А.Л. Суздалева, С.В. Горюнова

ТЕХНОГЕНЕЗ И ДЕГРАДАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Москва
ИД «ЭНЕРГИЯ»
2014

УДК 502/504
ББК 20.1
С 89

А.Л. Суздалева, С.В. Горюнова.
Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. – М.: ООО ИД ЭНЕРГИЯ, 2014. – 456 с.

Монография посвящена комплексному анализу процессов техногенного преобразования водных объектов и их деградации. Эти вопросы рассматриваются авторами непредвзято и многопланово. В отличие от других работ по данной тематике ее авторы не ограничиваются описанием наблюдаемых процессов. Их основная цель – поиск возможностей предотвратить нежелательные явления. На различных примерах техногенеза пресных и морских водных объектов показано, что единственным реальным путем решения данной проблемы является разработка методов управления этими процессами.

Библиография: 344 названий

A. Suzdaleva, S. Goryunova.
Technogenesis and degradation of surface water objects. – M.: OOO ID ENERGIYA, 2014. – 456 p.

The monograph is devoted to the complex analysis of water objects' technological transformation and degradation processes. These issues are dealt with by authors impartially and multidimensionally. In contrast to other studies of the subject, authors do not stop at simple description of the observed processes. Their main goal is to search for opportunities to prevent adverse events. Various examples of fresh and marine water objects technogenesis show that the only real way to solve the problem is to develop methods for managing these processes.

References: 344 items

ISBN 978-5-98908-338-1

© Суздалева А.Л., Горюнова С.В.,2014
© ООО ИД ЭНЕРГИЯ, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ ... 9

ВВЕДЕНИЕ ... 12

I. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕХНОГЕНЕЗА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ... 17

1.1. Содержание понятия «техногенез» ... 17

1.2. Правовая интерпретация техногенеза окружающей среды ... 25

1.3. Историческое развитие процесса техногенеза и его основные этапы ... 32

1.4. Виды техногенеза ... 47

1.5. Управляемые природно-технические системы ... 60

II. ТЕХНОГЕНЕЗ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ... 69

2.1. Отличительные черты, основные формы и экологические механизмы техногенеза водных объектов ... 69

2.2. Экологическая мелиорация водных объектов и основные виды их инженерно-экологического обустройства ... 75

2.3. Природно-техногенные, техногенные водные объекты и техногенные скопления вод ... 82

III. ПРОЦЕСС ТЕХНОГЕНЕЗА КОНТИНЕТАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ... 85

3.1. Основные причины техногенеза, его проявления и тенденции развития ... 85

3.2. Обзор типовых вариантов техногенеза континентальных водных объектов ... 90

3.2.1. Зарегулированные речные системы ... 90

3.2.1.1. Общая характеристика ... 90

3.2.1.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации ... 94

3.2.2. Водоемы-охладители АЭС и ТЭС ... 120

3.2.2.1. Общая характеристика ... 120
3.2.2.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации ... 129
3.2.3. Антиреки (межбассейновая и межрегиональная переброска речного стока) ... 161
3.2.3.1. Общая характеристика ... 161
3.2.3.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации ... 168
3.2.4. Инженерно-экологическое обустройство малых городских водных объектов ... 202
3.2.4.1. Общая характеристика ... 202
3.2.4.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации ... 212

IV. ПРОЦЕСС ТЕХНОГЕНЕЗА МИРОВОГО ОКЕАНА ... 234
4.1. Современный характер техногенной трансформации Мирового океана ... 234
4.2. Обзор типовых вариантов техногенеза морских водных объектов ... 243
4.2.1. Прибрежно-морские рекреационные зоны ... 243
4.2.1.1. Общая характеристика ... 243
4.2.1.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации ... 251
4.2.2. Приливные электростанции ... 273
4.2.2.1. Общая характеристика ... 273
4.2.2.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации ... 276

V. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕГРАДАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ... 289
5.1.Концептуальные принципы исследования процессов деградации. Определение базовых понятий ... 289
5.2. Основные причины деградации водных объектов ... 301
5.2.1. Состав антропогенных (техногенных) факторов ... 301
5.2.2. Загрязнение ... 303
5.2.3. Эвтрофирование ... 311
5.2.4. Засорение ... 314
5.2.5. Нарушение режима стратификации ... 319

5.2.6. Развитие в водных объектах патогенных организмов ... 327
5.2.7. Изменение характера водосборного бассейна ... 328
5.2.8. Истощение водных объектов и изменение водности речных систем ... 330
5.3. Основные этапы процесса деградации ... 335
5.4 Оценка состояния деградирующих водных объектов ... 343
VI. УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЕХНОГЕНЕЗ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ... 352
6.1. Роль современного техногенеза в формировании условий окружающей среды ... 352
6.2. Общие принципы управляемого техногенеза водных объектов ... 357
6.2.1. Концептуальные (общетеоретические) принципы ... 358
6.2.2. Методологические принципы ... 365
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 375
ЛИТЕРАТУРА ... 381
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Список сокращений ... 405
ПРИЛОЖЕНИЕ II. Словарь специальных терминов ... 406

TABLE OF CONTENTS

PREFACE 9

INTRODUCTION 12

I. **GENERAL RULES OF ENVIRONMENTAL TECHNOGENESIS** 18
1.1 Definition of technogenesis 18
1.2. Legal interpretation of environmental technogenesis 27
1.3. Historic development of technogenesis process and its main stages 35
1.4. Types of technogenesis 48
1.5. Managed natural-technical systems 62

II. **TECHNOGENESIS OF WATER OBJECTS** 73
2.1. Distinctive features, basic forms and ecological mechanisms of water bodies' technogenesis 73
2.2. Ecological melioration of water bodies and main types of their ecologic-engineering arrangements 80
2.3. Natural-technogenic, technogenic water objects and technogenic water clusters 88

III. **TECHNOGENESIS OF CONTINENTAL WATER OBJECTS** 91
3.1. Main causes of technogenesis, its manifestations and development trends 91
3.2. Overview of typical continental water bodies' technogenesis 96
3.2.1. Regulated river systems 96
3.2.1.1. General characteristics 96
3.2.1.2. Significant aspects of technogenesis and ways of ecological optimization 100
3.2.2. Cooling ponds of atomic power stations and thermal power stations 122
3.2.2.1. General characteristics 122
3.2.2.2. Significant aspects of technogenesis and ways of ecological optimization 132
3.2.3. Anti-rivers (inter-basin and inter-regional transfer of stream flow) 166
3.2.3.1. General characteristics 166
3.2.3.2. Significant aspects of technogenesis and ways of ecological optimization 174

3.2.4. Ecologic-engineering arrangement of small urban water bodies 213
3.2.4.1. General characteristics 213
3.2.4.2. Significant aspects of technogenesis and ways of ecological optimization 224

IV. **TECHNOGENESIS OF GLOBAL OCEAN** 248
4.1. Current character of global ocean technological transformation 248
4.2. Overview of marine water objects typical technogenesis types 259
4.2.1. Littoral recreational areas 259
4.2.1.1. General characteristics 259
4.2.1.2. Significant aspects of technogenesis and ways of ecological optimization 268
4.2.2. Tidal power plants 293
4.2.2.1. General characteristics 293
4.2.2.2. Significant aspects of technogenesis and ways of ecological optimization 296

V. **GENERAL PRINCIPLES OF WATER BODIES DEGRADATION** 310
5.1. Conceptual principles for degradation processes research. Definition of basic concepts 310
5.2. The main causes of water bodies' degradation 324
5.2.1. The composition of anthropogenic (technogenic) factors 324
5.2.2. Contamination 327
5.2.3. Eutrophication 336
5.2.4. Clogging 339
5.2.5. Violation of stratification 346
5.2.6. Pathogens development in water bodies 354
5.2.7. Changes in catchment area's character 356
5.2.8. Depletion of water bodies and change in river systems' hudraulicity 358
5.3. Main stages of degradation process 364
5.4. Assessment of degraded water bodies 373

VI. **MANAGED TECHNOGENESIS OF WATER OBJECTS** 382
6.1. Role of modern technogenesis n the formation of environment 382
6.2. General principles of managed technogenesis of water bodies 388
6.2.1. Conceptual (theoretical) principles 389
6.2.2. Methodological principles 397

CONCLUSION 408
LITERATURE 415
ANNEX I. **List of Abbreviations** 443
ANNEX II. **Glossary** 444

ПРЕДИСЛОВИЕ

По прочтению этой книги невольно вспоминается бессмертное изречение древнекитайского философа Лао-Цзы, называемого одновременно Старым Младенцем и Мудрым Старцем: «голос истины противен слуху». Действительно, мы поставлены перед по-настоящему горькой истиной, признание которой наш разум старается не замечать, перейти к бесконечному разбору частностей, боясь взглянуть в глаза уже нависшей над Землей опасности. Человек, переборов все естественные механизмы, регулировавшие его роль в биосфере, разрушил ее. И теперь, как справедливо отмечают авторы монографии, мы стоим перед альтернативой. Можно с грустью наблюдать за процессом постепенного уничтожения естественной природной среды, скорбя по безвозвратно утраченному. Какое-то время для этого еще есть, что дает возможность расплодившимся чиновникам от науки составлять бесконечные победные реляции о своих результатах борьбы между «парниковым эффектом» и «устойчивым развитием». Как известно, все выдержит бумага. Но разрушение биосферы от этого не останавливается и экологическая ситуация движется к закономерной развязке.

