	
В том числе неиспользуе- мые земли, %	90	90	24	48	80	44	50	
	75	90	32	49	90	49	60	
Состояние орошаемых земель, %								
Хорошее	52	5	50	80	54	57	37	
	44	6	43	66	4	43	35	
Удовлетворительное	26	56	20	15	36	35	40	
	33	60	27	19	21	42	24	
Не удовлетворительное	22	39	29	5	10	8	23	
	23	34	31	15	75	15	41	
Урожайность, % от климатически обеспеченной*	0,74	0,50	0,71	0,90	0,79	0,80	0,66	
	0,71	0,52	0,68	0,81	0,39	0,72	0,61	

1	2	3	4	5	6	7	8
Осушаемые земли							
Площади, тыс.га	<u>1457</u> 1437	<u>1832</u> 1840	<u>69</u> 70	<u>413</u> 415	<u>151</u> 151	<u>228</u> 229	<u>650</u> 644
В том числе не используемые земли, %	<u>15</u> 17	<u>4</u> 8	<u>0</u> 11	<u>2</u> 6	<u>32</u> 34	<u>19</u> 19	<u>25</u> 26
Состояние осушаемых земель, %							
Хорошее	<u>19</u> 16	<u>15</u> 7	<u>46</u> 30	<u>27</u> 23	<u>4</u> 0	<u>29</u> 18	<u>30</u> 38
Удовлетворительное	<u>48</u> 46	<u>51</u> 58	<u>29</u> 28	<u>51</u> 51	<u>59</u> 65	<u>40</u> 47	<u>38</u> 33
Не удовлетворительное	<u>33</u> 38	<u>34</u> 35	<u>5</u> 42	<u>22</u> 26	<u>37</u> 35	<u>31</u> 35	<u>32</u> 29
Урожайность, % от климатически обеспеченной	<u>0,45</u> 0,42	<u>0,42</u> 0,37	<u>0,63</u> 0,49	<u>0,51</u> 0,48	<u>0,35</u> 0,33	<u>0,51</u> 0,34	<u>0,51</u> 0,57

*Расчетные значения, с учетом состояния мелиорируемых земель

**В числителе – 2005 год; в знаменателе – 2010 г

Таблица 3.19

Обобщенные данные по изменению свойств и плодородия орошаемых почв в зависимости от пределов регулирования водного режима

Показатели	Естественные условия	Пределы регулирования водного режима, в долях от ППВ			
		0,6-0,7	0,6-0,85	0,7-0,8	0,8-0,9
Промывной режим, % от $O_p + O_c$	9	10-17	20-30	35-40	41-50
Дефицит ионов Са за ротацию, т/га,	-	2,1	3,9	12,0	18,0
Сработка запасов гумуса за ротацию, т/га	-	0,13	1,20	5,80	8,50
Плотность почв, %	100	105	110	120	130
Пористость почв, %	100	98	95	85	70
Почвенно-экологический индекс, % в том числе:					
Пустынная зона	100	400	700	1000	800
Сухостепная зона	100	136	150	90	70
Степная зона	100	90	80	70	60
Урожайность, %*	-	100	95	85	60

*урожайность сельскохозяйственных культур оценена только в зависимости от водного режима. С учетом изменения других режимов почв урожайность будет ниже.

Низкая продуктивность мелиорированных земель обусловлена неудовлетворительным водным режимом, переувлажнением почв, засолением и осолонцеванием, сработкой запасов гумуса и ухудшением водно-физических и физико-химических свойств почв. Основной причиной сложившегося положения является несовершенство существующей

концепции мелиорации земель, нормативно-методической и правовой базы, в соответствии с которыми основная цель мелиорации земель трактуется как управление продукционным процессом за счет регулирования факторов роста и развития сельскохозяйственных растений. Пределы регулирования водного режима мелиорируемых почв определяются требованиями с/х растений и составляют (0,7...0,9)ППВ, что приводит, с одной стороны – к завышению оросительных норм и нерациональному использованию водных ресурсов, с другой – к изменению промываемости почв, сработке запасов гумуса и снижению плодородия почв [25, 27, 30...32, 64, 94-а, 104-а, 167, 192] (табл. 3.19).

Данные таблицы 3.19 показывают, что улучшение состояния мелиорированных земель зависит не столько от совершенствования системы сооружений и устройств и комплекса агротехнических, агрохимических и других мелиоративных мероприятий, сколько от подходов к управлению состоянием земель, включающих:

обоснование пределов регулирования водного режима почв, обеспечивающего минимальные нарушения природных условий увлажнения, снижение промывного режима и величин оросительных норм (примерно в 2 раза);

обоснование структуры использования мелиорированных земель. Орошаемые и осушаемые земли целесообразно использовать для производства кормов для животноводства. Это позволит решить три взаимосвязанных проблемы – создание прочной кормовой базы для животноводства, бездефицитного баланса гумуса мелиорируемых почв, использование посевов многолетних трав на богарных землях в качестве сидеральных удобрений с целью улучшения гумусового состояния;

строительство осушительных систем двойного регулирования с целью гибкого регулирования водного режима почв и снижения опасности пожаров на осушенных землях;

недопустимость использования вод повышенной минерализации для полива;

применение химических мелиораций на орошаемых землях степной и сухостепной зон, с целью регулирования химического состава почвенных растворов и ППК.

Обоснование параметров дренажа орошаемых земель

Основное назначение дренажа, как составной части мелиоративной системы, заключается не только в регулировании водного и солевого режимов почв, но и в регулировании геохимического круговорота. Это связано с тем, что дренаж отводит значительные объемы солей из глубоких горизонтов поэтому, кроме осушающих и рассоляющих, необходимо рассматривать еще и экологические функции дренажа. Основными показателями экологичности дренажа являются соотношение G_p/G_0 (где G_p – объем солей, отведенных дренажем из глубоких горизонтов; G_0 – общий объем солей, отведенных дренажем) и объем дренажного стока, отведенного в естественные понижения, то есть степени исключения солей из активного геохимического круговорота. Наглядным примером низкой экологичности дренажа является бассейн Аральского моря, где минерализованные дренажные воды сбрасываются в источники орошения и повторно используются для полива. В бассейне реки Амударья повторно используется 40 %, а в бассейне Сырдарьи – 60 % дренажных вод. Для сравнения, экологичность дренажа Кура-Араксинской низменности близка к 100 %, так как дренажный сток сбрасывается непосредственно в Каспийское море.

Глава 4. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ «ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (ОВОС)» ПРИ ОБОСНОВАНИИ ИНВЕСТИЦИЙ В МЕЛИОРАЦИЮ ЗЕМЕЛЬ

Состояние природных экосистем в стране в настоящее время характеризуется как неудовлетворительное. Резко сократилось биоразнообразие, площади уничтоженных и нарушенных экосистем по основным почвенно-климатическим зонам страны достигают 80 %. Число природных чрезвычайных происшествий за период 1991 по 2010 годы возросло более, чем в 3 раза, а материальный ущерб от них, по данным МЧС РФ, достигает 60-65 трлн. руб./год. Объем потерь ВВП от ухудшения здоровья населения по разным федеральным округам достигает 10 %. Устойчивость экосистем и стабильность с/х производства резко снизились. Снизилась экологическая и продовольственная безопасность страны. Все это требует совершенствования системы нормативно-методических документов, включая ОВОС.

Анализ сложившегося положения показал, что основной причиной резкого ухудшения состояния природных экосистем является значительное превышение допустимых пределов техногенной нагрузки на природную среду по всем федеральным округам. Превышение предельных значений техногенной нагрузки привело к нарушению действия принципа Ле-Шателье – Брауна и, как следствие, потере экологической устойчивости и самопроизвольному разрушению природных экосистем. При этом, основную опасность представляет именно самопроизвольное разрушение экосистем, которое усиливается во времени, даже при сохранении существующей техногенной нагрузки. Все это свидетельствует о возрастании роли оценки воздействия на окружающую среду при развитии мелиорации земель. В соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды», ОВОС предназначена для выявления прямой или косвенной угрозы окружающей среде и здоровью населения со стороны пла-

106

нируемой хозяйственной деятельности и принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления [183].

Предложения по совершенствованию ОВОС охватывают круг вопросов, связанных с методами проведения оценки воздействия мелиорации земель на окружающую среду. При разработке предложений учитывались требования экологической, социальной и продовольственной безопасности страны.

1. Общие положения

1.1. Оценка воздействия на окружающую среду является обязательной при разработке и обосновании проектов, связанных с мелиорацией земель.

1.2. Термины и определения.

Земля. В соответствии с федеральным законодательством, земля, как объект мелиорации, представляет собой природный объект и природный ресурс. Земля как природный объект, включает совокупность природных экосистем, а как природный ресурс – ряд взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов (атмосфера, биота, почва, водные ресурсы). Земля как природный объект, осуществляет функции регулирования природной системы в целом и предоставляет человеку экосистемные (нематериальные) услуги, обеспечивающие качество природных ресурсов и среды обитания. Земля как природный ресурс предоставляет человеку материальные блага (продовольствие, воду, сырье и т.д.).

Биоразнообразие. Совокупность всех видов животных, растений и микроорганизмов, обеспечивающих целостность и функционирование экосистем. Живые организмы в экосистемах не просто сосуществуют, они живут за счет друг друга и регулируют состояние неживой природы.

Экосистема. Динамический комплекс сообществ животных, растений, микроорганизмов и неживой природы, взаимодействующих как сложное функциональное единство.

Экосистемные услуги. Способность экосистем регулировать: биоразнообразие, климат, качество атмосферного

воздуха, режим и качество водных ресурсов, процессы почвообразования и продуцирования биомассы, состояние среды обитания человека.

Воздействие. Последствия существующей и планируемой хозяйственной деятельности для природных экосистем, экосистемных услуг и благосостояния населения.

Степень нарушенности структуры природных ландшафтов. Отношение интенсивно используемых земель (пашня, населенные пункты, промзоны, сплошные вырубki леса и др.) к общей площади ландшафта.

Нарушенные экосистемы. Экосистемы, потерявшие устойчивость и подверженные процессам самопроизвольного разрушения.

Допустимое нарушение экосистем. Степень нарушения экосистем, при которой сохраняется действие принципа Лешателье – Брауна, обеспечивающее их устойчивость.

Относительная экологическая значимость. Роль различных биотических и абиотических элементов в обеспечении устойчивости экосистем.

Ценность экосистемных услуг. Денежный эквивалент благ, предоставляемых экосистемами.

Мелиоративный режим. Совокупность требований к управляемым факторам функционирования земли как природного объекта и природного ресурса, которые обеспечивают устойчивость и требуемое качество экосистемных услуг и компонентов природной среды.

1.3. Цели ОВОС. ОВОС предназначена для выявления характера, интенсивности и степени влияния мелиорации земель на состояние природных экосистем, качество экосистемных услуг, состояние природных ресурсов, благосостояние населения и долгосрочные последствия результатов мелиоративной деятельности.

1.4. Задачи ОВОС:

анализ основных видов, масштабов и интенсивности существующей хозяйственной деятельности и выявление ее воздействия на природную среду;

оценка существующего состояния экосистем, качества экосистемных услуг и благосостояния населения в пределах рассматриваемого региона;

оценка существующего состояния компонентов природной среды (атмосферного воздуха, биоты, почв, водных и других природных ресурсов);

анализ основных причин и процессов деградации земли как природного ресурса;

анализ характера, масштабов и интенсивности предполагаемой деятельности, выявление ее воздействия на состояние природной среды и благосостояние населения;

разработка системы экологических, социальных и экономических показателей, характеризующих целостность, устойчивое функционирование экосистем и качество экосистемных услуг, благосостояние населения, эколого-экономическую эффективность, выявление основных проблем мелиорации земель;

разработка системы мероприятий планируемой деятельности, обеспечивающих достижение требуемых экологических, социальных и экономических показателей;

оценка экологической, социальной и экономической эффективности планируемой деятельности;

разработка системы экологического мониторинга на стадиях строительства и эксплуатации мелиоративных систем.

1.5. Основные принципы ОВОС:

комплексное рассмотрение экологических, социальных и экономических проблем мелиорации земель на основе изучения сложных взаимодействий живых организмов в экосистемах и методов управления этими взаимодействиями;

оценка общей ценности земель, включающая рыночную стоимость и экологическую ценность природных ресурсов и ценность нематериальных экосистемных услуг;

обоснование экологической, социальной и экономической эффективности предлагаемых мероприятий на основе составления долгосрочных прогнозов изменения земель.

2. Оценка существующего состояния компонентов окружающей среды

2.1. Оценка степени нарушенности структуры природных ландшафтов. В качестве показателя нарушенности используется общая площадь интенсивно используемых земель (пашня, населенные пункты, промзоны, карьеры, дороги, сплошные вырубki леса и др.), ($\bar{\omega}$) в % от площади рассматриваемого региона. Значение этого показателя определяется по регионам или основным почвенно-климатическим зонам [24, 28, 139].

2.2. Оценка агроклиматических условий и воздействие существующей хозяйственной деятельности. К числу агроклиматических показателей относятся:

сумма активных температур воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

сумма атмосферных осадков, мм;

радиационный баланс, $\text{кДж}/\text{см}^2$ в год;

продолжительность вегетационного периода, сутки;

испаряемость, мм;

коэффициент увлажнения территории.

Воздействие на все перечисленные показатели выражается в изменении суммы активных температур, снижении суммы осадков, увеличении радиационного баланса, засушливости территории. Все воздействия оцениваются по основным почвенно-климатическим зонам на основе статистического анализа многолетних данных.

2.3. Оценка изменения биоразнообразия (Б). Изменение биоразнообразия оценивается по регионам или почвенно-климатическим зонам в зависимости от величины ($\bar{\omega}$). При отсутствии фактических данных для оценки изменения биоразнообразия можно использовать выражение [24, 60, 113, 114]

$$B = 1 - \bar{\omega},$$

где B – биоразнообразие, %; $\bar{\omega}$ – изменение структуры природных экосистем, в долях от единицы.

2.4. Определение площади нарушенных экосистем (Э). площади нарушенных экосистем оцениваются по почвенно-климатическим зонам, в зависимости от величины ($\bar{\omega}$). Для определения величины (Э) используются данные главы 1 (выражение (1.8), табл. 1.22).

2.5. Оценка допустимых площадей нарушенных экосистем (табл. 4.1)

Таблица 4.1

Допустимые площади нарушенных экосистем, %

Э ₀	Почвенно-климатическая зона				
	Лесная	Лесостепная	Степная	Сухо-степная	Полупустынная
	≤15	≤20	≤30	≤15	≤15

При превышении допустимой степени нарушения экосистемы теряют устойчивость и начинают самопроизвольно разрушаться. Процесс самопроизвольного разрушения усиливается во времени даже при сохранении существующей техногенной нагрузки и описывается экспоненциальным законом (см. глава 1 выражение (1.9)).

2.6. Оценка структуры баланса поверхностных и почвенных вод с целью определения изменений величины поверхностного стока и влагообмена между почвенными и грунтовыми водами. Баланс поверхностных и почвенных вод оценивается для каждого вида сельскохозяйственных угодий с использованием натуральных или расчетных данных.