Другой путь – это не просто поиск выхода из какой-то сложной проблемы. Это – поиск пути нашего с вами выживания. И здесь нельзя, испытав мгновенное озарение, решить проблему как взмахом волшебной палочки, каким-то новым теоретическим построением. Необходим трудный и долгий путь скрупулезного анализа накопившихся проблем и выработки нетривиальных и, вместе с тем, практически осуществимых методов их решений. Как показывает исторический опыт, подобные попытки, неминуемо затрагивающие основы сложившегося к определенному моменту времени мировоззрения научного сообщества, всегда принимались им с трудом, проходя через горнило острой и предвзятой критики.

Необходимость предварить оценку монографии А.Л. Суздалевой и С.В. Горюновой столь обширным вступлением общего характера возникла в силу не столько новизны, а сколько непривычности, «противности для слуха» высказываемых в ней взглядов. Насколько эти суждения «истинны» – покажет будущее. Но главная идея – использование управляемого техногенеза для предотвращения неуправляемой деградации среды – несомненно интересна и

имеет право на жизнь. Возможно, что выход данной монографии в будущем будет рассматриваться как момент основания новой научной школы.

Наверное, неслучайно, что идея сделать управляемым техногенез окружающей среды возникла именно в отношении водных объектов. Вода – это не только непременное условие жизни, но и условие любой производственной деятельности. По этой причине как техногенез водных объектов, так и обусловленная им их деградация приняли наиболее отчетливые, масштабные и одновременно многообразные формы. Немаловажен и тот факт, что с острой нехваткой водных ресурсов в глобальном масштабе человечество столкнется много раньше, чем, например, с исчерпанием запасов углеводородного сырья. Наступление мирового кризиса водопотребления с полным основанием ожидается уже через 15-20 лет. В прогнозируемых условиях повсеместная организация описываемых в монографии управляемых природно-технических систем (ПТС) будет просто необходима для контроля и перераспределения пресной воды в условиях ее дефицита. Другой вопрос - смогут ли эти ПТС одновременно решать и природоохранные задачи? Ответ на него может дать только практика, попытки внедрения высказанных в монографии идей в жизнь. Это – реально. Собственно, как явствует из многочисленных примеров, приведенных в работе, «экологическая оптимизация» гидротехнических сооружений и иных водопользовательских объектов осуществляется уже давно. Задача состоит в том, чтобы придать этой деятельности системный характер, создав необходимую научно-теоретическую базу. Можно считать, что основа для нее авторами монографии уже создана. Практические возможности внедрения теоретических построений проиллюстрированы множеством конкретных примеров. В этой связи необходимо отметить, что оба автора – специалисты, накопившие огромный опыт оценки экологических последствий воздействия на водные объекты самых различных видов производственной деятельности. Это явствует из многочисленных опубликованных ими работ, во многих из которых, наряду с констатацией неблагоприятных изменений водной среды, содержались и практические предложения по улучшению экологической ситуации. Таким образом, данная монография является обобщением их ценного опыта и, помимо прочего, может рассматриваться как своеобразная энциклопедия

экологии природно-техногенных и техногенных водных объектов.

В заключение хочется пожелать, чтобы работа А.Л. Суздалевой и С.В. Горюновой, столь нетривиальная по характеру высказываемых в ней идей, вызвала не только критику, но и способствовала бы расширению взглядов на затронутые в ней важнейшие экологические проблемы. Возможно, некоторые из этих идей даже изменят научное видение структуры и тенденций развития биосферы, реальных возможностей гармоничного развития человечества и среды его существования.

В.Д. Федоров,
доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой гидробиологии, Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, заслуженный профессор МГУ, заслуженный деятель науки РФ, Почетный работник Высшего профессионального образования РФ, действительный член Российской Академии естественных наук

ВВЕДЕНИЕ

В данной монографии **рассматриваются две** наиболее **актуальные проблемы** современного водопользования – **техногенез поверхностных водных объектов и их деградация**. Однако основной **целью** авторов **являлся** не совокупный анализ этих процессов, а **поиск** и научное обоснование **новых путей**, **позволяющих** на современном этапе развития цивилизации **сохранить водные ресурсы**, как часть окружающей среды, обеспечивающей благоприятные условия для жизни человека и среду обитания водных организмов. Данная проблема затрагивает жизненные интересы практически любого человека и, по этой причине, часто является предметом политических спекуляций, в ходе которых многие факты интерпретируются в русле определенной тенденции или намеренно искажаются. В результате, в общественном сознании формируются установки, не в полной мере отвечающие реальному положению вещей. Поэтому непредвзятый анализ процессов техногенеза и предлагаемые в монографии пути решения связанных с ним проблем в некоторых случаях противоречат общепринятому мнению. Хочется надеяться, что при оценке правомерности высказываемых в работе суждений читатели будут руководствоваться не эмоциями, а обоснованностью приводимых доводов.

В условиях стремительного роста народонаселения, объемов производства и урбанизации традиционные подходы к охране водных объектов становятся все менее эффективными. **Повсеместно практиковавшаяся** в течение многих десятилетий **методология, основанная на изоляции охраняемых природных объектов от источников ухудшения их экологического состояния, на практике становилась все менее эффективной.** Трансграничный перенос загрязнителей и глобальные климатические изменения еще больше снижают перспективность использования подобного **«изоляционистского» подхода**, подспудно подразумевающего

деление окружающей среды на две разграниченные области – техногенно-трансформированную и природную.

На данном этапе развития процесс техногенеза уже приобрел глобальный характер, а биосфера перешла в состояние биотехносферы, условия которой определяются не только естественными процессами, но и факторами, обусловленными деятельностью человека. Примером последних является парниковый эффект, оказывающий практически повсеместное влияние на экологическое состояние водных объектов и возможность эксплуатации их ресурсов. Любые меры, разрабатываемые с целью улучшения экологической обстановки, или хотя бы ее стабилизации, должны учитывать это обстоятельство. Следует вспомнить главное отличие искусственных процессов от естественных – их потенциальную управляемость. Следовательно, **возможен** и **иной методологический подход, основанный на использовании управляемого техногенеза окружающей среды для предотвращения ее деградации.**

Вопреки общепринятому мнению техногенез далеко не всегда вызывает деградацию водных объектов. Напротив, в современных условиях – это зачастую единственно возможный путь их сохранения. Сейчас преобладает односторонний подход, при котором экологические последствия техногенеза анализируются с сугубо негативной точки зрения.

Поэтому вполне очевидно, что высказываемые нами предложения о разработке экологически ориентированного управляемого техногенеза, как и всякая идея, противоречащая сложившимся установкам, неминуемо вызовет многочисленные возражения. Ведь на протяжении практически всего развития экологии как самостоятельной науки считалось (и вполне обоснованно), что именно техногенез и является главной причиной деградации природных объектов. Но, как уже указывалось выше, существующие условия принципиально изменились. **Все большая часть природной среды превращается в** так называемые **природно-технические системы (ПТС), существующие как функционально взаимодействующая и взаимообусловленная совокупность природных и технических компонентов. Примером могут**

служить зарегулированные речные бассейны, которые уже в настоящее время стали преобладающим типом в данной категории объектов. В период организации гидроэнергетических каскадов затопление обширных территорий и возведение практически непреодолимых препятствий на пути мигрирующих видов рыб являлось одним из наиболее ярких примеров негативных последствий техногенеза водных объектов. Но в сложившейся ситуации разрушение этих же гидротехнических систем, возможно, вызовет экологические катастрофы еще большего масштаба. Кроме того, на современном этапе **они все чаще используются в качестве регуляторов состояния окружающей среды**, защиты территорий от затопления и засух, включая расположенные в их пределах естественные экосистемы. **Подобная роль гидроэнергетических систем (**как и других технических объектов, способных выполнять аналогичные функции по регулированию ПТС) **может быть усилена путем их экологической оптимизации,** под которой мы подразумеваем модернизацию режима их работы и осуществление конструктивно-компоновочных решений, усиливающих значимость позитивных аспектов деятельности при одновременном снижении негативных.

Возможны и иные пути управляемого техногенеза водных объектов, например, на основе создания специальных устройств и систем, позволяющих улучшать или поддерживать их экологическое состояние на заданном уровне. **Для обозначения разнообразных решений** нами **используется термин «инженерно-экологическое обустройство»** водных объектов. Многие из подобных методов используются уже давно, например, для технического управления экологическим состоянием относительно небольших водных объектов. Разработка и практическое применение этих методов осуществляется эмпирически, на основе передачи положительного опыта. Однако отсутствие надлежащей научной базы приводит к многочисленным неудачам. Происходит это, главным образом, вследствие игнорирования закономерностей и механизмов деградации водных объектов, против которой и направлена данная деятельность.

Таким образом, **познание процессов деградации окружающей среды, обусловленной человеческой деятельностью, является основой для разработки систем управляемого техногенеза**, направленного на сохранение благоприятных условий для жизни человека и биоразнообразия органического мира. Рассматривая данную проблему, авторы монографии считают необходимым подчеркнуть, что, по их мнению, **разработка методов управляемого техногенеза** в целях улучшения экологической ситуации отнюдь **не означает отказа от традиционных подходов к охране природы**. Эти два методологических подхода должны не противопоставляться, а дополнять друг друга. Их разработка и применение должны осуществляться на основе взаимного учета и комплексного подхода к решению поставленных задач.

При написании монографии авторы столкнулись с проблемой неоднозначности понимания различными исследователями сущности процессов техногенеза и деградации окружающей среды в целом. Вместе с тем, анализ современных проблем использования водных ресурсов требовал четкого позиционирования по данным вопросам. Поэтому мы были вынуждены включить в публикуемую работу разделы, обосновывающие наш собственный взгляд на общие проблемы техногенеза и деградацию окружающей среды в целом. В ряде случаев необходимость расширения категорий рассматриваемых предметов, была продиктована тем, что состояние любых водных объектов, включая Мировой океан, находится во взаимосвязи с процессами, протекающими в других участках земной поверхности. Например, техногенез и деградация территории водосборного бассейна неминуемо вызовут значимые изменения и в самом водном объекте.

Разработка каких-либо **рекомендаций относительно управления процессами техногенеза и предотвращения деградации водных объектов** неминуемо **связана с соотнесением их с требованиями и положениями отечественной и международной нормативно-правовой базы**. Более того, одним из направлений этой деятельности является определение пробелов в законодательстве и предложение научно-обоснованных рекомендаций по его

доработке. По этой причине при анализе материалов нами уделялось внимание не только результатам научных исследований, но и оценке содержащихся в них рекомендаций с точки зрения правовых норм. Хочется надеяться, что подобный подход будет способствовать внедрению материалов монографии в практическую деятельность по охране и инженерно-экологическому обустройству окружающей среды.

Анализ проблем техногенеза окружающей среды, закономерностей процесса деградации водных объектов и методов их инженерно-экологического обустройства потребовал разработки ряда новых терминов и более строгой интерпретации некоторых существующих понятий. В монографии также употребляются различные сокращения, редко встречающиеся в экологической литературе. По этим причинам мы сочли целесообразным добавить в работу два приложения: первое – с расшифровкой сокращений, второе – содержащее определения специальных терминов.

I. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕХНОГЕНЕЗА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

1.1. Содержание понятия «техногенез»

Для дальнейшего изложения материалов монографии весьма **важно** точно **определиться в трактовке** данного **базового термина.** Несмотря на достаточно широкое употребление, смысл, вкладываемый в понятие *«***техногенез***»,* зачастую существенно различен.

Впервые это понятие было предложено в 1934 г. академиком А.Е. **Ферсманом** (Ферсман, 1934) для характеристики техногенных геохимических ландшафтов в условиях эксплуатации рудных месторождений как совокупное проявление техногенных процессов рассеивания рудной минерализации на поверхности земли. В его работе приводится следующее определение: «Техногенез – это совокупность геохимических и минералогических процессов, вызываемых технической (инженерною, горно-технической, химической, сельскохозяйственною) деятельностью человека». В настоящее время сфера использования данного термина существенно расширилась, что обусловливается одновременно несколькими причинами. Среди них, прежде всего, необходимо указать на все возрастающую многоплановость человеческой деятельности, принципиальные изменения, происходящие в сфере производственного менеджмента и мировоззрении людей, его осуществляющих[1], а также необходимость разработки мер, позволяющих не допустить деградации окружающей среды до уровня, угрожающего существованию человеческой цивилизации. Выполнение данной задачи требует рассмотрения процесса техногенеза в его историческом развитии,

[1]Например, можно сравнить отношение руководства предприятий, государственных органов и даже населения к промышленному загрязнению в 40-х и в 90-х годах XX века. Всего за несколько десятилетий ухудшение санитарно-экологической обстановки в районах размещения производственных предприятий превратилось из «само по себе разумеющегося факта» в «грубое нарушение законодательства», вызывающее не только штрафные санкции, но и бурный протест людей, проживающих как в этом районе, так и далеко за его пределами.

исследования факторов, влияющих на ход этого процесса и характер его динамики.

Не ставя своей задачей аналитический обзор всех аспектов терминологической проблемы, отметим, что, как правило, **различия в трактовке понятия «техногенез» обусловлены спецификой изучаемого предмета, подверженного техногенной трансформации** (изменений ландшафтной структуры, биогеохимических циклов и т.п.). (Глазовская, 1976; 1988; Геологический словарь, 1978; Баландин, 1978; Тютюнова, 1987; Плотников, 1989; Реймерс, 1990; 1994; Данилов-Данильян и др., 2002; Ермаков, 2003; Разумовский, 2003; Карлович, 2005; Елохина, 2013). По этой причине приводимые определения скорее основываются не на видении процесса техногенеза как такового, а на фиксации его результатов.

В обобщенной же форме термин техногенез (от греч. techne – искусство, мастерство и genesis – происхождение) можно определить как процесс изменения окружающей среды в целом или ее отдельных компонентов под воздействием производственной деятельности человека. Однако такое определение нуждается в ряде уточнений. Так, существует некоторая неясность в определении границ окружающей среды и, следовательно, границ области ее возможного техногенеза. В одних случаях процессы техногенеза рассматриваются как изменения, происходящие в существующих экосистемах и ландшафтах, в других случаях – область техногенеза понимается значительно шире. В нее включаются земная кора и околоземное космическое пространство (Дедю, 1990; Баландин, Бондарев, 1998). Подобный взгляд в большей степени соответствует как учению В.И. Вернадского, так и действующему в РФ «Закону об охране окружающей среды» (см. раздел 1.2). В перспективе по мере освоения межпланетного пространства и других планет область техногенеза будет неминуемо расширяться.

Определенные расхождения во мнении могут возникнуть также относительно того, что именно считать производственной деятельностью человека. Особую актуальность этот вопрос приобретает при историческом анализе техногенеза и его последствий (см. раздел 1.3). Согласно официальному

определению, производство – регулируемый людьми процесс создания продуктов (изделий, энергии и услуг)[2]. Из контекста рассматриваемой проблемы следует, что в данном случае имеется в виду промышленное производство. В противном случае следует признать, что начало техногенеза окружающей среды совпадает по времени с возникновением человека, который изготавливал необходимые ему изделия еще в доисторические времена. Этот процесс в пределах существовавших в тот период человеческих сообществ был регулируемым и обусловливал крупномасштабные изменения окружающей среды (например, так называемый «кризис консументов» (Реймерс, 1990)). И в настоящее время трудно провести границу между кустарной деятельностью и промышленным производством. В современной России этот вопрос чрезвычайно важен. Совокупное воздействие на окружающую среду от большого количества субъектов, каждый из которых в отдельности не рассматривается (точнее – не регистрируется) как владелец производственного объекта, может быть не менее значимым, чем воздействие крупного промышленного предприятия. Примером могут являться многочисленные мелкие торговые точки в курортной зоне, общее воздействие которых вызывает загрязнение прибрежных участков моря (Горюнова, Безносов, 2004).