2.7. Оценка изменений режима и степени загрязнения водных ресурсов. Оценка воздействия на режим речного стока, увеличение паводковых и снижение меженных расходов производится с учетом структуры использования речных водосборов (площади лесов, болот, озер, пашни). Загрязнение водных ресурсов оценивается с учетом точечных и диффузных источников загрязняющих веществ [58, 158, 166, 174, 176].

2.8. Оценка биологической продуктивности экосистем и агроценозов и общих запасов биомассы. Продуктивность экосистем и общие запасы биомассы зависят не только от биоразнообразия и изменения климатических условий, но и от состава растительности. Снижение биоразнообразия и увеличение засушливости сопровождается уменьшением продуктивности экосистем, причем зависимость эта различна для основных почвенно-климатических зон (глава 1, рис. 1.6). Биологическая продуктивность агроценозов выше продуктивности экосистем на 15...100 %, в зависимости от почвенно-климатической зоны [54, 100]. Однако необходимо учитывать, что во-первых, в агроценозах уничтожена подстилка (степной войлок) и во-вторых – значительная часть биомассы (40...80 %) отчуждается с урожаем. В связи с этим, запасы биомассы в агроценозах (за исключением пустынной зоны) значительно ниже, чем в природных экосистемах. Изменение запасов гумуса в почвах оценивается с использованием выражения (3.5).

2.9. Оценка урожайности основных сельскохозяйственных культур и стабильности сельскохозяйственного производства. Урожайность сельскохозяйственных культур оценивается по фактическим данным или с использованием расчетных методов, с учетом существующего воздействия на рост и развитие растений [47, 54, 65, 146, 191, 192]. Стабильность сельскохозяйственного производства оценивается по величине коэффициента вариации урожаев в многолетнем плане. При отсутствии фактических данных стабильность сельскохозяйственного производства можно оценить с использованием выражения

$$C_v = 0,16 + 0,002 \text{ Э}$$

где Э – площадь нарушенных экосистем, %.

2.10. Оценка экологических и социально-экономических функций почв. Оценка экологических функций (природного плодородия) производится по изменению запасов гумуса, водно-физических и физико-химических свойств почв. Оценка социально-экономических функций (экономического плодородия) производится по величине урожая сельско-

хозяйственных культур с учетом системы агротехнических, агрохимических и других видов мелиораций.

2.11. Оценка состояния существующих мелиоративных систем, орошаемых и осушаемых земель. Оценка производится на основании анализа состояния инженерных сетей, КПД систем, режима орошения, техники полива, уровня и минерализации грунтовых вод, степени засоления, осолонцевания и подкисления почв, подтопления населенных пунктов, качества поливных вод и урожайности сельскохозяйственных культур [127].

2.12. Оценка экологического ущерба природной среде и здоровью населения. Ущерб природной среде оценивается с учетом экологической ценности природных ресурсов и потерь качества экосистемных услуг (см. выражение (2.3)). Ущерб от ухудшения здоровья населения оценивается по фактическим данным или расчетным способом, в зависимости от степени нарушения природных экосистем (см. выражение (2.4))

2.13. Оценка экологической и продовольственной безопасности. Экологическая безопасность оценивается путем сопоставления существующей степени нарушения экосистем с допустимой. Оценка продовольственной безопасности включает сопоставление объема и основных видов производимой сельскохозяйственной продукции на душу населения с медицинскими нормами потребления.

3. Воздействие планируемой мелиорации земель на окружающую среду

3.1. Обоснование целей и задач мелиорации земель.

3.2. Объектом мелиорации является Земля, как природный объект и природный ресурс. Основное внимание должно уделяться улучшению состояния природных экосистем, определяющих качество экосистемных услуг и среды обитания человека.

3.3. Оценка воздействия мелиорации земель производится не только по отдельным участкам или массивам, а по ландшафтам в целом. Основное внимание уделяется оценке

роли рассматриваемых участков или массивов в функционировании всего ландшафта.

3.4. Воздействие мелиорации земель на окружающую среду включает оценку изменения биоразнообразия, состояние экосистем, климата, структуры водного баланса и степени увлажненности территории, режима и загрязнения поверхностных и подземных водных ресурсов, продуктивности природных экосистем и агроценозов, процессов почвообразования и благосостояния населения.

3.5. Воздействие на все компоненты природных экосистем и агроценозов оценивается на основании составления долгосрочных (20-30 лет) прогнозов изменения водного, теплового, геохимического балансов, процессов почвообразования, продуктивности и стабильности сельскохозяйственного производства, устойчивости экосистем и благосостояния населения.

3.6. Оценка воздействия мелиорации земель производится с учетом применения как существующих, так и передовых технологий и технических средств в области систем земледелия, лесотехнических, гидротехнических и других видов мелиораций. Окончательный вариант состава, объема и очередности осуществления планируемых мероприятий устанавливается на основании оценки экологической, социальной и экономической эффективности.

Глава 5. ЛИМАННОЕ ОРОШЕНИЕ

Лиманное орошение является самым древним способом использования водных, земельных и биологических ресурсов и было заимствовано человеком, как и многое другое, у природы. Богатейшие заливные луга, земли пойм и дельт рек Нила, Хуан-Хе, Тигра, Евфрата, Ганга и других обязаны своим высоким плодородием и продуктивностью ежегодным разливам рек, которые обеспечивают почвы не только влагой, но и естественными удобрениями в виде речного

ила. Со временем человек научился управлять непредсказуемыми силами природы, он, образно говоря, отделил сушу от воды, создав инженерные системы, позволяющие управлять процессами затопления земель в интересах производства сельскохозяйственной продукции. Лиманное орошение было широко развито и в СССР, площади лиманного орошения в середине прошлого века достигали 1,2...1,4 млн га (из возможных 7 млн га) [25, 91, 111, 196]. Лиманное орошение в России было развито в Заволжье, Западной и Восточной Сибири, Северном Кавказе и даже в зоне вечной мерзлоты. Правда, в зоне вечной мерзлоты лиманное орошение предусматривало регулирование не водного, а теплового режима почв.

Широкое развитие лиманного орошения было обусловлено несколькими причинами: возможностью использования паводковых вод без регулирования стока, низкой стоимостью строительства и эксплуатации систем и относительно высокой эффективностью. В связи с широким развитием регулярного орошения земель и строительством современных мелиоративных систем, внимание к лиманному орошению было в значительной степени утрачено. Площади лиманного орошения в стране существенно сократились. Основная причина этого заключалась в существовавшей концепции мелиорации земель, в соответствии с которой основная цель мелиорации состояла в увеличении продуктивности земель и создании участков гарантированного получения с/х продукции. Лиманное орошение существенно уступало регулярному как в части продуктивности земель, так и в части стабильности с/х производства.

Лиманное орошение представляет собой один из способов использования не зарегулированного местного речного стока в аридной зоне и заключается в одноразовом увлажнении земель. Аридная зона, включающая южную часть степной, сухостепную и полупустынную природные зоны, отличается высоким уровнем солнечной радиации, наличием плодородных почв и ограниченными запасами водных ресурсов. Значительные площади аридной зоны занимают

ресурсов. Значительные площади аридной зоны занимают природные кормовые угодья, на базе которых всегда развивалось животноводство. Площади существующих кормовых угодий превышают 50 млн га, в том числе 85 % – естественные пастбища и 15 % – сенокосы [66].

Существующее состояние кормовых угодий неудовлетворительно, практически все они подвержены процессам опустынивания [66, 150, 159] (табл. 5.1)

Таблица 5.1

Состояние кормовых угодий

Регион	Площади опустыненных земель, млн га	Степень опустынивания, %		
		сильная	средняя	слабая
Дагестан, Чечня	3,9	34,2	33,4	32,4
Калмыкия	4,4	33,1	30,1	36,8
Ставропольский край	2,1	-	-	-
Астраханская обл.	4,4	17,8	27,8	54,9
Волгоградская обл.	11,4	14,3	18,6	67,1
Ростовская обл.	10,1	-	-	-
Саратовская обл.	2,2	4,0	21,9	74,1
Самарская обл. и Татарстан	2,0	0,5	18,2	81,2
Западная и Восточная Сибирь	8,7	-	-	-
Всего	49,2	-	-	-

Из общей площади кормовых угодий, подверженных опустыниванию, 87 % обусловлено нерациональным использованием и только 13 % – природными факторами [188]. Продуктивность кормовых угодий колеблется от 0,5 до 0,1 т. к.е./га. Биологическое разнообразие естественной растительности в результате опустынивания сокращается:

при слабой дигрессии – на 5...15 %, средней – 20...50, сильной – 50...90 [155, 196].

Характерной особенностью местных водных ресурсов аридной зоны является специфическое внутригодовое распределение речного стока. Мелкие реки указанных природных зон отличаются значительным весенним половодьем и практическим отсутствием стока в летне-осенний и зимний периоды [157, 158] (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Внутригодовое распределение речного стока

Регион	Сезонный сток, % от годового		
	Весна	Лето-осень	Зима
Южное Заволжье, Южное Предуралье	90...95	4...8	1...2
Урал, Западная Сибирь	45...55	35...45	10
Восточная Сибирь	70...80	15...25	5

Норма стока по разным природным зонам составляет 4...10, 1...4 и < 1 л/с км². Очень важной особенностью является значительная изменчивость речного стока по годам ($C_v = 0,7...1,4$), что делает нецелесообразным его регулирование. В условиях большой изменчивости стока (даже при сравнительно невысокой степени многолетнего регулирования) требуемый объем водохранилища в несколько раз превышает норму стока [158] (табл. 5.3).

Увеличение объема водохранилищ приводит к тому, что потери на испарение с водной поверхности становятся существенным элементом водного баланса, обеспечивающим наряду с переменностью стока нестабильность годовой отдачи водохранилища [158] (табл. 5.4).

Таблица 5.3

Многолетние составляющие объема водохранилища в зависимости от обеспеченности, полезной отдачи и изменчивости стока

Обеспеченность, %	Коэффиц. регулирования	Объем водохранилища при разных C_v									
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Норма стока 1...4 л/с км ²											
75	0,7	0,13	0,28	0,45	0,62	0,82	1,05	-	-	-	-
	0,8	0,39	0,60	0,83	1,09	1,38	1,70	-	-	-	-
	0,9	0,79	1,08	1,43	1,80	2,20	-	-	-	-	-
90	0,7	0,58	0,92	1,30	1,71	2,15	-	-	-	-	-
	0,8	1,09	1,59	2,08	-	-	-	-	-	-	-
	0,9	2,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	0,7	0,98	1,48	2,04	-	-	-	-	-	-	-
	0,8	1,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Норма стока < 1 л/с км ²											
75	0,7	-	0,32	0,50	0,70	0,94	1,25	1,60	1,97	-	-
	0,8	-	0,68	0,95	1,27	1,64	2,05	-	-	-	-
	0,9	-	1,27	1,70	2,17	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
90	0,7	-	1,05	1,50	1,99	-	-	-	-
	0,8	-	1,86	2,40	-	-	-	-	-
	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-
95	0,7	-	1,80	2,42	-	-	-	-	-
	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 5.4

Зависимость отдачи водохранилища от
обеспеченности и изменчивости стока

Обес- чено- сть, %	Отдача водохранилища при различных C_v							
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
50	0,92	0,88	0,84	0,80	0,74	0,70	0,64	0,59
60	0,80	0,75	0,69	0,63	0,67	0,50	0,45	0,39
70	0,68	0,62	0,55	0,48	0,42	0,35	0,30	0,25
75	0,64	0,57	0,49	0,43	0,35	0,29	0,24	0,20
80	0,57	0,50	0,42	0,36	0,28	0,22	0,17	0,14
85	0,51	0,43	0,35	0,28	0,21	0,17	0,12	0,09
90	0,44	0,35	0,27	0,20	0,15	0,10	0,07	0,04
95	0,34	0,25	0,18	0,12	0,08	0,06	0,04	0,02

Таким образом, регулирование местного стока в рассматриваемой зоне (при $C_v = 0,5 \dots 1,2$) не гарантирует надежной отдачи, необходимой для развития регулярного орошения земель. Вместе с тем, необходимость улучшения состояния и продуктивности кормовых угодий требует осуществления мероприятий по максимальному использованию ограниченных ресурсов местного стока. Такое регулирование возможно за счет строительства относительно недорогих систем лиманного орошения, обеспечивающих перераспределение местного стока в течение года и дополнительное увлажнение почв. Вместе с тем, следует иметь в виду, что малая регулирующая емкость лиманов и высокая изменчивость стока не гарантируют ежегодного дополнительного увлажнения почв заданной нормой. Это одна из основных особенностей лиманного орошения, которую следует учитывать при разработке проектов лиманного орошения.

Экосистемы кормовых угодий аридной зоны сформировались в условиях неустойчивого и недостаточного естественного увлажнения. Видовое разнообразие растительного покрова определяется в основном двумя факторами: радиа-

ционным балансом и степенью естественного увлажнения. Эти оба фактора объединяются в один универсальный показатель гидротермического режима [54, 69]

$$\bar{R} = -\frac{R}{LO_c}, \quad (5.1)$$

где \bar{R} – показатель гидротермического режима; R – радиационный баланс, кДж/см² год; O_c – сумма атмосферных осадков, см; L – скрытая теплота парообразования, кДж/см³.

Анализ имеющихся данных показывает, что биологическое разнообразие растительного покрова возрастает по мере увеличения климатического разнообразия и степени естественного увлажнения территории. Изменчивость гидротермического режима (C_v) в многолетнем плане уменьшается от степной к сухостепной и полупустынной зонам. В этом же направлении снижается климатическое и биологическое разнообразие [54, 59, 84, 102, 155, 156, 188] (табл. 5.5).

Таблица 5.5

Основные показатели состояния кормовых угодий

Природная зона	\bar{R}	C_v^*	Природное биоразнообразие, %	Существующее биоразнообразие, %	Урожайность, т/га	
					Природная	Современная
Степная	0,8-2,0	0,35	100	85	2,0-2,5	1,6-1,8
Сухостепная	1,7-3,3	0,17	80	56	0,6-1,0	0,3-0,5
Полупустынная	2,3-4,0	0,12	50	33	0,3-0,5	0,1-0,3

*Коэффициент вариации гидротермического режима за многолетний период.

В соответствии с существующими нормативами, площадь лиманного орошения определяется как [170]

$$\omega = \frac{W}{O_p}, \quad (5.2)$$

где ω – площадь лиманного орошения, га; W – объем весеннего стока заданной обеспеченности, м³, обеспеченность стока принимается равной 25...35 %; O_p – оросительная норма брутто, м³/га.