Еще одной важной проблемой при исследовании процесса техногенеза является то, что он может быть обусловлен не только действующим производственным объектом, но и бесхозным, который в настоящее время никакой продукции не производит и, следовательно, как объект промышленной деятельности рассматриваться не может[3]. Вместе с тем, роль

---

[2]ГОСТ Р 54198-2010 «Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по применению наилучших доступных технологий для повышения энергоэффективности», пункт 3.5

[3]Данные явления не следует смешивать с процессами так называемого «посттехногенеза», под которыми обычно подразумевают продолжающуюся деградацию окружающей среды (ландшафтов) в период после окончания какой-либо деятельности, но генетически связанные с ней (Разумовский, 2003). Например, последствия эрозии отвалов на прекращенных разработках полезных ископаемых (см. также раздел 1.4). Отличие заключается в том, что в рассматриваемом случае продолжает существовать объект деятельности, а не ее результаты (отвалы и т.д.).

бесхозных объектов достаточно значима. Так, по состоянию на 2009 г., в ведении Ростехнадзора находилось 37250 гидротехнических сооружений (ГТС), из которых 5791 (т.е. более 15%) составляли бесхозные ГТС (Государственный доклад…, 2010).

Определенные противоречия неминуемо возникают также при анализе генезиса самих техногенных объектов. С одной стороны, это искусственные образования, но, с другой стороны, все они возникли на участках, ранее являвшихся естественной средой, и состоят из преобразованных ее компонентов (сырьем для любого материала служат вещества и химические элементы, имеющие земное, т.е. естественное происхождение). Следовательно, это также продукты техногенеза и разновидность компонентов окружающей среды[4].

Неоднозначным является и вопрос о характере воздействия, обуславливающем техногенез. Оно может быть как прямым, так и косвенным (Геологический словарь, 1978). Под **прямым воздействием** понимается совокупность последствий непосредственного контакта материальных продуктов производственного процесса, в том числе и побочных (отходов, сбросов, выбросов), с окружающей средой. Область, в пределах которой прямые воздействия достигают значимого уровня, рассматривается как зона действия хозяйствующего субъекта, например, промышленного предприятия. **Косвенные воздействия** представляют собой цепочку взаимообусловленных событий, исходным из которых является один из видов прямого воздействия, например, повышение уровня загрязненности вод Мирового океана вследствие глобального загрязнения атмосферы и последующего осаждения аэрозолей. Очевидно, что если учитывать косвенные воздействия, то ограничить зону техногенеза, обусловленную функционированием конкретного хозяйствующего субъекта, может быть затруднительно.

Как правило, оценивая воздействие производственного объекта на окружающую среду, в качестве значимых

[4]Подобный взгляд согласуется и с действующим Законодательством РФ (см. раздел 1.2).

экологических аспектов рассматриваются исключительно негативные явления[5]. Вместе с тем, в современных условиях подобные воздействия могут носить и позитивный характер. Например, функционирование крупных ГЭС, строительство которых в свое время обусловило уничтожение и деградацию естественных экосистем на обширных территориях, сейчас является фактором сохранения благополучной экологической и социально-экологической[6] ситуации в целых регионах (Эдельштейн, 1998; Безносов и др., 2007а; Суздалева и др., 2010/2011). Таким образом, процесс техногенеза зачастую может быть многоплановым, а его проявления, с экологической точки зрения, носят неоднозначный характер. В этой связи для удобства анализа целесообразно, по аналогии с экологическими аспектами деятельности, использовать термин «аспекты техногенеза», определение которого приводится ниже.

Касаясь вопросов терминологии, следует также провести границу между понятием «техногенез» и различными видами воздействия на окружающую среду (загрязнением и др.). Техногенез – включает любые формы изменения окружающей среды, связанные с технической (более широко – хозяйственной) деятельностью человека. При этом объектом изучения являются не сами воздействия, а состояние среды. Например, промышленное загрязнение, несомненно, является одной из причин техногенеза. Однако техногенез, в условиях промышленного загрязнения, – это процесс трансформации окружающей среды (изменение состава ее компонентов и характера взаимосвязи между ними) под влиянием фактора загрязнения в совокупности с другими имеющимися факторами воздействия (урбанизации и т.п.).

---

[5]В соответствии с пунктом 3.6. ГОСТ Р ИСО 14001-2007 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» под экологическим аспектом (environmental aspect) понимается любой элемент деятельности, который может взаимодействовать с окружающей средой. Значимым экологическим аспектом считается тот, который оказывает или может оказать значительное воздействие на окружающую среду.

[6]Под термином «социально-экологический» мы подразумеваем любое значимое изменение в условиях жизни людей, обусловленное изменениями окружающей среды.

С учетом изложенного выше, мы предлагаем следующие определения базовых понятий:

- **Техногенез** – это процесс трансформации окружающей среды, обусловленный прямыми или косвенными воздействиями различного характера, связанными с функционированием отдельных хозяйствующих субъектов и их комплексов, а также с существованием бесхозных, недействующих техногенных объектов.
- **Источник техногенеза** – объект или группа технических объектов, обусловливающих устойчивое изменение характера окружающей среды (ее техногенез).
- **Зона техногенеза** – участок территории или акватории, в котором последствия прямого воздействия вида человеческой деятельности или определенной совокупности их видов (как негативного, так и позитивного характера) достигают значимого уровня[7].
- **Аспект техногенеза** – любой элемент техногенеза, способный оказать[8] значимое негативное или позитивное воздействие[9] на состояние окружающей среды.

В заключение следует подчеркнуть принципиальные отличия термина «техногенез» от терминов «антропогенез» и «ноогенез» (Дедю, 1990; Реймерс, 1990), иногда употребляемых в близком к нему смыслах или как обозначение его отдельных этапов (Михуринская, Шинкарчук, 2013). Первое из этих понятий может и противопоставляться техногенезу, обозначая изменения, связанные с воздействием жизнедеятельности человека как биологического объекта. Иногда антропогенез рассматривается как начальный этап техногенеза, когда человек, воздействовал на природу, но еще не создал постоянно

[7]Для оценки значимости уровня воздействия в данном случае применимы две категории критериев: 1)соотношение уровня воздействия с принятыми нормативами, регламентирующими эти воздействия; 2)масштаб, характер и устойчивость изменений, вызванных данным воздействием.

[8]Указание на потенциальный характер воздействия обусловлено тем, что это воздействие может не носить постоянный характер, а проявляться только в определенной ситуации. Вместе с тем, оно может быть весьма значимым. Примером может служить средозащитная функция ГЭС в периоды экстремальных паводков.

[9]В соответствии с характером воздействия в дальнейшем мы будем использовать термины «негативный аспект техногенеза» и «позитивный аспект техногенеза».

действующих производственных объектов. Однако применение этого термина в данном контексте представляется нежелательным. Термин «антропогенез» (от греч. antropos – человек и genesis – происхождение) является базовым понятием в сфере научных дисциплин, изучающих происхождение и эволюцию человека, и использование его в принципиально ином смысле, причем в смежной области знаний, неизбежно порождает различные затруднения.

Ноогенез (от греч. noos – разум и genesis – происхождение), в соответствии с учением В.И. Вернадского, – это процесс становления ноосферы, то есть разумно управляемой биосферы (Вернадский, 1944).

Современный техногенез подобной функции не выполняет, но потенциально может быть использован для регулирования состояния окружающей среды. Осуществить эту задачу можно, только разработав и реализовав механизм управления техногенезом, т.е. сделав данный процесс управляемым. Рассматривать ноогенез как один из этапов техногенеза, на наш взгляд, было бы неправильным. Продуктом техногенеза является биотехносфера (Сидоренко, 1980; Тютюнова, 1987), под которой следует понимать сложившееся к настоящему времени состояние биосферы Земли, которое в глобальном масштабе подвержено значимому влиянию техногенных факторов (парниковый эффект, трансформация биогеохимических циклов и т.п.). В некоторых источниках (Баландин, 1982; Дедю, 1990, Данилов-Данильян и др., 2002) употребляется также близкий по значению термин «техносфера», но в данном случае, как правило, подразумевается часть биосферы, преобразованной в ходе хозяйственно-производственной деятельности.