Многолетняя практика показала, что земли лиманного орошения в России зачастую используются не для увеличения биоразнообразия и улучшения экологического состояния кормовых угодий, а для производства сельскохозяйственной продукции. Такой подход к лиманному орошению противоречит основам государственной политики, направленной на охрану окружающей среды и решение проблем устойчивого развития. Использование лиманов для организации травяно-пропашных севооборотов сопровождается разрушением и уничтожением природных экосистем со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Площади лиманного орошения в 1979 г. составляли 450...500 тыс. га. Основные площади лиманного орошения были расположены в Заволжье (70 %), в Западной и Восточной Сибири (19 %), на Северном Кавказе (11 %). К 1995 г. площади лиманного орошения в результате деградации земель сократились до 270 тыс. га, в том числе: на Северном Кавказе – до 15 тыс. га, в Заволжье – до 170 тыс. га и в Сибири – до 65 тыс. га [91, 111, 177, 196]. Наиболее наглядным примером деградации земель лиманного орошения является Калмыкия, площади и продуктивность земель лиманного орошения в которой сократились в 2 и 3 раза, соответственно, [91] (табл. 5.6).

Организация на землях лиманного орошения травяно-пропашных севооборотов была обусловлена невысокой продуктивностью естественных кормовых угодий. Продуктивность травяно-пропашных шести, восьми и девятипольных севооборотов, насыщенных высокопродуктивными

сельскохозяйственными культурами (кукуруза, сорго, подсолнечник, многолетние травы) в 1,5...10 раз по биомассе и в 1,5...6,5 раза по кормовой ценности выше, чем естественных угодий [91] (табл. 5.7).

Таблица 5.6

Динамика площадей и продуктивности земель лиманного орошения в Калмыкии

Годы	Площади, тыс. га	Затапливалось, %	Оросительные нормы, тыс. м ³ /га	Урожайность
1981	67,9	55,2	3,2	1,53
1986	83,7	49,0	3,0	1,48
1990	54,2	77,8	2,7	1,50
1996	45,2	49,1	2,8	0,85
1997	43,1	45,0	2,7	0,80
1998	43,1	56,6	3,2	0,50

Таблица 5.7

Продуктивность естественных кормовых угодий и севооборотов на землях лиманного орошения

Сельскохозяйственная культура	Сбор, т/га	
	кормов	кормовых единиц
Естественный травостой	1,25...2,50	0,8...1,0
Кукуруза на зеленый корм	17,2...26,0	3,22...5,22
Суданская трава на сено	4,6...5,23	1,56...2,70
Сорго на зеленый корм	21,6...29,3	3,12...6,44
Сорго на зерно	1,73	2,04
Смешанные посевы кормовых культур	33,5	5,68
Подсолнечник	17,9...20,9	2,86...3,44
Многолетние травы на сено	2,66...5,86	1,92...2,40

Однако организация травяно-пропашных севооборотов и система агротехнических и агрохимических мероприятий нанесли огромный экологический ущерб [91] (табл. 5.8).

Таблица 5.8

Влияние системы земледелия на биоразнообразие

Мероприятия	Изменение видового биоразнообразия, %		
	Злаки	Осоки	Разнотравье
Естественный травостой	26,7	5,1	68,1
Внесение азота, 87 кг/га	44,0	4,5	51,5
Щелевание	56,2	4,3	39,5
Дискование	83,9	1,7	14,4
Фрезерование	88,2	0,8	11,0
Плоскорезная обработка и дискование	93,8	-	6,2
Выжигание	57,1	3,8	39,1

Приведенные данные показывают, что интенсивная обработка земель лиманного орошения приводит к снижению биоразнообразия, вплоть до формирования монокультуры. Следствием потери биоразнообразия является потеря экологической устойчивости, деградация почв и резкое снижение продуктивности и стабильности сельскохозяйственного производства (табл. 5.9).

Таблица 5.9

Воздействие севооборотов и системы земледелия на состояние почв

Севооборот	Вынос NPK с урожаем, кг/га	Баланс гумуса за ротацию, т/га
Повторные посевы сельскохозяйственных культур		- (3,5...3,6)
Травяно-пропашной	212...769	- (0,85...1,90)
Однолетние травы		- (0,41)
Естественный травостой	-	... 0

Обобщение и анализ экологического состояния естественных кормовых угодий в аридной зоне и существующих подходов к обоснованию лиманного орошения позволяют сформулировать основные принципы проектирования и эксплуатации систем лиманного орошения:

предупреждение процессов опустынивания за счет снижения пастбищной нагрузки и организации откормочных хозяйств;

максимальное использование ограниченных ресурсов местного речного стока;

использование земель лиманного орошения в основном для улучшения состояния и продуктивности естественных кормовых угодий. Организация на землях лиманного орошения пропашных севооборотов не целесообразно;

сохранение биоразнообразия и естественного растительного покрова, предупреждение переувлажнения и ксерофитизации;

предупреждение эрозии почв и подтопления прилегающих территорий и населенных пунктов;

расчет норм затопления необходимо производить исходя из условий сохранения или увеличения климатического разнообразия и одновременного снижения засушливости территории;

управление процессом затопления отдельных участков лиманов с целью исключения длительных периодов между затоплениями.

Используя данные многолетних наблюдений за объемом весеннего стока, суммой активных температур и атмосферных осадков, а также данные по изменению биоразнообразия и продуктивности растительных сообществ, в зависимости от гидротермического режима, оценим эффективность лиманного орошения. В расчетах норма затопления лиманов принята постоянной, а площадь затопления, в зависимости от водности года, переменной [24, 44, 47, 48, 54, 100, 136, 139, 143, 155, 156, 158, 200, 205] (табл. 5.10).

Эффективность лиманного орошения в
различных природных зонах

Обеспеченность весеннего стока, %	Норма затопления, м ³ /га	\bar{R}	Климатическое разноеобразие, C_v	Биоразнообразие растительности, %	Общая биомасса, т/га	Площадь затопления, %
Степная зона						
5	1000	1,24	0,23	98	6,7	100
5	1500	1,22	0,22	95	6,6	67
25	1000	1,18	0,23	90	6,5	39
25	1500	1,15	0,22	85	6,4	26
Сухостепная зона						
5	1000	2,32	0,20	90	2,7	100
5	2000	2,18	0,26	97	3,2	50
5	3000	2,15	0,27	95	3,1	33
25	1000	2,17	0,19	96	3,2	32
25	2000	1,97	0,22	85	4,2	16
25	3000	1,87	0,24	65	4,5	11
Полупустынная зона						
5	2000	3,63	0,35	55	1,4	100
5	3000	3,54	0,36	85	1,5	67
5	4000	3,46	0,37	70	1,6	50
25	2000	3,06	0,35	98	1,8	35
25	3000	2,81	0,39	94	1,9	23
25	4000	2,64	0,43	85	2,0	18

Анализ полученных результатов позволяет сформулировать предложения по проектированию и обоснованию систем лиманного орошения:

продуктивность лиманов не пропорциональна величинам норм затопления, что связано со снижением биоразнообразия растительного покрова;

основной целью лиманного орошения является сохранение биоразнообразия, экологической устойчивости и природной продуктивности кормовых угодий;

расчетная обеспеченность весеннего стока при проектировании систем лиманного орошения должна приниматься на уровне 5...10%, что обеспечивает увеличение биоразнообразия, устойчивость экосистем, наиболее полное использование ограниченных водных ресурсов, большую площадь затопления и больший выход продукции;

нормы затопления (оросительные нормы) следует определять из условия сохранения (увеличения) климатического разнообразия, а не из условия получения максимальных урожаев. Нормы затопления лиманов в степной зоне не должны превышать 1000...1500 м³/га, в сухостепной – 2000 м³/га и в полупустынной – 3000 м³/га;

проектирование систем глубоководных лиманов (с нормой затопления $\geq 40...70$ см) нецелесообразно, в виду сокращения биоразнообразия растительных сообществ;

затопление земель лиманного орошения следует проводить только весной. Осеннее затопление сокращает продолжительность вегетационного периода на 10...30 % и урожайность на 40...45 % [91];

при обосновании систем лиманного орошения следует соблюдать требования к площади и размещению отдельных участков [25] (табл. 5.11).

Таблица 5.11

Требования к размерам и размещению участков
лиманного орошения

КТ, м ² /сут	Площадь отдельных участков, га	h/H ₀	Расстояние между отдельными участками, м
50...100	≤100	0,2...0,3	(3-5)В
100...200	100...250	0,3...0,4	(3-5)В
200...500	250...300	0,4... 0,5	(3-5)В

величины оросительных норм определяются по формуле

$$N \leq (H_0 - h)/KT, \quad (5.3)$$

где KT – проводимость отложений, $\text{м}^2/\text{сут}$; h – допустимый подъем уровня грунтовых вод, м; H_0 – исходный уровень грунтовых вод, м; B – ширина участка лиманного орошения.

Методика составления долгосрочного прогноза водно-солевого режима земель лиманного орошения приведена в работе [25].

Глава 6. ПРОБЛЕМЫ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В своих работах 2006-2009 гг. были рассмотрены история развития орошения в странах Центральной Азии и проанализированы основные причины интенсивного развития процессов опустынивания, включая ухудшение региональных почвенных, биологических, гидрогеологических, гидрологических и геохимических условий в бассейне Аральского моря [27, 33].

Основной целью широкого развития орошения земель в бассейне Аральского моря в XX в. вплоть до распада СССР было создание собственной базы хлопка-сырца и избавление текстильной промышленности страны от его импорта. Решение проблемы хлопковой независимости было достигнуто самой высокой ценой за всю многовековую историю развития орошаемых земель в бассейне Аральского моря. Увеличение производства хлопка-сырца было обеспечено за счет коллективизации и обобществления земельных ресурсов, что полностью исключило из хозяйственного механизма человека – хозяина с его личной заинтересованностью. Труд стал по существу подневольным и это привело к самым тяжелым последствиям [27, 33, 36]. Практически было разрушено веками отработанное отношение человека к при-

роде и утерян многовековой опыт орошения. Эффективность использования земельных и водных ресурсов резко снизилась. Низкий технический уровень оросительных систем, строительство дренажа и создание замкнутого водооборота и солеоборота (отвод минерализованных дренажных вод обратно в источники орошения и повторное их использование для полива) привели к нарушению состояния и функционирования всей природной системы бассейна Аральского моря.

Поначалу, в соответствии с принятой концепцией развития орошения и официальными нормативными документами, утверждалось, что водные ресурсы бассейна Аральского моря используются очень эффективно. Эффективность использования водных ресурсов оценивалась как [167]

$$КИВ = \frac{O_1}{O_2 - B}, \quad (6.1)$$

где $КИВ$ – коэффициент полезного использования водных ресурсов, в долях от единицы; O_1, O_2 – оросительные нормы нетто и брутто, м³/га; B – объем возвратных вод в виде дренажного стока, поступающего в реки и повторно используемого для полива, м³/га. Из выражения (6.1) следовало, что чем больше замкнут водооборот, тем лучше.

Последствия такой стратегии использования водных ресурсов сказались достаточно быстро; уже к 1985-1995 гг. водные ресурсы основных речных систем бассейна Аральского моря оказались недопустимо загрязненными и практически исчерпанными. Но это было только начало целого ряда негативных последствий, приведших к развитию экологического и социально-экономического кризисов в бассейне Аральского моря. Замкнутый водо- и солеоборот на орошаемых землях привел к увеличению минерализации речных вод и к повсеместному и прогрессирующему развитию засоления, снижению плодородия и продуктивности орошаемых почв. Уменьшение притока к Аральскому морю и снижение его уровня (изменение базиса эрозии) вызвали резкое усиление русловых процессов в среднем и, особенно,

нижнем течении рек Сырдарьи и Амударьи. Реки из источников питания подземных вод превратились в естественные дренажи, что нарушило исторически сложившиеся гидрологические, гидрогеологические и геохимические условия речных долин, прилегающих территорий и обернулось их опустыниванием и деградацией экосистем тугайных лесов.

Обсыхание Аральского моря, помимо гибели богатейших водных и околородных экосистем, привело к образованию огромной соляной пустыни и изменению климата Приаралья. Из регулятора геохимических потоков Аральское море превратилось в источник засоления и опустынивания прилегающих земель. Интенсивное развитие животноводства способствовало развитию процессов опустынивания, которые охватили не только речные долины и Приаралье, но практически весь бассейн Аральского моря.

Аральское море в прошлом неоднократно меняло свои размеры в результате периодического изменения русла Амударьи и снижения объема речного стока в море. Однако современный кризис принципиально отличается. Дело в том, что, во-первых, несмотря на отклонение русла Амударьи в прошлом, в море всегда поступал сток Сырдарьи в объеме 37...40 км³/год, и во-вторых – отклонение русла Амударьи никак не сказывалось на состоянии экосистем речных долин и прилегающих территорий. Таким образом, эти изменения практически не отражались на состоянии водных и околородных экосистем, являющихся экологическим каркасом и основой устойчивости природной среды бассейна Аральского моря. Современный кризис, в отличие от прошлых, привел к полному уничтожению экосистем речных долин, Аральского моря и прилегающих территорий, то есть к разрушению экологического каркаса со всеми вытекающими отсюда последствиями для населения и экономики стран Центральной Азии.

Бассейн Аральского моря как региональная природная система представляет собой, с одной стороны, природный объект, включающий совокупность экосистем, с другой – природный ресурс, то есть ряд взаимодействующих и взаи-

мообусловленных компонентов (атмосфера, биота, почва, водные ресурсы), которые используются человеком. Совокупность природных экосистем, как уже отмечалось, осуществляет функции регулирования состояния природной системы и благосостояния человека [205].

Поэтому необходимо рассмотреть вопрос, какие механизмы определяют состояние природных экосистем, и в какой степени изменение экосистемных услуг воздействует на благосостояние человека? Основным механизмом, определяющим состояние экосистем, является биогеохимический круговорот, включающий биогеохимические потоки в системе: атмосфера – суша – гидрографическая сеть – речные долины – Аральское море.

Качество атмосферного воздуха в бассейне Аральского моря регулируется синоптическими процессами. Охлаждение материка Евразии в холодное время года сопровождается образованием обширного по площади антициклона. Направление воздушных потоков на территории бассейна в этот период преимущественно восточное и северо-восточное, в связи с чем, на территории бассейна устанавливается безоблачная тихая погода. В летний период основную роль в формировании воздушных потоков играет термическая депрессия, способствующая вовлечению северных воздушных масс. Указанные глобальные синоптические процессы достаточно устойчивы и в природных условиях исключали трансграничный перенос веществ и загрязнение воздуха. Развитие промышленности и сельского хозяйства в бассейне привело к возникновению внутренних источников загрязнения. Ежегодный объем техногенных выбросов загрязняющих веществ составляет в пределах бассейна 7,5 млн т/год, из которых 43,8 % приходится на Казахстан, 28,7 – Узбекистан, 22,9 – Туркменистан и 4,6 % – Киргизстан и Таджикистан. Состояние воздуха в населенных пунктах и прилегающих территориях характеризуется высокой степенью загрязнения. Основными источниками загрязнения воздуха являются объекты энергетики, горнодобываю-

щей и металлургической промышленности и автотранспорт [159].