Глобальный техногенез окружающей среды в условиях непрекращающегося роста народонаселения, объема производства и урбанизации неизбежен (Горшков, 1985). Вместе с тем, в основе техногенеза лежит управляемое производство. Следовательно, и сам процесс техногенной трансформации окружающей среды в определенном смысле управляем. Этим путем можно не только снизить негативное воздействие, но и создать условия для улучшения экологической ситуации на

основе экологической оптимизации производственных объектов и создании управляемых природно-технических систем (ПТС)[10]. Но благодаря управляемому техногенезу может возникнуть только управляемая биотехносфера. Некоторые авторы, например, Ф.И. Тютюнова (1987), рассматривают подобное положение как один из переходных этапов, ведущих к становлению ноосферы в понимании В.И. Вернадского. Для последующих этапов ею был предложен термин «ноотехносфера». При этом подразумевается, что на этом этапе «…геологическая деятельность человека будет всецело направляться и регулироваться достижениями научно-технической мысли». Подобное предположение представляется утопичным и, по этой причине, излишним. Регулирование и управление деятельностью может осуществляться только на основе специально разработанных экономических механизмов, имеющих правовую основу и соответствующий управленческий аппарат. Научные достижения должны внедряться в эту систему управления. Подменить ее сами по себе они не могут.

Ноосфера же, по замыслу В.И. Вернадского, иное и более широкое понятие, чем управляемая биотехносфера. Ее возникновение должно стать следствием коренной трансформации в ментальной области, принципиального изменения самого человечества (исчезновение государственного деления, исключение войн из жизни общества и т.п.). По сути, автор учения подразумевал под ноосферой новый, гипотетический этап эволюции человека, а не разработку экологически ориентированного механизма управления сферой материального производства.

Таким образом, при благоприятном развитии событий реально достижимым состоянием биосферы в обозримом будущем, на наш взгляд, может являться только управляемая биотехносфера, представляющая собой иерархию управляемых природно-технических систем (ПТС). При этом ее становление реально может произойти только в форме постепенной координации функционирования отдельных ПТС, приводящей к

[10]\Этот вопрос более подробно будет рассмотрен в ряде последующих разделов монографии (раздел 1.4 и др.).

формированию ПТС все большего масштаба. Более детально этот вопрос мы рассмотрим в дальнейшем.

1.2. Правовая интерпретация техногенеза окружающей среды

На практике оценка любых процессов и вызываемых ими последствий неминуемо сталкивается с необходимостью их анализа с точки зрения национальной или международной правовой системы. Этот вопрос, несомненно, весьма актуален и для рассматриваемой проблемы. Техногенез окружающей среды в настоящее время прямо или косвенно затрагивает интересы большинства людей, иначе говоря, физических лиц. Существенное влияние эти процессы оказывают и на деятельность многих хозяйствующих субъектов, особенно в сферах, где экономическая выгода или экологический имидж продукции и услуг непосредственно зависят от уровня и характера наблюдающихся техногенных изменений (Суздалева и др., 2009). Несмотря на это, определение термина «техногенез» нам удалось обнаружить лишь в одном нормативном документе – ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения». Согласно пункту 13, «техногенез – процесс изменения природных комплексов и биогеоценозов под воздействием производственной деятельности человека». Таким образом, приведенная формулировка подразумевает более узкое понимание понятия «техногенез», чем определение, данное нами в разделе 1.1. В данном случае область техногенеза ограничивается природной средой, в том смысле, который вкладывался в это понятие в конце XX века. Существовало противопоставление понятий «природной среды (природы)», которое в большинстве случаев использовалось как синоним термина «окружающая среда», и трансформированных человеком участков биосферы (промышленные зоны, урбанизированные участки и.т.п.), которые как часть окружающей среды не рассматривались. Не случайно, что первый российский закон, создавший основы для развития области «экологического права», получил название «Об охране

окружающей природной среды» (№ 2060-1 от 19.12.1991 г.). Однако на определенном этапе развития процессов техногенеза (их глобализации) подобное деление становилось все более условным и теряло свой смысл, значительно затрудняя разработку документов в области правового регулирования экологических проблем.

Одним из главных новшеств, привнесенных принятием нового Федерального закона «Об охране окружающей среды» (№7-ФЗ от 10.01.2002 г.), было расширенное понимание окружающей среды, распространяющееся на все участки биосферы. Согласно его первой статье, «**окружающая среда** – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов». В свою очередь составляющие окружающую среду компоненты в этой же статье определяются так:

✓«**природный объект** – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства»;

✓«**природно-антропогенный объект**» – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение»;

✓«**антропогенный объект**» – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов;

✓«**природная среда (природа)**», согласно определению, данному в законе, представляет собой «совокупность компонентов природной среды природных и природно-антропогенных объектов».

В состав компонентов природной среды, в соответствии со статьями 1 и 4, входят: земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство. Следовательно, потенциальной областью современного техногенеза следует считать литосферу, гидросферу, атмосферу и ближайший космос.

Определенную сложность при правой интерпретации процесса техногенеза создает употребление в приведенных выше определениях прилагательного «антропогенный». По логике, исходя из цитируемого основополагающего документа экологического права, рассматриваемый нами процесс следовало бы называть «антропогенезом». Однако по ряду обстоятельств это было бы крайне нежелательно:

✓термин «**техногенез**», как и производные от него понятия «техногенный», «природно-техногенный» и др., уже давно стали широко употребительными, они не только прочно укоренились в научной литературе, но и используются во многих нормативно-правовых актах;

✓понятие «**антропогенез**» не отражает или искажает[11] суть происходящих процессов и, кроме того, используется в смежной области для обозначения совершенного иного процесса (см. раздел 1.1).

Например, в статье 1 Градостроительного кодекса РФ (191-ФЗ от 29 декабря 2004 г.) дается такое определение: «Инженерные изыскания – изучение природных условий и факторов техногенного воздействия в целях рационального и безопасного использования территорий и земельных участков в их пределах, подготовки данных по обоснованию материалов, необходимых для территориального планирования, планировки территории и архитектурно-строительного проектирования».

По перечисленным выше причинам мы сочли возможным использовать в работе понятия «**техногенный объект**» и «**природно-техногенный объект**» в полном соответствии с определениями, данными в Федеральном законе для понятий «антропогенный объект» и «природно-антропогенный объект». Эти определения распространяются и на рассматриваемые в монографии различные категории водных объектов.

В контексте рассматриваемой проблемы следует отметить, что и в основных международных стандартах, например, в Стандартах деятельности МФК (МФК…, 2012)[12], термин

[11]Например, в том случае, когда данный термин используется для обозначения начальных периодов техногенеза (см. раздел 1.3).

[12]Этот термин также не встречен нами в документах ЮНЕП и директивах ЕС.

«техногенез» не встречается. Вместе с тем, в них приводятся определения ряда терминов, необходимых при анализе данной проблемы. Иными словами, содержание определений, данных в стандартах МФК, позволяет в какой-то мере, оценить видение проблемы техногенеза в соответствии с общим смыслом этих документов. Сравнение национальных и международных точек зрения в данном случае весьма важно, поскольку процессы современного техногенеза часто выходят за рамки государственных границ.

Прежде всего, следует отметить сходство и различие в понимании базовых терминов «**окружающая среда**», «**природная среда** (природа)» и термина, приводимого в официальных переводах Стандартов деятельности МФК на русский язык, - «**среда обитания**». В Стандартах МФК среда обитания определяется как наземная, пресноводная или морская географическая среда или воздушный коридор, поддерживающие условия существования сообществ живых организмов и их взаимодействие с неживой окружающей средой (МФК. Стандарт деятельности 6, 2012 г., пункт 9). Таким образом, рассматриваемая область, в том числе область техногенеза, здесь существенно уже, чем состав «окружающей среды» в контексте Российского законодательства: она не включает в себя недра и околоземное космическое пространство.

Вместе с тем, в Стандартах деятельности МФК, также как и в законе РФ «Об охране окружающей среды», предусматривается объединение в рамках понятия «среды обитания» как природных объектов («естественная среда обитания»), так и объектов, трансформированных в ходе человеческой деятельности («преобразованная среда обитания»)[13]. В соответствии со Стандартом деятельности 6 (МФК…, 2012), «Естественная среда обитания – это территория, образованная сообществами жизнеспособных видов растений и/или животных преимущественно аборигенного происхождения и/или где деятельность человека не привела к существенному изменению

[13]В предшествующей редакции официального перевода Стандартов деятельности МФК (МФК…, 2012) это понятие обозначалось как «Модифицированная среда обитания».

ее первичных экологических функций и видовой структуры» (пункт 13)». То есть по смыслу данный термин близок к понятию «природный объект».

«**Преобразованная среда обитания** – это территория, которая может содержать большую часть видов растений и/или животных неаборигенного происхождения и/или где в результате деятельности человека существенно изменены первичные экологические функции данной территории и видовая структура. Преобразованные среды обитания могут включать районы, используемые в сельскохозяйственных целях под лесопосадки, в качестве рекультивированных прибрежных зон и рекультивированных водно-болотных угодий. Рекультивация в данном контексте представляет собой процесс создания новых участков суши в прибрежных или других водных зонах для их продуктивного использования» (Стандарт деятельности 6, пункт 11). Этот термин в значительной мере соответствует понятию «природно-антропогенный объект».

Таким образом, используемый в Стандартах деятельности МФК термин «среда обитания» соответствует нашему термину «природная среда», состоящая как из «природных», так и «природно-антропогенных объектов». Подобное суждение подкрепляется также разъяснениями, данными в Руководствах по применению Стандартов деятельности МФК (Руководства…, 2012). Так, в пункте Р43 специально уточняется: «Естественная среда обитания не должна пониматься как нетронутая или девственная среда. Предполагается, что большинство сред обитания, признанных естественными, действительно подверглись определенному историческому или недавнему антропогенному воздействию. Вопрос состоит в степени воздействия. Если среда обитания еще в значительной степени обладает основными характеристиками и основными элементами своей природной экосистемы (экосистем), такими как сложность, структура и разнообразие, тогда ее следует рассматривать как естественную среду обитания независимо от наличия некоторых инвазивных видов, вторичных лесов, человеческого жилья или других вызванных человеком изменений».

Понятие же «окружающая среда», в которое были бы включены в качестве отдельной категории «антропогенные объекты», в международном экологическом законодательстве еще не выработано.

Анализируя возможность использования терминологии Стандартов деятельности МФК для описания процессов техногенеза, повторно вернемся к определениям понятий «естественная среда обитания» и «преобразованная среда обитания». В обоих случаях обозначаемые этими терминами участки биосферы могут представлять собой продукт процессов техногенеза. Различие между этими двумя состояниями среды разъясняется в пункте P42 (Руководства…., 2012) – «Среда обитания будет считаться преобразованной, если она существовала в таком состоянии в течение длительного периода времени, и ее возвращение в естественное состояние маловероятно».

Отдельного внимания заслуживает вопрос о том, что понимать под окружающей средой с точки зрения «организации», т.е. хозяйствующего субъекта. Подобные определения включены в ряд действующих национальных и международных нормативных документов, например, в принятые в РФ стандарты ГОСТ ИСО, которые представляют собой официальный перевод соответствующих стандартов Международной организации стандартизации (international standard ISO) и регламентируют организацию экологического менеджмента. Приводимое в них определение понятия «окружающая среда» принципиально отличается от определений, содержащихся как ФЗ «Об охране окружающей среды», так и в Стандартах деятельности МФК. Это отличие, прежде всего, заключается в том, что в сфере экологического менеджмента под «окружающей средой» понимается внешняя среда конкретной организации. Так, в пункте 3.1 ГОСТ Р ИСО 14050-2009 «Менеджмент окружающей среды. Словарь»[14]

[14]Идентичное определение или весьма близкие к нему приводятся и в других правовых актах, составляющих нормативную базу экологического менеджмента р РФ: ГОСТ Р 54906-2012, пункт 3.1.24; ГОСТ Р 54336-2011, пункт 3.5; ГОСТ Р ИСО 24510-2009, пункт 2.15; ГОСТ Р 54207-2010, пункт 3.1.3; ГОСТ Р 53009-2008, пункт 3.1.5; ГОСТ Р ИСО 14001-2007, пункт 3.5; ГОСТ Р ИСО 14015-2007, пункт

приводится следующее определение: «Окружающая среда (environment) – окружение, в котором организация функционирует, включая воздух, воду, землю, природные ресурсы, флору, фауну, людей и их взаимодействие». На наш взгляд, это определение более подходит для понятия «внешняя среда организации (предприятия)». Именно в этом смысле данный термин и используется в последующих разделах монографии, в отличие от термина «окружающая среда», понимаемого нами в соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды».

Анализируя определение, приведенное в ГОСТ Р ИСО 14050-2009, следует более подробно остановиться на словосочетании «люди и их взаимодействие». Для обозначения совокупности физических и юридических лиц, взаимодействующих с субъектами хозяйственной деятельности в области экологического менеджмента, используется термин «стейкхолдер», переводимый в официальных документах как «заинтересованные», или правильнее, «причастные стороны». Например, в пункте 3.2.1.1 ГОСТ Р 51897-2011 «Менеджмент риска. Термины и определения» содержится следующее определение: «Причастная сторона (stakeholder) – любой индивидуум, группа или организация, которые могут воздействовать на риск, подвергаться воздействию или ощущать себя подверженными воздействию риска». Иными словами, стейкхолдерами являются все физические и юридические лица, либо способные повлиять на деятельность организации, либо подверженные риску испытать воздействие этой деятельности. В связи с изложенным выше, определение, приведенное в ГОСТ Р ИСО 14050-2009 и других нормативах, регламентирующих организацию экологического менеджмента, на наш взгляд, требует включение в состав окружающей среды организации всех групп причастных к ней стейкхолдеров[15].

2.5; ГОСТ Р 52724-2007, пункт 2.2; ГОСТ Р 14.12-2006, пункт 3.4; ГОСТ Р 14.01-2005, пункт 3.1.1 и др.).

[15]Основные группы стейкхолдеров рассматриваются в разделе 1.5. Более подробная их классификация содержится в (Суздалева и др., 2009; Безносов, Суздалева, 2012)

Резюмируя материалы данного раздела, можно заключить, что **нормативно-законодательная база**, необходимая для оценки, контроля и управления процессами техногенеза, **ни в РФ, ни на международном уровне еще окончательно не разработана**. Официально признанный понятийный аппарат имеет существенные противоречия в трактовке ряда базовых понятий. По этой причине при описании процессов и явлений техногенеза и деградации окружающей среды мы в ряде случаев были вынуждены использовать собственную терминологию, приведенную в Приложении II.

1.3. Историческое развитие процесса техногенеза и его основные этапы

Данный аспект проблемы весьма важен для анализа и понимания наблюдающихся тенденций. Развитие человеческой цивилизации происходит в форме отдельных периодов, каждый из которых обладает определенной спецификой воздействия на окружающую среду. В соответствии с этим менялись и характер, и масштабы техногенеза. Принципиальные изменения происходили и во взглядах людей на данный процесс. Это происходит и сейчас, порождая широкий спектр прогнозов и предлагаемых способов решения сопутствующих техногенезу проблем. Сам по себе вопрос о начале техногенеза и форме его возможного завершения в историческом плане, вероятно, всегда будет предметом дискуссии.

Рассматривая историческое развитие процесса техногенеза, следует также учитывать, что изменения состояния биосферы происходили в течение всего периода ее существования (Будыко, 1984; Будыко и др., 1986; Арманд и др., 1999). При этом весьма часто они носили катастрофический характер и сопровождались экологическими кризисами глобального масштаба. Так, А.С. Алексеев (1995), обобщивший материалы по данной проблеме, насчитывает несколько десятков подобных событий. Не связанные с человеком процессы трансформации биосферы происходят и в настоящее время. Их эффекты проявляются на фоне и/или совместно с результатами техногенеза. Это порождает трудности в интерпретации

наблюдаемых явлений. Примером может быть неопределенность в генезисе парникового эффекта, который часть специалистов рассматривает как этап естественного процесса глобальных климатических изменений.

В настоящее время широкое распространение получила схема этапности техногенеза, предложенная С.А. Рафиковым (1994). В соответствии с ней период техногенеза разделяется на:

✓антропогенез (охота, собирательство первобытных общин);

✓точечный техногенез (возникновение первых земледельческих поселений);

✓локальный техногенез (формирование крупных хозяйств и городов);

✓микрорегиональный техногенез (промышленная революция XVII-XVIII вв., возникновение промышленных центров)

✓мезорегиональный техногенез (образование обширных техногенно-преобразованных территорий);

✓макрорегиональный техногенез (дальнейшее расширение таких территорий, влияние промышленной деятельности на климат);

✓глобальный техногенез (распространение техногенеза на «географическую оболочку»).