В Приаралье основной причиной изменения качества атмосферного воздуха на площади 15...20 млн га стало обсыхание Аральского моря, развитие пыльных бурь и усиление процессов азрального переноса солей. Уменьшение площади акватории моря вызвало снижение суммы активных температур на 400...500⁰С, увеличение континентальности и аридности климата и резкое ухудшение условий жизнедеятельности населения. Повторяемость погоды, пригодной для безопасного пребывания человека на открытом воздухе, сократилась почти в 2 раза. Кроме того, ежегодно в атмосферу поднимается и переносится от 15 до 75 млн т пыли, содержащей большое количество солей. Сильные пыльные бури наблюдаются до 90 дней в году [27, 54, 154, 162].

Основными факторами регулирования качества поверхностных и подземных вод в бассейне в природных условиях являются орографическое строение региона и особенности гидрологического режима основных рек. Орографически бассейн Аральского моря подразделяется на две части: горные массивы и Туранскую равнину. Горная часть является зоной формирования региональных водных и геохимических потоков. Здесь берут начало реки Сырдарья и Амударья и потоки подземных вод. Туранская же бессточная равнина, речные долины, дельты рек и Аральское море являются зоной разгрузки и аккумуляции региональных потоков поверхностных, подземных вод и наносов. В соответствии с особенностями формирования и рассеивания речного стока, минерализация речных вод возростала с 0,1...0,3 до 0,5 г/л только от истоков рек до выхода их на равнину. В среднем и нижнем течении рек минерализация речных вод в природных условиях оставалась постоянной [27, 33]. Минерализация подземных вод (в отличие от речных) возростала по направлению к зонам разгрузки. Широкое развитие орошения земель изменило гидрологические и гидрогеологические условия, реки из источников питания подземных вод пре-

вратились в естественные дрены и стали использоваться как водоприемники дренажных и сточных вод.

В природных условиях пресные речные воды, за исключением объема рассеиваемого стока, непосредственно поступали в дельты рек и Аральское море. В современных условиях речной сток полностью разбирается на орошение. Из общего водозабора примерно 80 % сначала теряется на фильтрацию из каналов оросительной сети и промывной режим на полях, а затем вновь используется для полива уже в виде минерализованных дренажных вод. Эта концепция водохозяйственной политики оправдывалась эффективностью повторного использования дренажных вод (см. выражение (6.1)). Все это стало причиной образования устойчивой обратной положительной связи: увеличение минерализации речных вод – необходимость усиления промывного режима и дренажа – увеличение объема дренажного стока – дальнейшее ухудшение качества и истощение водных ресурсов – снижение уровня Аральского моря [27] (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Динамика водохозяйственных условий в
бассейне Аральского моря

Годы						
1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
Объем дренажных и сбросных вод, км ³						
0	1	2	11	48	60	65
Минерализация речных вод, г/л						
0,3-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,9	0,9-1,1	1,1-1,4	1,4-1,8
Оросительные нормы брутто, тыс. м ³ /га						
16	13	17	23	25	24	23
Удельная протяженность дренажной сети, пог. м/га						
0	2	4	10	25	31	31
Сток воды в Аральское море, км ³						
60	58	55	50	42	25	10
Снижение уровня Аральского моря, м						
0	0	0	0	2	7,5	22,5

Из общего объема дренажных вод в бассейне Амударьи 35 % поступает обратно в реку и используется для орошения ниже по течению, 5 % повторно используются для полива в пределах оросительных систем и 60 % отводится в замкнутые понижения. По бассейну Сырдарьи эти цифры составляют 60, 20 и 20 %, соответственно. Из 175 млн т солей, выносимых дренажными водами в реки, до 50 % и более мобилизуется из глубинных горизонтов [27, 33, 137].

Помимо дренажных вод в реки поступает более 3-х км³ неочищенных, или недостаточно очищенных, промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, содержащих большое количество загрязняющих веществ, концентрация которых в 2...16 раз превышает ПДК.

Подземные воды, за исключением напорных вод верхнемеловых отложений, имеют минерализацию 1...5 г/л и содержат большое количество железа, марганца, хлоридов и других веществ. Обеспеченность городского и сельского населения системами централизованного водоснабжения и водоотведения составляет: для городского – 75...95 %, для сельского меньше 30...50 % [93, 159].

При оценке процессов почвообразования в аридных условиях целесообразно рассматривать только основные факторы – климат, гидрогеологические условия, подстилающие породы и биологическую продуктивность растительности. Для оценки роли климата в формировании почв наиболее подходящим является показатель гидротермического режима, отражающий соотношение тепла и влаги в природных условиях [25, 27, 30, 33, 54, 69]:

для автоморфных условий

$$\bar{R}_a = \frac{R}{LO_c}; \quad (6.2)$$

для гидроморфных условий

$$\bar{R}_r = \frac{R}{L(O_c + E_r)}, \quad (6.3)$$

где \bar{R} – показатель гидротермического режима; R – радиационный баланс, кДж/см² в год; O_c – сумма атмосферных осадков, см; E_2 – испарение с поверхности грунтовых вод, см; L – скрытая теплота парообразования, кДж/см³ в год.

Выбор этого показателя обусловлен тем, что он определяет баланс поверхностных и почвенных вод и условия почвообразования. В природных условиях основными статьями баланса поверхностных и почвенных вод являются испарение (E) и влагообмен между почвенными и грунтовыми водами (g). Поверхностный сток при $\bar{R} > 2$ отсутствует [54, 69, 145].

Величины водообмена между почвенными и грунтовыми водами, а также испарения определяются в зависимости от \bar{R} [26]:

для автоморфных условий

$$\bar{E}_a = \frac{E_a}{O_c} = \sqrt{\bar{R}th \frac{1}{R} (1 - ch\bar{R} + sh\bar{R})}; \quad (6.4)$$

$$g_a = \frac{g_a}{O_c} = 1 - \bar{E}_a; \quad (6.5)$$

для гидроморфных условий

$$\bar{E}_z = \bar{E}_a + \bar{R} \left(1 - \frac{\Delta}{\Delta_0}\right)^n; \quad (6.6)$$

$$g = 1 - \bar{E}_z = 1 - \bar{E}_a - \bar{R} \left(1 - \frac{\Delta}{\Delta_0}\right)^n; \quad (6.7)$$

где E_a , E_2 – испарение в автоморфных и гидроморфных условиях, мм; g_a , g_z – влагообмен в автоморфных и гидроморфных условиях, доли от суммы осадков; Δ – глубина залегания грунтовых вод, м; Δ_0 – глубина грунтовых вод, при которых испарение с их поверхности равно 0, м; $n = 1,5$; th , ch , sh – гиперболические тангенс, косинус и синус.

Основными показателями гидрогеологических условий являются глубина залегания и минерализация грунтовых вод, м, г/л, показателями подстилающих пород – содержа-

ние солей, а показателями почв – плодородие (баллы) и продуктивность (т/га).

Анализ имеющихся данных показывает, что засоление аридных почв в природных условиях наблюдается при следующих условиях [30]

$$g \leq \frac{1}{\Delta} \ln \frac{C_2}{C_1}, \quad (6.8)$$

где C_1 – допустимая минерализация почвенного раствора, г/л; C_2 – минерализация грунтовых вод (в гидроморфных условиях) или минерализация почвенного раствора на глубине сезонного промачивания почв (в автоморфных условиях), г/л; $\bar{\Delta} = \Delta/\lambda m$; Δ – уровень грунтовых вод, м; λ – параметр гидродисперсии, м; m – объемная пористость почв.

Обобщение натурных и теоретических данных показывает, что при $\bar{R} \leq 4$ и $C_2 \leq 4$ г/л формируются незасоленные, или глубоко засоленные почвы [17, 25, 27, 33, 145].

Зависимость плодородия и продуктивности почв в природных условиях от величины \bar{R} свидетельствует о том, что наиболее плодородные и продуктивные почвы формируются при значениях $0,8 \leq \bar{R} \leq 1,1$ и отсутствии засоления. Изменение гидротермического режима \bar{R} в ту или иную сторону сопровождается снижением плодородия и продуктивности почв [25, 44, 47, 54, 100, 143].

Орошение земель и перевыпас пастбищ коренным образом нарушили природные условия почвообразования. Последствия этих нарушений привели к деградации почв. Создание гидроморфного режима и использование минерализованных дренажных вод для полива потребовали создания промывного режима орошения, интенсивность которого ≥ 40 % от величины оросительной нормы нетто. Такой режим орошения неизбежно приводил к переувлажнению почв и снижению их плодородия и продуктивности. С другой стороны, уменьшение промывного режима при близком залегании минерализованных грунтовых вод сопровождалось засолением почв. Таким образом, нарушение природ-

ных процессов почвообразования в сложившихся условиях привело к тому, что снижение плодородия и продуктивности почв стало неизбежным. При оросительной норме нетто 13...14 тыс. м³/га и сумме атмосферных осадков вегетационного периода 100 мм, величина $\bar{R} = 0,67...0,71$, а продуктивность почв – 0,65...0,7 от потенциальной (при засолении почв продуктивность снижается еще на 15...75 %, в зависимости от содержания солей) [30, 44, 47, 154].

В настоящее время более 50 % богарных и орошаемых земель и пастбищ подвержены эрозии, дефляции и засолению [16, 27, 33, 38, 97, 137, 149, 159].

Концепция широкого развития орошения в бассейне Аральского моря предусматривала трансформацию автоморфного режима в гидроморфный с подъемом грунтовых вод до глубины 2...2,5 м и поддержание их на этой глубине при помощи дренажа. После 1991 г. состояние водохозяйственного комплекса в бассейне резко ухудшилось. Состояние существующей оросительной сети на 70 % площади в настоящее время характеризуется как неудовлетворительное. Более 70 % оросительных каналов не имеют противофильтрационных облицовок, КПД системы каналов в среднем по бассейну не превышает 0,4...0,5 [25, 27, 33, 97]. Интенсивность существующего дренажа не достаточна; дренажем обеспечено всего около 60 % всех орошаемых земель, причем более 50 % существующего дренажа находится в нерабочем состоянии. На значительной площади орошаемых земель (более 30 %) уровни грунтовых вод залегают на глубине менее 2 м [27, 38, 39, 97]. Площади засоленных земель увеличились с 40 % в 2000 г до 51 % в 2006г.

Экономический ущерб по бассейну Аральского моря от деградации орошаемых и богарных земель и естественных пастбищ оценивается примерно в 8 млрд долл. в год (16 % от ВВП) [97]. Экологический ущерб, связанный с разрушением природных экосистем и ухудшением благосостояния населения, не оценивался.

Одной из важнейших экосистемных услуг является био-

разнообразии, обеспечивающее функционирование природных экосистем. Увеличение (сохранение) биоразнообразия обеспечивает устойчивость экосистем, в то время, как его снижение упрощает структуру экосистем и способствует их разрушению. По данным [199], биоразнообразие растительности сократилось в разных экосистемах на 10...30 %, а биоразнообразие животного мира – на 25...50 %. Биоразнообразие растительности на пастбищах зависит от степени дигрессии: при слабой дигрессии оно снижается на 5...15 %; при умеренной – 20...50; при сильной – 50...90 % [155]. Снижение биоразнообразия опасно тем, что наряду со снижением продуктивности меняются флора и фауна – крупных копытных и хищных животных сменяют мелкие грызуны и растительноядные насекомые, что создает реальную угрозу здоровью населения.

Используя выражение (1.7), а также осредненные данные по структуре земельного фонда бассейна и экологической значимости отдельных видов угодий, оценим изменение устойчивости экосистем по данным 1900 и 2006 гг. [21, 27, 33, 97, 149, 199].

В расчетах учитывались изменения площадей и значений коэффициентов относительной экологической значимости отдельных биотических элементов [21, 22]. Выполненные расчеты показали, что устойчивость экосистем бассейна снизилась с 0,68 (стабильное состояние) в 1900 г. до 0,32 (нестабильное состояние) в 2006 г. Нестабильность экосистем бассейна означает, что при сохранении существующих условий использования водных, земельных и биологических ресурсов любые флуктуации природных и антропогенных факторов будут сопровождаться дальнейшим разрушением экосистем. Это обстоятельство имеет особое значение, поскольку поддержание устойчивости экосистем является необходимым условием выживания человека.

Изменение качества экосистемных услуг и последовавшее за этим ухудшение природной среды послужило основной причиной снижения благосостояния населения. Возросла заболеваемость, снизилась средняя продолжительность

жизни. Обобщающим показателем благосостояния населения, в соответствии с рекомендациями ООН, является «индекс человеческого развития» (ИЧР), который учитывает три основных фактора [79, 90]:

индекс ожидаемой продолжительности жизни при рождении;

индекс образования как возможность доступа к знаниям, измеряемый по уровню грамотности взрослого населения;

индекс дохода или уровня жизни, измеряемый величиной ВВП на душу населения.

Обобщение данных по ИЧР в странах бассейна Аральского моря показывает, что благосостояние населения, несмотря на достаточно высокие темпы прироста ВВП, снижается [79] (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Динамика индекса человеческого развития и прироста ВВП по странам бассейна Аральского моря

Годы	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Казахстан						
Δ ВВП,%	-	9,8	8,9	8,6	9,5	9,7
ИЧР	-	-	-	0,78	0,775	0,761
Киргизстан						
Δ ВВП,%	-	3,9	7	7,1	-	7,3
ИЧР	-	-	-	0,7	0,702	0,695
Таджикистан						
Δ ВВП,%	-	10,8	11	10,6	6,7	7
ИЧР	-	-	-	0,685	0,652	0,650
Туркменистан						
Δ ВВП,%	-	15	13	12	11,2	10,1
ИЧР	-	-	-	0,759	0,735	0,713
Узбекистан						
Δ ВВП,%	-	4	4,2	7,4	7	7,3
ИЧР	0,741	0,740	0,724	0,710	0,707	0,695
В целом по бассейну						
Δ ВВП,%	-	8,7	8,8	9,1	8,5	8,3
ИЧР	0,741	0,740	0,724	0,727	0,714	0,704

Согласно Всемирному Докладу по программе развития ООН (ПРООН) в 2006 г. по ИЧР Казахстан занимал 79 место, Киргизстан – 120, Таджикистан – 122, Туркменистан – 106, Узбекистан – 117 место среди 177 государств мира [79, 90, 172, 184]. Такая ситуация сложилась в результате того, что прирост ВВП связан не с ростом интенсивности промышленного и сельскохозяйственного производства, а с крайне нерациональным, истощительным использованием природных ресурсов.

Обретение государствами Центральной Азии независимости не только обострили экологическую и социально-экономическую ситуацию, но и привели к возникновению сложных политических проблем. До 1991 г. территория Центральной Азии была в составе единого союзного государства. Земля, ее недра, воды, растительность и животный мир являлись неотъемлемым достоянием народов СССР, а экономика союзного государства составляла единый народнохозяйственный комплекс, охватывающий все звенья общественного производства, распределения и обмена на территории всей страны [Конституция СССР, ст. 10, 16,70,75].

После 1991 г. на территории Центральной Азии возникли 5 независимых государств, объявивших все природные ресурсы своей неотъемлемой собственностью, которыми они могли распоряжаться по своему усмотрению. Это коснулось, прежде всего, водных ресурсов. Основной объем речного стока бассейна Аральского моря (больше 85 %) формируется в Киргизстане и Таджикистане [15] (табл. 6.3).