На наш взгляд, данная схема, ориентированная на размер зоны наблюдаемых явлений и формы экономического развития, имеет ряд недостатков, не позволяющих в полной мере оценить результаты процессов техногенеза. Для их устранения необходимо:

✓отделить техногенез, обусловленный примитивными формами хозяйствования, от техногенеза, обусловленного промышленным развитием;

✓определить и положить в основу этапности приоритетный[16] характер воздействия на окружающую среду;

✓оценить соотношение эффектов техногенеза с масштабами естественных изменений природной среды;

✓ рассмотреть цели и управляемость процессом техногенеза;

---

[16]Подразумевается вид деятельности, определяющий как основной вектор развития цивилизации в определенный исторический период, так и характер изменений в окружающей среде.

✓отказаться от использования термина «антропогенез» для обозначения начального этапа техногенеза (по причине, указанной в разделе 1.1).

Предлагаемая нами схема развития техногенеза представлена в таблице 1.1. Рассмотрим наиболее характерные черты выделенных этапов. Под термином «**биогенез**» в данном случае подразумевается процесс эволюции органического мира, происходящий без значимого влияния на него человека. В данном контексте биогенез рассматривается как весь период развития биосферы, предшествующий ее техногенезу (Дедю, 1990). То есть, каких-либо техногенных явлений на этом этапе не происходило, но его выделение в истории техногенеза необходимо как своеобразная точка отсчета.. На этапе **прототехногенеза** постепенно произошло качественное изменение роли человека в окружающей среде. Из ее компонента он постепенно стал фактором, способным существенно изменить состав существовавших природных сообществ, вызвать их деградацию. Некоторые авторы придерживаются мнения, что именно человек стал основной причиной исчезновения ряда крупных млекопитающих (мамонта, большерогого оленя и др.), на которых он интенсивно охотился, изобретая для этого различные приспособления (т.е. технические средства). В литературе это явление получило название «кризис консументов» – первого экологического кризиса, обусловленного развитием человеческой цивилизации (Реймерс, 1990). Вместе с тем, следует обратить внимание на неоднозначность и условность подобных выводов. Во-первых, эти события происходили на фоне сильных климатических изменений.

Во-вторых, уничтожение комплексов видов какой-то формой жизни, осваивавшей новые ресурсы, не является прерогативой человека. В истории биосферы подобные события происходили неоднократно и до его появления. Достаточно вспомнить исчезновение фауны сумчатых млекопитающих после соединения Южной и Северной Америки и проникновения на юг плацентарных млекопитающих.

Таблица 1.1. **Основные этапы техногенеза окружающей среды**

Этапы	Формы хозяйственной деятельности	Соотношение процессов техногенеза с естественными процессами	Характер техногенных изменений окружающей среды	Приоритетный характер деятельности и ее основная цель
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Биогенез	отсутствуют	не проявляются	отсутствует	жизнедеятельность человека как биологического вида природной экосистемы
Прототехнегенез	примитивные формы хозяйствования	происходят на фоне естественных процессов	исчезновение отдельных видов	постоянно расширяющийся процесс овладения новыми ресурсами среды
Аграрный техногенез	приоритетное развитие сельско-хозяйственного производства	нарушение ряда естественных процессов	необратимая трансформация окружающей среды на отдельных участках биосферы	постоянное расширение объемов и площадей аграрного производства

Окончаниие таблицы 1.1

1	2	3	4	5
Индустриальный техногенез	приоритетное развитие крупно-масштабного промышленного производства	постоянно действующий фактор, влияющий на ход всех естественных процессов	необратимая и неконтролируемая трансформация окружающей среды в региональных масштабах, постепенное развитие проявлений на глобальном уровне, необратимые изменения биогеохимических циклов «кризис редуцентов» (Реймерс, 1990)	рост промышленного производства, позволяющего извлекать максимум коммерческой выгоды
Пост-индустриальный (современный) техногенез	развитие производства, ограничиваемого рамками природо-охранного законодательства	--«--	необратимая, но контролируемая трансформация окружающей среды в глобальном масштабе, превращение биосферы в биотехносферу	экономически оправданное расширение производства с учетом экологических рисков
Управляемый техногенез	развитие производства на основе принципа «устойчивого развития»	--«--	искусственно поддерживаемые в биотехносфере условия, обеспечивающие благоприятную среду, существование людей и сохранение биоразнообразия	экономически оправданная модернизация, основанная на внедрении экологичных технологий

Более чем вероятно, что в местах обитания первобытных людей происходило также снижение численности или даже исчезновение и других биологических видов, в т.ч. растений.[17] И происходило с помощью примитивных технических средств. Однако в палеонтологических материалах эти факты не нашли отражения. Таким образом, определенные признаки техногенеза в этот период наблюдались. Более того, последующие формы техногенеза развивались во многом именно благодаря навыкам и примитивным орудиям, появившимся на данном этапе. Однако рассматривать эту деятельность и ее последствия, как один из периодов техногенеза, затруднительно. Значимых изменений в экосистемах, спровоцированных исключительно человеческой деятельностью, не отмечено. По этой причине для обозначения данного этапа нами предложен термин «прототехногенез».

Началом этапа «**аграрного техногенеза**» можно считать появление первых постоянных земледельческих хозяйств. Существенные изменения среды обуславливалось также и развитием инфраструктуры, необходимой для аграрных государств: поселений, ирригационных систем и др. На определенной стадии все более заметную роль начинало играть развитие производства и сопутствующие ему негативные воздействия на окружающую среду, однако основным фактором продолжало оставаться аграрное производство.

Помимо этого прямого воздействия, целый комплекс крупномасштабных изменений был обусловлен различными видами сопутствующих развитию аграрной деятельности косвенных воздействий. Их наиболее наглядным примером является спровоцированное распашкой земель опустынивание, охватившее целые регионы. Существует мнение, что «непроходимая» амазонская сельва также является продуктом аграрного техногенеза (Гумилев, 2007). По этой версии первопричиной ее возникновения явилось примитивное, так называемое «мотыжное» земледелие индейцев, населявших предгорья Анд, вызывавшее интенсивную эрозию и отложение

[17] Во второй части монографии подобные явления, происходящие в современном мире, мы рассматриваем как одну из фаз антропогенной деградации природных экосистем – «антропогенно-напряженное состояние»

наносов в устье Амазонки. В результате подпруживания стока этой реки и возникла громадная заболоченная территория.

Следует особо подчеркнуть, что, говоря о «необратимой трансформации среды», рассматривая этап аграрного техногенеза и последующие этапы этого процесса, мы имеем в виду, что восстановление среды не может произойти без осуществления специальных мероприятий. Одновременно мы придерживаемся мнения, что целенаправленное восстановление (воссоздание) окружающей среды возможно на любой стадии ее деградации. Но этот вопрос будет рассмотрен во второй части монографии.

Началом этапа «**индустриального техногенеза**» является промышленная революция, охватившая Европу в конце XVIII в. и ставшая приоритетным видом деятельности на протяжении двух последующих столетий. Процесс смены этапов аграрного и индустриального техногенеза был сложным и неравномерным. Вплоть до настоящего времени существуют обширные регионы, где основным видом деятельности является аграрное производство. Весьма значительны и воздействия, оказываемые им на окружающую среду. Достаточно упомянуть «черные ураганы», сопутствовавшие распашке североамериканских прерий в XIX веке, и аналогичные им события, сопровождавшие «освоение целины» в СССР столетие спустя (Одум, 1975). В настоящее время сельское хозяйство является одним из основных источников парниковых газов (Кондратьев, Донченко, 1999). Таким образом, в силу многоплановости и региональной неравномерности развития человеческой деятельности этапы техногенеза представляют собой не детерминированные по времени, четко разграниченные интервалы, а наслаиваются друг на друга. Переход одного этапа в другой происходит в виде развития определенной тенденции, которая в какой-то момент становится преобладающей. Но в целом смена аграрного этапа на индустриальный происходила значительно быстрее, чем предшествующее изменение характера техногенеза. В некоторых регионах, например, в Западной Европе начала-середины XIX, западных регионов России и США конца XIX – начала XX в.в, эти события происходили скачкообразно.

Принципиальным отличием индустриального техногенеза является то, что основным по значимости негативным воздействием на окружающую среду стало ее загрязнение. Увеличение объема производства обусловило все возрастающую потребность в природных сырьевых ресурсах, добыча которых осуществлялась наименее затратными, хищническими способами.

Развитие промышленного производства также было бы невозможно без развития топливно-энергетической отрасли, которая стала не только одним из главных источников загрязнения атмосферы (тепловая энергетика), но и привела к зарегулированию речных бассейнов и затоплению огромных участков земель (гидроэнергетика).