Таблица 6.3

Распределение речного стока между государствами
в бассейне Аральского моря

Государство	Речной сток, км ³		Всего по бассейну	
	Амударья	Сырдарья	Км ³	%
1	2	3	4	5
Казахстан	-	4,5	4,5	4,1
Киргизстан	1,9	27,4	29,3	26,8
Таджикистан	62,9	1,1	64,0	58,5

Продолжение табл. 6.3

1	2	3	4	5
Туркменистан	2,8	-	2,8	2,6
Узбекистан	4,7	4,1	8,8	8,0
Всего	72,3	37,1	109,4	100,0

Система водохранилищ, каналов и система управления водными ресурсами в свое время были созданы как единый водохозяйственный комплекс, обеспечивающий регулирование и распределение воды с учетом требований всех водопотребителей в бассейне Аральского моря. Крупные водохранилища в верховьях рек Сырдарьи и Амударьи работали в ирригационном режиме, то есть накапливали воду в зимний период и сбрасывали ее летом для орошения земель. После 1991 г. единый водохозяйственный комплекс был практически разрушен. Режим работы крупных водохранилищ в верховьях рек в Киргизстане и Таджикистане был изменен с ирригационного на энергетический. Это привело к увеличению зимних и сокращению летних попусков более чем в 2 раза, что поставило остальные страны в очень тяжелое положение [80, 168].

Здесь не лишнее будет напомнить, что до начала XX в. на территории Центральной Азии действовало и неукоснительно выполнялось «Водное право», которое включало следующие статьи [122]:

вода не может быть собственностью кого бы то ни было, за исключением воды, собранной в тот или иной сосуд, приготовленный средствами данного лица;

кто желает пользоваться водой для орошения, тот должен непременно участвовать во всех работах по проведению воды и поддержанию системы в порядке;

при недостатке воды, воду должны, прежде всего, получать владельцы земли, которые находятся ниже по течению, а затем те, которые находятся выше;

всякая кража воды, путем ли отвода ее не в очередь, или в большем количестве, чем это следует, считается преступлением и карается.

Приведенные выше материалы показали, что нарушение природных экосистем и изменение политической ситуации снизило не только экологическую устойчивость и стабильность сельскохозяйственного производства, но и разрушило существующие принципы вододеления, что поставило под угрозу само существование человека в регионе.

Для установления связи между площадями разрушенных и трансформированных экосистем и интенсивностью антропогенного воздействия на природную среду воспользуемся данными по площадям нарушенных земель (низкопродуктивные орошаемые и богарные земли, речные долины, осушенные акватории Аральского моря и прилегающие к нему территории, интенсивно используемые пастбища, населенные пункты, промзоны и др.).

При оценке площадей разрушенных и трансформированных экосистем (\bar{W}) учитывались площади средне- и сильнозасоленных орошаемых земель, деградированных пастбищ, осушенного дна Аральского моря, речных долин. Средненные значения \bar{W} и $\bar{\Delta}$ для бассейна Аральского моря вычислены на основании обобщения многочисленных литературных данных за период с 1900 по 2009 гг. [16, 24, 27, 33, 38, 46, 48, 97, 108, 137, 149, 154, 159, 172, 199 и др.]. Обработка полученных данных позволила получить зависимость между \bar{W} и $\bar{\Delta}$ в виде

$$\bar{\Delta} = 0,1\bar{W} + 0,07\bar{W}^2 \quad (\text{при } \bar{W} \leq 0,21). \quad (6.9)$$

Таблица 6.4

Расчетные и фактические значения $\bar{\Delta}$

Годы	\bar{W} , %	Значения $\bar{\Delta}$, %		ИЧР
		фактические	расчетные	
1	2	3	4	5
1900	3,0	0,1	0,9	-
1910	4,6	0,3	2,0	-
1920	2,3	0,2	0,6	-
1930	4,0	0,8	1,5	-
1940	5,0	1,8	2,3	-

Продолжение табл. 6.4

1	2	3	4	5
1950	5,7	2,1	2,9	-
1960	6,4	4,8	3,5	-
1970	9,2	9,7	6,8	-
1980	12,3	14,5	11,8	0,830
1990	16,5	21,4	20,6	-
2000	18,5	26,1	25,8	0,740
2009	20,5	33,0	31,4	0,694

Полученная зависимость (6.9) позволяет оценить пороговые значения нагрузки на систему ($\bar{W} \leq 10...13 \%$), при которых перестает действовать принцип Ле-Шателье – Брауна, то есть экосистемы начинают самопроизвольно разрушаться. При этом процессы самопроизвольного разрушения экосистем и деградации земель усиливаются во времени даже при сохранении существующей нагрузки на систему. Изменение \mathcal{E} во времени описывается выражением

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E} \exp(0,015t), \quad (6.10)$$

где \mathcal{E} – площади разрушенных и трансформированных экосистем в момент времени $t = 0$, %; $\mathcal{E}(t)$ – то же самое в любой момент времени $t > 0$; t – время, годы.

Имеющиеся данные показывают, что современная антропогенная нагрузка на природные системы в бассейне Аральского моря значительно превышает пороговые значения, что объясняет потерю экологической устойчивости и прогрессирующее развитие деградационных процессов.

При сохранении современных технологий и структуры экономики в странах бассейна площади разрушенных и трансформированных экосистем к 2025 г. могут увеличиться с 31,4 % до $31,4 \exp(0,015 \times 16) = 39,9 \%$.

Полученные результаты дают возможность подойти к оценке экологической эффективности различных мероприятий, направленных на улучшение состояния бассейна. Основными целями стратегии решения проблем бассейна Аральского моря являются:

улучшение состояния природных экосистем до уровня, при котором будет восстановлено действия принципа Лешателье – Брауна, то есть использование биологических механизмов, регулирующих состояние земель как природного объекта и природного ресурса;

восстановление качества экосистемных функций и услуг;

обеспечение справедливого распределения водных ресурсов между государствами, восстановление разрушенного водохозяйственного комплекса и его нормального функционирования.

Совершенно очевидно, что для решения этих проблем необходимо изменить технологии промышленного и сельскохозяйственного производства и структуру экономики стран бассейна Аральского моря. Однако прежде, чем говорить об экологической, социальной и экономической эффективности модернизации необходимо рассмотреть ряд вопросов, включающих:

возможность восстановления нарушенных экосистем и время их релаксации;

возможность улучшения качества поверхностных вод и высвобождения достаточного объема водных ресурсов, необходимого для восстановления экологического каркаса в бассейне Аральского моря;

оценка экологической ценности земель как природного объекта (совокупность экосистем) и экологических ущербов;

методы оценки экологической эффективности системы мероприятий;

методы оценки социальной эффективности мероприятий.

Рассмотрение этих вопросов очень важно, так как еще в недавнем прошлом (1980-1985 гг.) утверждалось, что основными являются социально-экономические проблемы, экологические проблемы практически не рассматривались. В качестве основного мероприятия считалась подача дополнительного объема водных ресурсов из других регионов.

Дополнительный объем водных ресурсов предполагалось использовать только для дальнейшего увеличения площадей орошаемых земель до 13,4 млн га [173]. Современное межгосударственное вододеление также не включает подачу воды для решения экологических проблем, кроме санитарных попусков в дельты Амударьи и Сырдарьи в объеме $150 \text{ м}^3/\text{с}$ [97].

Данные многочисленных исследований дают основание утверждать, что нарушенные экосистемы бассейна Аральского моря после снятия (или уменьшения) антропогенной нагрузки самостоятельно восстанавливаются достаточно быстро. Так, например, формирование богатейших экосистем искусственных озер Сарыкамыш и Арнасай произошло практически сразу, после образования водоемов. Этому способствовало то обстоятельство, что в этих водоемах, даже при минерализации воды $\geq 150 \text{ г/л}$, активно размножаются рачки артемии, являющиеся основой кормовой базы рыбы [39]. Более длительные сроки требуются для улучшения качества поверхностных вод, тугайных экосистем и речных долин. Необходимо иметь в виду, что восстановить качество речных вод до природного состояния практически невозможно, реально достижимая минерализация их может составить $0,6 \dots 0,8 \text{ г/л}$. Сроки восстановления тугайных экосистем и улучшения качества воды будут зависеть от динамики уровня Аральского моря, как замыкающего элемента и базиса эрозии гидрографической сети.

Запасы водных ресурсов стран бассейна Аральского моря в расчете на душу населения составляет около $2,3 \text{ тыс. м}^3$, что в несколько раз выше, чем в странах Ближнего Востока, но там не существует таких сложных проблем с водообеспечением населения, сельскохозяйственного и промышленного производства. Основная проблема с водными ресурсами в бассейне Аральского моря заключается не в ограниченном объеме, а в крайне нерациональном их использовании. Эффективность использования водных ресурсов в промышленности в $10 \dots 60$ раз, а в сельском хозяй-

стве в 4...10 раз ниже, чем в развитых странах [6, 23, 57]. Приведенные данные позволяют сделать однозначный вывод – бассейн Аральского моря имеет достаточные резервы воды для решения экологических и социально-экономических проблем. Главное заключается в том, что за прошедшие с момента обретения независимости 20 лет практически ничего не сделано для приведения в порядок водного хозяйства стран и рационального использования природных ресурсов.

Оценка экологической ценности природных экосистем бассейна Аральского моря сопряжена с большими сложностями, которые связаны с отсутствием единого методического подхода и однозначного определения понятия «экосистемные услуги». Для оценки экологической ценности природных экосистем можно использовать метод замещения, суть которого заключается в создании искусственных аналогов, заменяющих функции нарушенных экосистемных услуг. Стоимость аналогов не является просто суммой ущербов, она включает создание механизмов, обеспечивающих нормальное функционирование экосистем. Анализ имеющихся данных показывает, что рыночная стоимость и экологическая ценность природных экосистем соотносятся как 1:20 [24, 48]. Для оценки экологического ущерба необходимо знать не только площади нарушенных экосистем, но и степень их нарушенности, которая оценивается по снижению биоразнообразия и продуктивности. Величина экологического ущерба может быть оценена выражением (2.3).

Для оценки социальной эффективности мероприятий по улучшению состояния экосистем необходимо знать связь между уровнем благосостояния населения и площадью нарушенных и трансформированных экосистем. В качестве показателя благосостояния населения целесообразно использовать индекс человеческого развития, отражающий продолжительность жизни, уровень доходов и образования населения. Такая связь получена нами на основании обобщения имеющихся данных [43, 79, 184]

$$ИЧР = 1,9 - \exp(0,0055 Э). \quad (6.11)$$

Сопоставление расчетных и фактических значений ИЧР приведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5
Расчетные и фактические значения ИЧР

Годы	Э, %	Значения ИЧР	
		расчетные	фактические
1980	14,5	0,817	0,830
2000	26,1	0,746	0,741
2009	33,0	0,701	0,700

Учитывая, что величина ВВП не может служить объективным показателем экономического развития государства, реальное состояние экономики и благосостояние населения необходимо оценивать по величине экологически адаптированного валового внутреннего продукта, который равен ВВП минус потери от снижения общей ценности природных экосистем и благосостояния населения в результате истощения природных ресурсов и разрушения экосистем. Этот показатель и должен служить основным при оценке эколого-экономической эффективности системы предлагаемых мероприятий. При осредненной кадастровой стоимости земель в бассейне Аральского моря, равной ~ 1000 долл./га, экологическая ценность составит 20000 долл./га [29].

Приведенные данные позволяют сделать ряд выводов:

бассейн Аральского моря находится в условиях нарастающего экологического кризиса, который превращается в кризис благосостояния населения. Индекс человеческого развития снижается по мере ухудшения экологических условий;

улучшение состояния природных экосистем является единственным условием, обеспечивающим устойчивое развитие и повышение благосостояния населения;

современное неудовлетворительное состояние природных экосистем обратимо и может быть восстановлено до уровня, при котором будет выполняться действие принципа Ле-Шателье – Брауна;

восстановление нарушенных экосистем будет успешным при условии, что основной стратегической целью мероприятий в бассейне Аральского моря будет снижение антропогенной нагрузки и площадей разрушенных и трансформированных экосистем до уровня 10...13 % от общей их площади;

обоснование системы мероприятий по восстановлению природной среды должно основываться на оценке экологической, социальной и экономической эффективности;

полученные эмпирические зависимости (2.3)...(2.5), (6.9)...(6.11) позволяют оценить экологическую, социальную и экономическую эффективность различных сценариев, начиная от сохранения существующего положения, частичного переустройства оросительных систем и заканчивая восстановлением экологического каркаса бассейна.

В качестве возможных сценариев развития бассейна в настоящей работе использованы предложения Научно-исследовательского центра Международной Комплексной Водохозяйственной Комиссии, Всемирного банка и другие материалы [15, 35, 80, 93, 97, 135, 159, 172].

Исходные данные для расчетов: $\bar{\omega} = 20,5 \%$; $\Theta = 31,4 \%$; $\lambda = 40 \%$; $ИЧР = 0,700$; ВВП = 206 млрд долл. экологический ущерб $U_3 = 20000 \cdot 0,314 \times 0,4 = 2512$ долл./га в год, или на всю площадь бассейна 332 млрд долл./год. Экологически адаптированный валовый продукт < 0 , что свидетельствует о неэффективности экономики стран бассейна.

Первый сценарий. Сохранение существующего положения и дальнейшее ухудшение состояния орошаемых земель. В течение ближайших 10-20 лет большая часть дренажа выйдет из строя, около 20 тыс. га орошаемых земель будет ежегодно выводиться из оборота. Рост ВВП составит 1 % в год. Расчетный срок – 2025 г. [97].

Площади разрушенных и трансформированных экосистем к концу расчетного периода увеличатся до

$$\mathcal{E}(t) = 31,4 \exp(0,015 \cdot 16) = 39,9 \%$$

Экологический ущерб при этом составит

$U_3 = 20000 \times 0,399 \times 0,4 = 3192$ долл./га в год,
или на всю площадь бассейна – 421 млрд долл./год.

Индекс человеческого развития, характеризующий благосостояние населения, составит

$$ИЧР = 1,9 - \exp(0,0055 \cdot 39,9) = 0,650.$$

Экологически адаптированный валовый продукт –
 $241 - 421 < 0$.

Таким образом, при сохранении существующего положения, экологические, социальные и экономические условия к 2025 г. резко ухудшатся.

Второй сценарий. Включает реконструкцию существующей коллекторно-дренажной сети, промывку засоленных земель, планировку полей на части площади орошаемых земель и повторное использование дренажных вод для полива. По существу этот сценарий предусматривает не комплексное переустройство оросительных систем и сохранение водооборота и солеоборота на орошаемых землях. Переустройство существующей оросительной сети (повышение КПД), совершенствование техники полива сельскохозяйственных культур практически не предусматривается [80, 97].

Такой сценарий переустройства только одного из элементов существующих оросительных систем априори не эффективен. Восстановление коллекторно-дренажной сети и понижение уровня грунтовых вод с 1,5 до 2,5 м, при принятых режиме и технике орошения, снижают засоление орошаемых земель и повышают их плодородие и продуктивность. Вместе с тем, понижение уровня грунтовых вод приведет к резкому увеличению фильтрационных потерь из каналов существующей оросительной сети при $КПД = 0,4...0,5$. Увеличение объема фильтрационных потерь при снижении уровня грунтовых вод с 1,5 до 2,5 м составит [17] $\sqrt{2,5/1,5} = 1,29$. В целом по бассейну, при переустройстве дренажной сети на 50 % площади, объем дренажного стока и величины оросительных норм увеличатся ~ на 15 %, а эффективность использования воды снизится

до $0,4/1,15 = 0,35$. Таким образом, никакой экономии водных ресурсов при таком переустройстве не будет. Увеличение объема дренажного стока и повторное использование дренажных вод приведут к увеличению минерализации речных вод и ухудшению состояния орошаемых земель, на которых не будет проведено переустройство дренажной сети.

Учитывая улучшение состояния части орошаемых земель, интенсивность антропогенной нагрузки снизится

$$\bar{\omega} = 20,5 - 3,5 \cdot \frac{100}{135} = 17,9\%,$$

тогда

$$\mathcal{E}_k = 0,1 \cdot 17,8 + 0,07 \cdot 17,9^2 = 24 \%,$$

с учетом времени

$$\mathcal{E}(t) = 24 \cdot \exp(0,015 \cdot 16) = 30,5 \, \%.$$

Экологический ущерб составит

$$20000 \cdot 0,305 \cdot 0,4 = 322 \text{ млрд долл./год.}$$

Экологически адаптированный валовый продукт в этом случае меньше 0. Социальная эффективность мероприятий

$$ИЧР = 1,9 - \exp(0,0055 \cdot 30,5) = 0,717,$$

то есть несколько повысится.

Полученные данные позволяют сделать ряд выводов:

переустройство существующих оросительных систем и улучшение состояния орошаемых земель является основным и наиболее эффективным мероприятием, обеспечивающим решение экологических, социальных и экономических проблем бассейна Аральского моря;

переустройство существующих оросительных систем должно быть комплексным, то есть включать улучшение коллекторно-дренажной и оросительной сетей, техники полива и системы сельхозпроизводства. Эффективность комплексного переустройства определяется тем, что во-первых, орошение земель обеспечивает производство сельскохозяйственной продукции и сырья для внутреннего потребления и экспорта; во-вторых, орошаемое земледелие является основным водопотребителем и основной причиной экологиче-

ского, социального и экономического кризиса; в-третьих, переустройство существующих оросительных систем является единственным фактором восстановления экологического каркаса бассейна;

при разработке стратегических планов необходимо рассматривать среднесрочную (до 2025 г.) и долгосрочную (после 2025 г.) перспективу.

Третий сценарий. Основные цели среднесрочной перспективы заключаются в изменении структуры экономики и переустройстве существующих оросительных систем. Основные задачи:

диверсификация экономики, прекращение истощительного использования природных ресурсов, развитие перерабатывающих производств и снижение техногенных выбросов и сбросов. Изменение структуры ВВП за счет сокращения доли сельского хозяйства и увеличения доли промышленного производства, сферы услуг, транспорта и пр.;

переустройство коллекторно-дренажной сети с целью понижения уровня грунтовых вод до 2,5...3 м, исключения сброса дренажных вод в источники орошения и недопустимости их повторного использования для полива;

переустройство оросительной сети и повышение КПД системы каналов $\geq 0,85$;

совершенствование техники полива сельскохозяйственных культур за счет широкого применения дождевания и капельного орошения;

оптимизация структуры использования орошаемых земель и совершенствование системы земледелия;

использование высвобождающихся водных ресурсов только для восстановления экологического каркаса, водных и околотоводных экосистем;

улучшение деградированных пастбищ;

переустройство оросительных систем целесообразно осуществить не более, чем на 50 % площадей орошаемых земель;

остальные орошаемые земли, характеризующиеся под-

топлением, сильным засолением и малой продуктивностью, на данном этапе развития должны быть исключены из оборота не менее, чем на 25-30 лет. В долгосрочной перспективе эти земли можно будет использовать под естественные пастбища или орошаемые земли, но уже на новой технической и технологической основе и только при условии, что это не ухудшит экологического состояния бассейна.

Для анализа эффективности предлагаемых мероприятий необходимо определить потребность сельскохозяйственных культур в воде. Один из основных принципов орошаемого земледелия заключается в том, что растения и почва должны получать строго определенное количество воды. Недостаток воды, так же, как и избыток ее, снижает не только продуктивность сельскохозяйственных растений, но и плодородие почв [25, 27, 30, 135, 154]. В настоящее время величины оросительных норм нетто и брутто в бассейне составляют 13...14 и 26..28 тыс. м³/га соответственно, что обусловлено неудовлетворительным состоянием водораспределения, устаревшей техникой полива и необходимостью борьбы с засолением почв. Эффективность использования воды на полях не превышает 0,45, остальной объем воды расходуется на поверхностные и глубинные сбросы и физическое испарение с поверхности почвы [13].

Использование современной техники полива (дождевание и капельное орошение) позволяет увеличить эффективность использования воды на полях до 0,7...0,95 и повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 10...80 %, по сравнению с поливом по бороздам. Обобщение мирового опыта орошения в аридных регионах показывает, что величины оросительных норм нетто составляют в среднем 6 тыс. м³/га [13, 23, 151]. Такие низкие значения оросительных норм не означают, что сельскохозяйственных растения недополучают воду, просто при применении современной техники полива исключаются непроизводительные потери воды. Указанную величину оросительной нормы необходимо скорректировать с учетом особенности природно-хозяйственных условий бассейна Аральского моря.

$$O_1 = 6000 \cdot \frac{1}{1 - \bar{c}_1} \left(\frac{\bar{c}_2 - 1}{\bar{\Delta}} + 1 \right), \quad (6.12)$$

где O_1 – оросительная норма нетто, м³/га; $\bar{c}_1 = c_1/c_2$; $\bar{c}_2 = c_2/c_0$; $\bar{\Delta} = \Delta/\lambda m$; c_1, c_2 – минерализация поливных и грунтовых вод, г/л; c_0 – допустимая минерализация почвенного раствора, г/л; Δ – глубина залегания грунтовых вод, м; m – пористость почвы, в долях от объема; λ – параметр, характеризующий особенности миграции солей в почве, м. При осредненных значениях величин, входящих в выражение (6.12) ($c_1 = 1,2$ г/л; $c_2 = 10$ г/л; $c_0 = 1,3$ г/л; $m = 0,4$; $\Delta = 2,75$; $\lambda = 0,3$) величина оросительной нормы нетто составит $6000 \cdot 1,29 = 7740$ м³/га. Из этой величины 1740 м³/га приходится на промывной режим. Величина оросительной нормы брутто включает фильтрационные потери из оросительных каналов. Объем фильтрационных потерь при КПД = 0,85 составит $1 - 0,85/0,85 \cdot 7740 = 1360$ м³/га, а оросительная норма брутто $O_2 = 7740 + 1360 = 9100$ м³/га. Общий объем водопотребления орошаемого земледелия $W = 9100 \cdot 3\,900\,000 = 36$ км³/год. Объем дренажного стока $D = (1740 + 1360) \cdot 3\,900\,000 = 12$ км³/год. Минерализация речных вод в среднем и нижнем течении может снизиться до 0,8 г/л (см. табл. 6.1).

Используя полученные данные, а также сведения о водном балансе Аральского моря, можно оценить изменение уровня и площади акватории моря [158]. Общий объем речного стока, поступающего в дельты рек и море, составит:

$$W_M = 116 - (W - D) - W_n - W_p - \Pi, \quad (6.13)$$

где W_M – приток воды к морю, км³; W_n – водопотребление промышленностью и коммунальным хозяйством, км³ (15 км³); W_p – рассеивание стока в среднем и нижнем течении рек, км³. Рассеивание стока связано с повышением уровня воды в реках и снижением уровня грунтовых вод на орошаемых землях. В соответствии с расчетами $W_p = 14$ км³; Π – потери воды в дельтах рек – 8 км³ [158]. Таким образом, $W_M = 55$ км³.

При таком объеме притока уровень воды в море может подняться на 21...26 м и достигнуть отметки 50...55 м. Площадь акватории моря может увеличиться до 5,7...6,0 млн га. Изменение уровня моря и базиса эрозии может повысить уровень воды в реках на 4...6 м, по сравнению с существующим, что позволит улучшить состояние экосистем речных долин на 30...40 %.

Реализация указанных мероприятий позволяет снизить степень нарушенности структуры природных ландшафтов на 7,5 %, в том числе на 3 % за счет улучшения состояния орошаемых земель, 2,5 % за счет увеличения акватории Аральского моря и 2 % за счет улучшения состояния экосистем речных долин $\bar{\omega} = 20,5 - 7,5 = 13$ %.

Экологическая, социальная и экономическая эффективность в этом случае составит

$$\mathcal{E} = 0,1 \cdot 13 + 0,07 \cdot 13^2 = 13,1 \%$$

Это означает, что природные экосистемы бассейна могут быть восстановлены до уровня, при котором начинает действовать принцип Ле-Шателье – Брауна;

$$V_3 = 20000 \cdot 0,131 \cdot 0,3 = 786 \text{ долл./га в год,}$$

или 104 млрд долл./год на всю площадь бассейна;

объем сельскохозяйственной продукции вырастет почти в 2 раза по сравнению с существующей;

благополучие населения может возрасти

$$ИЧР = 1,9 - \exp(0,0055 \cdot 13,1) = 0,825;$$

экологически адаптированный внутренний продукт составит

$$ВВП_0 = 450 - 104 = 346 \text{ млрд долл./год или } 0,77 \text{ от ВВП.}$$

Выводы

1. Основным условием, обеспечивающим вывод из кризиса и устойчивое развитие стран бассейна Аральского моря, является улучшение состояния нарушенных экосистем до уровня, при котором будут действовать биологические механизмы, известные как принцип Ле-Шателье – Брауна.

Предельные площади нарушенных экосистем не должны превышать 10...13 % от площади бассейна.

2. Состав мероприятий в среднесрочной перспективе (до 2025 г.) должен включать комплексное переустройство существующих оросительных систем на 50 % площади орошаемых земель. Остальные 50 % орошаемых земель, характеризующихся средним и сильным засолением и малой продуктивностью, целесообразно вывести из оборота. Обоснование состава, объема и очередности реализации указанных мероприятий должно основываться на оценке экологической, социальной и экономической эффективности.

3. Реализация предусмотренных мероприятий может существенно улучшить состояние нарушенных экосистем бассейна, включая речные долины, водные и околоводные экосистемы и Аральское море, а также повысить благосостояние населения. Объем сельскохозяйственной продукции может быть увеличен почти в 2 раза по сравнению с существующим.

4. Приведенные предложения и рекомендации основаны на обобщении имеющихся данных и эмпирических зависимостях и требуют дальнейших исследований и уточнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, выполненные в последние 10 лет, позволили не только оценить существующее состояние природной среды и проанализировать причины и масштабы деградации земель, но и в полной мере оценить смысл и значение эколого-социально-экономической концепции устойчивого развития и пути ее реализации. Выяснилось, что в России до сих пор развитие природопользования, мелиорации земель, охраны природной среды и благосостояние человека рассматриваются как самостоятельные проблемы, что противоречит основным положениям государственной политики и основам экологии. Экология и экономика, как известно, неразрывно связаны и должны рассматриваться как единая проблема – экономика природопользования. Экология как наука изучает сложные взаимодействия живых организмов (включая человека) с органическими и неорганическими компонентами природной среды, а экономика – процессы управления этими взаимодействиями.

Состояние природных экосистем в стране в настоящее время характеризуется как неудовлетворительное. Допустимые пределы воздействия на природную среду повсеместно превышены. Резко сократилось биоразнообразие, площади уничтоженных и нарушенных экосистем по основным биомам страны достигают 80 %. Число природных чрезвычайных происшествий за период с 1991 по 2011 гг. возросло более чем в 3 раза, а материальный ущерб от них составляет десятки триллионов рублей в год. Объем потерь ВВП от ухудшения здоровья населения по разным федеральным округам достигает 10 %. Техногенное воздействие на природную среду стало практически неуправляемым, что сопровождается дальнейшим расширением масштабов деградации земель. Нарушения состояния экосистем настолько велики, что масштабы деградации земель будут возрастать и впредь, даже при сохранении существующего уровня воздействия на природу. Площади деградированных земель с 1991 по 2011 гг. возросли почти в 2 раза. Если существующая сис-

156

тема хозяйственной деятельности в стране сохранится, то к 2020 г. площади деградированных земель возрастут еще на 10...20 %.

Вместе с тем, до сих пор нет единого мнения и четкого представления о том, что такое деградация земель. Долгое время почва и земля считались синонимами, поэтому проблема ограничивалась рассмотрением деградации почв. Под деградацией земель понималась «совокупность процессов, приводящих к изменению функций почвы как элемента природной среды, качественному и количественному ухудшению ее свойств, снижению природно-хозяйственной значимости земли» [206]. Такая трактовка деградации земель противоречит современному законодательству РФ, в соответствии с которым земля определена как природный объект и природный ресурс. Таким образом, понятие «деградация земель» необходимо сформулировать следующим образом: деградация земель – это любые формы изменения биоразнообразия, которые отрицательно воздействуют на все компоненты земли как природного объекта и природного ресурса.

Понятно, что полностью исключить техногенные воздействия на природную среду невозможно в принципе, но снизить его до уровня, при котором оно станет управляемым, вполне реально. В этом собственно и заключаются идея устойчивого развития и основная цель мелиорации земель. Однако существующие нормативно-методические документы рассматривают мелиорацию земель как повышение продуктивности и устойчивости земледелия за счет регулирования водного режима почв и других факторов роста и развития сельскохозяйственных растений [167, 182]. Вопросы улучшения состояния экосистем и качества экосистемных услуг не рассматриваются, в связи с чем, применяемые системы мелиоративных мероприятий не предотвращают дальнейшего развития процессов деградации земель. Экономический эффект от применения традиционных комплексных мелиораций не пропорционален экологическому ущербу, который они наносят, несмотря на то, что в

Законе РФ «О мелиорации земель» декларируется: «Осуществление мелиоративных мероприятий не должно приводить к ухудшению состояния окружающей природной среды» (статья 32).

Мелиорация земель должна основываться на следующих принципах:

комплексное решение экологических, социальных и экономических проблем. Экологические и социальные проблемы являются приоритетными;

борьба с причинами деградации земель, а не с их последствиями. Это предусматривает в первую очередь увеличение биоразнообразия и восстановление нарушенных экосистем до уровня, при котором предотвращаются процессы самопроизвольного их разрушения и дальнейшего развития деградации земель;

улучшение ресурсной базы сельскохозяйственного производства, основу которой должен составлять капитал (60%). Земля и труд должны составлять 30 и 10 %, соответственно. Решение этой проблемы должно предусматривать развитие инфраструктуры сельских территорий и сельскохозяйственного машиностроения;

разработка методов оценки экологической ценности земли. В настоящее время между кадастровой и экологической оценкой земли существует противоречие. Относительная кадастровая оценка сельскохозяйственных угодий составляет (га/га): пашня – 1,22; сенокосы – 0,18; пастбища – 0,04; в то же время относительная экологическая ценность тех же угодий составляет – 0,11; 0,70 и 0,80, соответственно [21, 24];

увеличение продуктивности земель и стабилизация сельскохозяйственного производства. Продуктивность сельского хозяйства в 2...3 раза ниже, чем в развитых странах, нестабильна и зависит от погодных условий;

рассмотрение всех основных видов деградации и комплексное решение проблем восстановления земель;

основой разработки комплекса мелиоративных мероприятий является экосистемный подход, включающий мо-

158

делирование экологических, социальных и экономических процессов;

широкое использование передового отечественного и зарубежного опыта в области мелиорации земель.

В соответствии с приведенным определением и основными принципами мелиорация земель должна включать мероприятия по ликвидации (снижению до минимума) причин развития процессов деградации и мероприятия по восстановлению деградированных земель.

Первая группа мероприятий предусматривает:

1. Повышение технологической эффективности производства с целью снижения техногенных выбросов и сбросов до допустимых пределов. Основой для разработки системы мероприятий по снижению техногенных выбросов и сбросов служат показатели ПДВ (предельно допустимые выбросы в атмосферу) и ПДС (предельно допустимые сбросы в водные объекты), которые являются экологическими нормативами, регламентирующими поступление загрязняющих веществ в природную среду. По существу эти показатели определяют экологичность технологических процессов. Вместе с тем, следует отметить, что существующая методика определения ПДВ и ПДС по ряду причин не удовлетворяет требованиям экологического нормирования. Во-первых, существующая система ПДК составлена для отдельных загрязняющих веществ и не отвечает экологическим требованиям и, во-вторых, в основу расчета ПДВ и ПДС положены максимальные разовые величины ПДК, которые на порядок выше среднесуточных. В связи с этим, для расчета ПДВ и ПДС необходимо использовать среднесуточные величины ПДК, что существенно повысит требования к технологии производства, снизит объем техногенных выбросов и сбросов и предотвратит дальнейшее загрязнение атмосферы, почв и водных объектов.

2. Восстановление нарушенных экосистем до допустимых пределов с целью улучшения качества экосистемных услуг и устранения причин развития деградационных процессов, которые включают:

нарушение структуры природных ландшафтов;
снижение биоразнообразия, являющегося основой устойчивого функционирования экосистем;

замена естественного отбора искусственным, с целью увеличения биопродуктивности агроценозов. Однако культурные растения не обладают внутренней устойчивостью и требуют постоянного регулирования факторов роста и развития, то есть изменения природных условий и применения минеральных удобрений и химических средств защиты. При этом, чем выше продуктивность растений, тем уже пределы регулирования и тем интенсивнее воздействие на природу;

нарушение принципа избыточности производства биомассы и снижение запасов органического вещества в агроценозах в результате отчуждения значительной части биомассы с урожаем и уничтожения степного войлока и лесной подстилки.

Состав мероприятий включает изменение структуры использования земель, основной целью которого является увеличение биоразнообразия и восстановление нарушенных экосистем. Изменение структуры осуществляется за счет уменьшения площадей интенсивно используемых земель (пашня, промзоны, сплошные вырубki лесов, заброшенные и нарушенные земли) и замена их природными и полуприродными угодьями (леса, луга, пастбища и сенокосы). Обоснование изменения структуры использования земель предусматривает:

максимальное увеличение биоразнообразия за счет восстановления экологического каркаса территории, лесовосстановления, создания лесных полезащитных, водоохраных полос, залужения нарушенных, заброшенных и части пахотных земель;

снижение площадей нарушенных экосистем до уровня, обеспечивающего действие принципа Ле-Шателье – Брауна и предотвращающего дальнейшее развитие деградационных процессов, в том числе снижение интенсивности водной и ветровой эрозии почв до допустимых пределов (меньше 3 т/га в год) и снижение максимальных паводковых расходов

дов в реках с целью ликвидации опасности катастрофических наводнений;

сохранение площадей пахотных земель, обеспечивающих получение необходимой сельскохозяйственной продукции. Минимальные площади пахотных земель определяются, исходя из условия, что реализация всех видов мелиорации, обеспечивает увеличение продуктивности агроценозов в 2,5 раза, по сравнению с существующими условиями;

улучшение условий развития животноводства за счет увеличения площадей лугов, сенокосов и пастбищ. Соотношение площадей кормовых угодий и пахотных земель должно быть больше единицы.

Мероприятия по восстановлению деградированных земель, в отличие от существующих подходов, предусматривают ликвидацию последствий техногенного воздействия на атмосферу, биоту, почвы и водные объекты. Обоснование систем мероприятий включает выполнение следующих работ:

оценку масштабов, степени и последствий нарушения свойств компонентов;

анализ процессов, вызывающих деградацию земель;

разработку требований к восстановлению деградированных земель. Полное восстановление деградированных земель практически недостижимо, поэтому основные требования к восстановлению сводятся к изменению отрицательной динамики природных процессов на положительную;

обоснование состава и объема необходимых мероприятий по восстановлению деградированных земель.

Состав и объем мероприятий по изменению структуры использования земель устанавливается на основании разработки долгосрочных прогнозов изменения экологических, социальных и экономических условий, с использованием данных, приведенных в главах 2 и 3.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Global Footprint Network» <http://www.Footprint Network.org>.
2. Constanza R. На пути к экологической экономике. Энциклопедия земли. – Вашингтон, 2007.
3. Constanza R. Что такое экологическая экономика? //Экологическая экономика, 1989. 1:1-7.
4. Constanza R., d'Arge и др. Значение мира экосистемных услуг и природного капитала. Nature 387, 1997.
5. Gardner G. Irrigated Area Up. In: The environmental trends that are shaping our future/ World institute W.W. Norton and Co. New York-London, 1999.
6. Gleck P.H. Global fresh water resources: soft-path solution for the 21-th centure. Science, 2003,5650.
7. Gleick P.H. Global freshwater resources: soft – path solution for the 21-th. Centure Scince. 2003, 302, N 5650. <http://iode.nspu.ru/ecourse/webatles/ra2lb.htm>, 1998
8. <http://ustoj.com/Soils.htm>
9. <http://www.csr.spbu.ru/pub/4/ch18.adf>
10. <http://www.okade.ru/agronomiya/21-himicheskie-melioracii.html>
11. Inglechart R. Modernization and Postmodernization. Cultural, Economic and Political Change in 43 Societies. Princeton Univ. Press, 1977.
12. Little Green Data Book, 2000-2010. World Bank. 2000-2010.
13. Mihail Kogan. Капельный полив, 2007. <http://www.agrolist.com/Productionrus.aspx?cmd=read32>
14. ТЕЕВ – The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Report for Business – Executive Summary, 2010.
15. Uzbekistan National Report. Geneva, 2004.
16. Абдуллаев А.К. Проблемы деградации земель как результат их нерационального сельскохозяйственного использования и пути улучшения ситуации. <http://www.carest.net/land/01.html>

17. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М.: Колос, 1978.
18. Аверьянов С.Ф. Некоторые вопросы подземного питания равнинных рек. Труды III гидрологического съезда. – Л.: Гидрометеоиздат, 1959. Т. 9.
19. Агроаналитика. 2008. № 25.
20. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. – М.: Росинформагротех, 2005.
21. Черников В.А. Агроэкология. – М.: Колос, 2000.
22. Айдаров И.П. Комплексное обустройство земель. – М., 2007.
23. Айдаров И.П. Проблемы мелиорации и водопользования. //Природообустройство, 2008. № 2.
24. Айдаров И.П. Проблемы природопользования и природообустройства в России и пути их решения. – М., 2010.
25. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель. – М., Агропромиздат, 1985.
26. Айдаров И.П. Устойчивое развитие сельского хозяйства России. – М., 2009.
27. Айдаров И.П. Очерки по истории развития орошения в СССР и России. – М., 2006.
28. Айдаров И.П. Перспективы развития комплексных мелиораций в России. – М., 2004.
29. Айдаров И.П. Пути решения региональных водохозяйственных проблем (на примере бассейна Аральского моря). //Мелиорация и водное хозяйство, 2010. № 5.
30. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: Агропромиздат, 1990.
31. Айдаров И.П., Корольков А.И., Хачатурян В.Х. Моделирование почвенно-мелиоративных процессов. – М.: Изд-во МГУ. Биологические науки. 1987. № 2.

32. Айдаров И.П., Корольков А.И., Хачатурян В.Х. Экологические принципы формирования окружающей среды. – Вроцлав, 1997.
33. Айдаров И.П., Панкова Е.И. Вторичное засоление почв в бассейне Аральского моря как проявление антропогенного опустынивания. *Horizons in Earth Science Research*. New York, 2009
34. Айдаров И.П., Хачатурян В.Х. О влиянии корневой системы сельскохозяйственных растений на характер перераспределения солей в почвогрунтах. //В кн.: Физическое и математическое моделирование в мелиорации. – М.: Колос, 1973.
35. Аладин Н.В. Международная конференция «Арал: прошлое, настоящее, будущее – два века исследований на Аральском море». //Аридные экосистемы. 2010. Т. 16. № 1 (41).
36. Алашанов Р. Экономика Центральной Азии. Газета «Казахская правда» от 20.07.2009. Ч. 1.
37. Алексахин Р.М. Сельскохозяйственная радиология. – М.: Экология, 1991.
38. Алибеков Л.А., Алибекова С.Л. Социально-экономические последствия процесса опустынивания в Центральной Азии. //Вестник РАН, 2007. № 5. Т. 77.
39. Алиханов Б.Б., Франк Л.Г. Экологические индикаторы для оценки воздействия Аральского кризиса. Госкомитет республики Узбекистан по охране природы. – Ташкент, 2010.
40. Антипина О. Глобальные социально-экономические проблемы современности: взгляд Римского клуба. – М.: Изд-во МГУ, 2008.
41. Аральское море. 2010.
<http://enrin.grida.no/htmls/aralsea/russian/arsea.htm>.
42. Артюхов В.В., Мартынов А.С. Методика оценки экологической и энергетической эффективности экономики России. Интерфакс. – М., 2010.
43. База данных Европейского регионального бюро «Здоровье для всех». – Копенгаген, 2007.

44. Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Картограммы продуктивности и биологического круговорота главнейших типов растительности суши. //Известия географического общества СССР, 1967. № 3.
45. Батуева М.Б., Бохиев В.Б., Сарбонова М.Н. Повышение плодородия эродированных каштановых почв путем диспергирования. //Агро XXI. 2008. № 10-12.
46. Бектурова Г. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием – ситуация в Казахстане.
<http://www.biodiversity.ru/programs/stoppe/bulletin/spet-34/0pustun.html>
47. Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. – Л.: Наука, 1971.
48. Биоразнообразие и экосистемы. Совет управляющих Программы ООН по окружающей среде, 2010.
49. Биоэнергетические основы русской идеи. – М., 2011.
50. Бобылев С.Н., Сидоренко В.Н., Сафонов Ю.В. и др. Макроэкономическая оценка издержек для здоровья населения от загрязнения окружающей среды. – М.: Институт Всемирного банка, Фонд защиты природы, 2002.
51. Болонишникова Ж.А. Водные ресурсы и их использование в административных регионах России. Эко-бюллетень ИНЭКА, 2011. № 4 (135).
52. Большакова Н.В. Влияние густоты и размещения посадочных мест на рост ели при выращивании культур по интенсивным технологиям. Автореф. дис....канд. биол. наук. – СПб., 2007.
53. Бондарев В.П., Долгушин Л.Д., Залогин Б.С. Экологическое состояние территории России. – М., 2004.
54. Будыко М. И. Глобальная экология. – М.: Мысль, 1977.
55. Букварева Е.Н., Алешенко Г.М. Принцип оптимального разнообразия биосистем. //Успехи современной биологии. 2005. Т. 125. Вып. 4.

56. Вильямс В.Р. Общее земледелие с основами почвоведения. – М.: Сельхозгиз, 1931.
57. Вода или нефть. Создание единой водохозяйственной системы. – М., 2008.
58. Рекомендации. Водные ресурсы и их влияние на состояние и перспективы региональных земельных рынков в мире. – ООН, ЮНЕСКО, 2008.
59. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974.
60. Ганя И.М., Мунтяну А.И., Остафчук В.Г. Значение лесных полос как резервата флоры и фауны. //Изв. АН МССР. Сер. Биологических и химических наук. 1983. № 4.
61. Гарднер Г., Ассадурян Э., Сарин Р. Состояние потребления сегодня. – Нью-Йорк, 2004.
62. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – М., 1997.
63. Глобальная оценка. Деградация земель – GLASOD, ФАО, 2008.
64. Голованов А.И. Влагообмен и оросительные нормы. //Природообустройство, 2008. № 3.
65. Голованов А.И., Сурикова Т.И. и др. Учебник. Природообустройство. – М.: Колос, 2008.
66. Государственный (национальный) доклад «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2009 году». – М., 2010.
67. Государственный доклад о состоянии биологических ресурсов и биоразнообразия в Российской Федерации. – М., 1998.
68. Государственный доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 2007 г. – М., 2008.
69. Григорьев А.А. О взаимосвязи и взаимообусловленности компонентов географической среды и о роли в них обмена веществом и энергией. //Изв. АН СССР, Сер. геогр., 1956. № 4.

70. Данильченко Н.В. Районирование оросительных норм и режима орошения в Среднем Поволжье. – М., 2002.
71. Деградация земельных ресурсов в Центральной Азии, ЮНЕСКО, 2008.
72. Диксон Дж., Бэкес Ж., Гамильтон К. и др. Новый взгляд на богатство народов. Индикаторы экологически устойчивого развития. – М.: Диалог – МГУ, 2000.
73. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. – М.: Колос, 1972.
74. Динамика баланса гумуса на пахотных землях Российской Федерации. – М., 1998.
75. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. – М.: Изд-во МГУ, 1984.
76. Доклад «О ходе и перспективах реализации Госпрограммы как основы продовольственной стабильности и безопасности страны». – М.: Изд-во МСХ РФ, 2008.
77. Доклад о мировом развитии. Сельское хозяйство на службе развития, Всемирный банк. – Вашингтон, 2008.
78. Доклад о состоянии и использовании земель с/х назначения. – М.: Изд-во МСХ РФ, 2011.
79. Домоскоп Weekly, 2006. № 235-236.
80. Духовный В.А., Сорокин А.Г., Тучин А.И. Проблемы управления водными ресурсами в Средней Азии. Будущее Аральского моря. INTAS 01-511 «Восстановление экосистем и биопродуктивности Аральского моря в условиях дефицита воды», 2002-2006.
81. Живая планета Гланд. – Швейцария, 2008.
82. Засоленные почвы России. /Отв. ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. – М.: НКЦ, Академкнига, 2006.
83. Защитное лесоразведение и мелиорация земель. – М.-Волгоград, 1999.
84. Зволинский В.П. Разработка и освоение адаптивных систем природоохранных технологий восстановления природного ресурсного потенциала и повышение продуктивности аридных территорий Российской Федерации (2008-2020). – Астрахань, 2008.
85. Зеленая экономика и тайна зеленого ВВП.

- http://www.greenawards.ru/ru/green/green_economy.
86. Земельные ресурсы мира.
<http://www.land-in.ru/articles.aspx?id=77>.
 87. Иванов Е.М., Эндакова Э.А., Кику И.Ф. К вопросу формирования здоровья населения Приморского края. – Владивосток, 1998.
 88. Ивонин В.Н., Перфильев О.В., Воскобойникова И.В. О влиянии плотности почв на эрозию при антропогенной дигрессии горных лесов. //Лесной журнал. 2006. № 5.
 89. Индекс «Живой планеты». – Википедия, 2009.
 90. Индекс человеческого развития.
<http://www.statinfo.biz/Data.aspx?act=7754&land=1>
 91. Использование земель лиманного орошения в современных условиях. /Сб. научных трудов. – Волгоград, 2000.
 92. Истинные сбережения – макроэкономический показатель устойчивого развития экономики Казахстана. – Алматы, 2009.
 93. Камалов Ю. Экосистемы рек бассейна Аральского моря: существующие и ожидаемые угрозы. – Женева, 2004.
 94. Капцов И.Ф. Эффективность использования многолетних трав в качестве фитомелиорантов на каштановых почвах Заволжья. Автореф. дис....канд. с.-х. наук. – Саратов, 2008.
 - 94-А. Карманов И.И. Плодородие почв СССР. – М.: Колос, 1980.
 95. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. – М.: Изд-во МГУ, 1992.
 96. Кваша А.Я., Ионцева В.А. Современная демография. – М.: Изд-во МГУ, 1995.
 97. Кийне В., Якоб. Инициатива бассейна Аральского моря. Сводный отчет. IPTRID FAO, 2006.
 98. Киркби Эрозия почв. – М.: Мир, 1975.
 99. Киян Н.А. Восстановление плодородия эродированных темно-серых лесостепных и бурых лесных супесчаных

- почв при возделывании табака. Автореф. дис....канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2003.
100. Ковда В.А. Основы учения о почвах. – М.: Недра, 1973. Т. 2.
 101. Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф. Современное общество потребления и его экологические ограничения. //Глобальная экодинамика. – М., 2005.
 102. Константинов А.Р., Астахова Н.И., Левенко А.А. Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей. – Л.: Гидрометеиздат, 1971.
 103. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации. – М., 2009.
 - 103-А. Концепция Федеральной Целевой Программы «Развитие мелиорации с/х земель в России на 2011-2015 годы и на период до 2020 г». – М., 2009.
 104. Концепция защиты, повышения плодородия сельскохозяйственных угодий и нормализации экологической обстановки в Приморском крае. Отчет НИС МГМИ. – М.: МГМИ, 1994.
 - 104-А. Корольков А.И. Влияние орошения на водно-солевой режим и почвенные процессы предкавказских черноземов. Автореф. дис....канд. техн. наук. – М., 1986.
 105. Костюшов С. Реализация потенциалов российских водных ресурсов. Центр стратегических разработок «Северо-Запад». – М.: Российское экспертное обозрение, 2008.
 106. Костяков А.Н. Основы мелиораций. – М.: Сельхозгиз, 1951.
 107. Краснощеков В.Н. Теория и практика эколого-экономического обоснования комплексных мелиораций в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. – М.: МГУП, 2001.
 108. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.В. Оценка влияния Южно-Каракалпакского магистрального коллектора на заповедник Бадай-Тугай. //Аридные экосистемы Т. 9. № 19-20.

109. Ланг К. Экологическая экономика и география водных ресурсов. //Современные исследования воды и образования. 2009. Т. 142. Вып. 1.
110. Леденева М.В. Эволюция показателей экономической мощи и экономического потенциала национального и мирового хозяйства. //Проблемы современной экономики. 2011. № 1 (29).
111. Лиманное орошение. – М.: Колос, 1984.
112. Лозье Ж., Матье К. Толковый словарь по почвоведению. – М.: Мир, 1998.
113. Лопырев М.И., Рябов Е.И. Защита земель от эрозии и охрана природы. – М.: Агропромиздат, 1989.
114. Лосев К.С., Горшков В.Г., Кандратьев К.Я. и др. Проблемы экологии России. – М., 1993.
115. Люри Д.И. Лекция № 22. Экология. Факультет молекулярной и биологической физики. – М.: МФТИ, 2010.
116. Ляднева А.С. Влияние ухода за лесом на динамику компонентов биогеоценоза. Автореф. дис.... канд. биол. наук. – СПб, 2008.
117. Мазурова В.Е. Оценка экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования. Автореф. дис.... канд. биол. наук. – М., 2009.
118. Мальтус Т.Р. Опыт о законе народонаселения. Кн. 1. <http://www.humanities.edu.ru/db/meg/6424>
119. Мартынов А.С., Артюхов В.В., Виноградов В.Г. Антропогенная нарушенность экосистем России. <http://iode.nspu.ru/ecourse/webatles/ra21b.htm>, 1998.
120. Мартынов А.С., Артюхов В.В., Виноградов В.Г. Устойчивость природной среды (экосистем) в России.
121. Мартынов А.С., Виноградов В.Г. Биологическое разнообразие России. Растительный и животный мир. – М., 2009.
122. Маслов Б.С. и др. История мелиорации в России. – М., 2002. Т. 1-3.
123. Медведева О.Е. Оценка земли и природных ресурсов. <http://www.top-ocenka.com/ocenka-mz4.html>.

124. Медведева О.Е. Проблемы устойчивого земледелия в РФ. – М., 2008.
125. Медоуз Д. и др. Пределы роста. – М., 1991.
126. Мекуш Г.Е. Экономическая оценка экологического фактора заболеваемости населения Кемеровской области. – Кемерово, 2005.
127. Мелиоративные кадастры. – М., 1990-2010.
128. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. – М., 1999.
129. Методика оценки вреда и исчисления размера ущерба от уничтожения объектов животного мира или нарушения их среды обитания. – М., 2000.
130. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (2-я ред.). – М.: Госстрой России, 1999.
131. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. РД-АПК 3.00.01.003-03. – М.: В.О. Союзводпроект. 2002.
132. Методы оценки ущерба биоресурсам. Сборник нормативно-методических документов и их аналитический обзор. /под ред. А.А. Ташкова. – М., 2000.
133. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М.: Колос, 1993.
134. Мировая экономика. Основные принципы экономического развития.
<http://www.ereport.ru/articles/weconomy/wecon.htm>.
135. Нармбаев М.К. Казахстан и страны Центральной Азии: перспективы регионального экономического сотрудничества.
<http://www.analitika.org/article.php?story=2007040400442243&mode=print>
136. Рекомендации. Научные основы сохранения биоразнообразия России. Основные результаты исследований Президиума РАН. – М.: КМК, 2006.

137. Рекомендации. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в республике Узбекистан. – Ташкент, 1999.
138. Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России. – М., 2004.
139. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975.
140. Оценка качества экосистемы по индексам видового разнообразия.
<http://www.ievbran.ru/kiril/library/Book1/content243/content243.htm>.
141. Оценка стоимости недвижимости.
<http://www.bibliotekar.ru/biznes-8/91.htm>
142. Оценка экосистемных услуг. Справочный документ СЕЕ web, 2009.
143. Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварева Е.Н. Сохранение биологического разнообразия и его функций как условие устойчивого развития. Экологическая концепция природопользования. – М.: Институт устойчивого развития, Центр экологической политики России. 2009.
144. Павлова И.М. Загрязнение атмосферы как основной фактор риска для здоровья населения: эколого-экономический аспект. /Материалы Международной научно-практической конференции «Роль природообустройства сельскохозяйственных территорий в обеспечении устойчивого развития АПК. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2007.
145. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А и др. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря (география, генезис, эволюция). – М., 1996.
146. Пегов С.А. Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем. – Л.: Гидрометеиздат, 1991.
147. Предложения к оценке состояния нормативно-методического обеспечения, оценка ущерба окружающей природной среде в России и за рубежом. – М.: Ассоциация экологического страхования, 2008.

148. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М.: Прогресс, 1986.
149. Проблемы деградации в центральной Азии. Обзор. – Ташкент, 2008.
150. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель с/х назначения в России. – М., 2008.
151. Прогрессивное сельское хозяйство как способ борьбы с распространением пустынь. 2007.
<http://moscow.mfa.gov.il/mfm/web/main/document.asp?DoculD=15611&missio/>
152. Протопопов П. Новая био-демографическая парадигма выживания. – М., 2011. Ч. 1.
153. Развитие цивилизации как перманентная «экологическая» катастрофа. <http://greenpace.narod.ru/civdevel.htm>
154. Разработка мероприятий по рациональному использованию орошаемых земель в бассейне Аральского моря. Научный отчет НИС МГМИ. – М.: МГМИ, 1989.
155. Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-ботаническое исследование земель. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1938.
156. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижов О.Н. и др. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. – М.: Сельхозгиз, 1956.
157. Раткович Д.Я. Актуальные проблемы водообеспечения. – М.: Наука, 2003.
158. Раткович Д.Я. Гидрологические основы водообеспечения. – М., 1993.
159. Региональный план действий по охране окружающей среды Центральной Азии. Ташкент, 2001.
160. Реймерс Н.Ф. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1990.
161. Российский статистический ежегодник, 2009. – М.: Росстат, 2009.
162. Русманова Т.С., Афанасьева И.А. Изменение климата и биоклимата побережья Аральского моря в связи с понижением его уровня. /Сб. Комплексные биоклиматические исследования. – М., 1988.

163. Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. – М.: Наука, 1983.
164. Саммит G 8 в Канадском Хантсвилле, 2010.
165. Система эколого-экономического учета. Статистический отдел секретариата ООН, 1993.
166. СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик. – М., 1985.
167. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. – М., 1986.
168. Сорокин А.Г. Управление водным и наносным режимами водохранилищ бассейна Амударьи: инструменты и оценка. /Тр. Международной научной конференции. – М., 2006.
169. Состояние растительного покрова территории биосферного заповедника «Черные земли». <http://oopt.info/chrzem/veget.html>
170. Справочник «Орошение». – М.: Агропромиздат, 1990.
171. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. – М.: ГЕОС, 1999.
172. Субрегиональная стратегия устойчивого развития Центральной Азии. – Ашхабад, 2007.
173. Техничко-экономическое обоснование первой очереди переброски части стока сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан. – М.: Минводхоз СССР, 1982.
174. Техногенное загрязнение речных экосистем. – М.: Научный мир, 2002.
175. Третьякова В.А. Дифференциация деревьев и рост культур основных лесообразующих пород Сибири. Автореф. дис.... канд. биол. наук. – Красноярск, 2006.
176. Труды научной конференции по проблемам прогнозов и расчетов дождевых паводков на реках Сибири и Дальнего Востока. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963.
177. Туктаров Б.И. Лиманное орошение в Заволжье. – Саратов: СГАУ, 1998.
178. Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий. Зарубежный опыт и проблемы России. – М., 2005.

179. Факторы, влияющие на изменение состояния окружающей среды. <http://www.gosup.ru/topic358.html>.
180. Федеральный закон «Водный кодекс». – М., 2006.
181. Федеральный закон «Земельный кодекс». – М., 2001.
182. Федеральный закон «О мелиорации земель». – М., 1996.
183. Федеральный закон «Об охране окружающей среды». – М., 2002.
184. Хайдеггер М. Восточный геополитический вектор внешней политики. <http://dergachev.ru/book-16/06.html>.
185. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. – М., 2004.
186. Чегодаев Н.Д., Каргин И.Ф., Астрадамов В.И. Влияние полезащитных лесных полос на водно-физические свойства почвы и состав населения жужелиц прилегающих полей. – Саранск, 2005.
187. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. – М., 1999.
188. Черняховский Д.А. Опустынивание и экологические проблемы пастбищного животноводства в степных регионах юга России. /Степной бюллетень. 2002. № 11.
189. Честных О.В., Замолотчиков Д.Г. Зависимость плотности почвенных горизонтов от глубины залегания и содержания гумуса. //Почвоведение. 2004. № 8.
190. Чибилев А.А., Левыкин С.В. Целина, разделенная океаном (актуальные заметки о судьбе степей северного полушария). /Степной бюллетень. 1998. № 1.
191. Шабанов В.В. Биоклиматическое обоснование мелиораций. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973.
192. Шабанов В.В., Никольский Ю.Н. Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель. //Гидротехника и мелиорация. 1988. № 9.
193. Шабанов В.В., Рудаченко У.П. Типизация объектов с/х мелиораций. //Вестник с/х науки. 1971. № 1.

194. Шильников И.А., Пуховский А.В. Государственная поддержка известкования кислых почв – действенная основа антикризисных мер. – М.: ВИУА, 2010.
195. Шредер В.Р. Различные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейне Амударьи и Сырдарьи. – Ташкент, 1970.
196. Шумаков Б.Б. Гидромелиоративные основы лиманного орошения. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
197. природным ресурсам в странах ОЭСР. Концепции и ключевые подходы. – Кишинев, 2009.
198. Экологическая политика и гражданское общество (региональный опыт). – М., 2008.
199. Экологические угрозы: основные характеристики. Государственный комитет республики Узбекистан по охране природы.
<http://uznature.uz/rus/ekologicheskiegrozy.htm>
200. Экономика изменения климата. WWF, Россия, 2007.
201. Экономика сохранения биоразнообразия. Нормативные способы оценки. – М., 2002.
202. Экономика экосистем и биоразнообразия. Всемирный союз охраны природы, 2010.
203. Экономические аспекты экосистем и биоразнообразия. Промежуточный отчет. Европейское сообщество, 2008.
204. Экосистемы в критических состояниях. – М.: Наука, 1989.
205. Экосистемы и благосостояние людей. – Вашингтон. – Ковело - Лондон, 2005.
206. Юридический энциклопедический словарь. – М., 2001.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1 Современное состояние системы природопользования и взаимосвязь экологических, социальных и экономических процессов.....	5
Глава 2 Экология и экономика.....	41
Глава 3 Экологические основы мелиорации земель.....	61
Глава 4 Предложения по совершенствованию «Оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС)» при обосновании инвестиций в мелиорацию земель.....	106
Глава 5 Лиманное орошение.....	114
Глава 6 Проблемы бассейна Аральского моря и пути их решения.....	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	156
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	162

ИВАН ПЕТРОВИЧ АЙДАРОВ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

МОНОГРАФИЯ

Редактор Л.В. Михейкина

Компьютерная верстка В.П. Смыковой

ISBN 978-5-89231-373-5



9 785892 313735

Подписано в печать 23.04.2012 г. Т. – 500 экз.

Формат 60x84/16. Объем 11,1 уч. –изд..л.

Печать ротационно-трафаретная. Бумага офисная.

Заказ № 273

Редакционно-издательский отдел МГУП

Отпечатано в лаборатории множительной техники МГУП

127550, Москва, ул. Прянишникова, 19