Помимо прочего, индустриализация требовала концентрации рабочей силы и организации масштабных транспортных перевозок и, следовательно, строительства сети коммуникаций. В свою очередь это стало причиной урбанизации, охватывающей все большие территории.

В результате перечисленных процессов масштабы техногенеза и скорость его распространения на индустриальном этапе резко возросли. Характерной чертой этого периода также являлось ускорение и углубление процессов деградации природной среды.

Если на предшествующем этапе вблизи человеческих поселений (даже достаточно крупных) и сельскохозяйственных угодий часто сохранялись естественные ландшафты и структура экосистем не претерпевала принципиальных изменений, то в эпоху индустриализации ситуация принципиально изменилась. Участки, окружающие промышленные центры, в большинстве случаев находились на финальных стадиях экологической деградации. В особенности это касалось водных объектов, в которых концентрировалось основное количество промышленных загрязнителей.

Условия окружающей среды становились все более неблагоприятными для человека. Этот фактор вызвал обеспокоенность не только широких слоев общества, но и политической элиты, представители которой все с большим трудом могли оградить себя от воздействия промышленного

загрязнения. Показателен такой факт. В конце XIX в. специальная комиссия британского парламента, которой было поручено исследовать состояние р.Темзы, для большей убедительности при написании итогового доклада использовала вместо чернил пробы речной воды (Константинов, 1972). Помимо прочего, промышленное загрязнение среды и неразумное использование природных ресурсов сами по себе стали препятствовать дальнейшему развитию производства.

Перечисленные причины обусловили необходимость разработки экологического (природоохранного и природоресурсного) законодательства, ограничивающего воздействие человеческой деятельности на окружающую среду. Результатом стало и принципиальное изменение характера техногенеза окружающей среды. Из стихийного (спонтанного) техногенез превратился в контролируемый надзорными органами государственной власти, а также некоторыми международными организациями. Из последних наиболее действенным является контроль, осуществляемый Международной финансовой корпорацией.

Началом данного этапа техногенеза, который, по аналогии с термином, часто применяемым для обозначения современного общества, мы обозначили как «**постиндустриальный**», условно можно считать 70-е годы XX века, когда в развитых странах было разработано и введено в действие комплексное экологическое законодательство[18], а также предложен ряд основополагающих концепций и принципов охраны окружающей среды («сохранения биоразнообразия», «устойчивого развития» и др.). Таким образом, этот новый этап техногенеза окружающей среды, в отличие от предшествующих, возник не в силу изменения приоритетов и характера человеческой деятельности, а в результате принципиальных изменений в менталитете общества и формирования существенно иного мировоззрения. До этого в сознании людей

[18]Говоря о комплексном экологическом законодательстве, мы имеем в виду формирование иерархической правовой системы, объединившей ранее разрозненные акты в областях природоресурсного и природоохранного права, а также скорректировавшей в соответствии с этими нормами остальные части действующих законодательств (Бринчук, 2000; Боголюбов, 2001).

(в т.ч. и представителей науки) доминировала установка, разделяющая «мир природы» и «область промышленного производства». Из чего следовал вывод, что можно сохранить благоприятные экологические условия на одних участках Земли (и комфортно в них существовать) и одновременно ухудшать условия на других (в районах размещения производственных объектов).

В настоящее время большинством людей осознается тот факт, что техногенез окружающей среды, вне зависимости от того, где локализован его источник, затрагивает их личные интересы, может создать угрозу для здоровья. Биосфера необратимо превращается в биотехносферу, структурно-функциональная организация которой все в большей степени определяется техногенными факторами. Таким образом, процесс техногенеза выходит на качественно новый этап, не ограниченный локальными зонами производственных объектов. В складывающейся ситуации объекты хозяйственной деятельности и окружающая среда существуют в виде взаимосвязанных компонентов природно-технической системы (ПТС)[19]. Не только благополучие среды зависит от функционирования хозяйствующих субъектов, но и их деятельность во многом определяется воздействием внешней среды. В этой связи уместно вспомнить об участившихся крупномасштабных природно-техногенных катастрофах, связанных с глобальными климатическими изменениями. В подобных ситуациях технические компоненты могут играть позитивную роль, обеспечивая сохранность остальных компонентов ПТС, в т.ч. и природных. Например, именно такую роль играют гидротехнические сооружения (ГТС) и, прежде всего, объекты гидроэнергетики (ГЭС и гидроэнергетические каскады), которые защищают целые регионы от наводнений и засух.

В условиях непрекращающегося роста народонаселения, урбанизации и объемов производства ограничение воздействия на окружающую среду отдельных хозяйствующих субъектов не может обеспечить сохранение стабильной экологической,

[19] Структурно-функциональная организация ПТС рассматривается в разделе 1.5.

социальной и экономической ситуации, декларируемой международным принципом «устойчивого развития» (Данилов-Данильян, Лосев, 2000; Будущее…, 2012).

Все больше ощущается необходимость не в разобщенном контролировании отдельных видов деятельности, а в создании систем управления состоянием окружающей среды, включая в нее всю совокупность природных, природно-техногенных и техногенных объектов. Реализовать данную идею можно путем превращения существующих, частично контролируемых, спонтанно саморегулирующихся ПТС в управляемые (Федоров, Суздалева, 2014). Этот процесс уже происходит[20] и в ближайшем будущем, вероятно, будет совершенствоваться и расширяться. Финалом его развития должно стать превращение неуправляемой, деградирующей биотехносферы в биотехносферу управляемую[21], развитие которой отвечало бы принципу устойчивого развития. При этом следует особо подчеркнуть, что мы рассматриваем управляемую биотехносферу не как уничтожение биосферы, а как одну из возможных форм ее существования, при которой создаются условия, благоприятные для жизни человека и биоразнообразия органического мира, которые могут сохраняться в обозримом будущем при неминуемом росте народонаселения Земли и производства, удовлетворяющего его потребности. Данный этап мы обозначили как «**управляемый техногенез**».

Очевидно, что этот новый этап, в отличие от предшествующих, не может возникнуть спонтанно, как сопутствующий новым формам приоритетной деятельности человека. Необходима разработка научно и экономически обоснованных механизмов управления ПТС различного масштаба (Федоров, Суздалева, 2014). Альтернативой является постепенная деградация окружающей среды, происходящая на

---

[20] Как уже указывалось, черты управляемых ПТС постепенно приобретают объекты гидроэнергетики, часто руководствующиеся при регулировании попусков вод экологическими и/или средозащитными целями (Троицкий, 2006; Безносов и др., 2007).

[21] Мы сознательно не употребляем для обозначения данного состояния биосферы термин В.И. Вернадского «ноосфера», поскольку он, как уже говорилось выше, подразумевает и эволюцию самого человечества, проблемы которой в нашей работе не рассматриваются.

фоне декларативных заявлений и бесплодных в своей перспективе постоянных попыток удерживать процессы неуправляемого техногенеза окружающей среды в определенных границах. Иными словами, продолжение ситуации, наблюдающейся в настоящее время.

1.4. Виды техногенеза

Во многих источниках еще на стадии формулирования самого понятия «техногенез» указывалось, что данный процесс может проявляться в виде **прямого** и **косвенного** воздействия (см. раздел 1.1). Их можно рассматривать и в качестве видов техногенеза. Вместе с тем, при анализе событий и разработке мер по предотвращению нежелательных последствий важен не только характер воздействия, но и ряд их других особенностей. Поэтому мы считаем целесообразным, наряду с указанными видами воздействия, различать виды техногенеза на основании: их контролируемости, стартовых условий, масштаба и формы проявления, а также характера деятельности, обусловливающей их развитие (табл. 1.2).

❖**По степени контролируемости процессы техногенеза можно разделить на следующие виды**:

стихийный (спонтанный) техногенез – происходящий без какой-либо цели, в виде явлений и процессов (с экологической точки зрения, в подавляющем большинстве случаев – негативных), которые сопутствуют какой-то деятельности, без осуществления контроля за изменением окружающей среды.

Таблица 1.2. **Классификация видов техногенеза**

Критерии классификации					
По механизму воздействия	**По степени контролируемости процесса**	**По стартовым условиям**	**По масштабу**	**По форме проявления**	**По характеру деятельности**
Прямой Косвенный	Стихийный (спонтанный) Целе-направленный Контролируемый Детерми-нированный Управляемый	Первичный Вторичный	Точечный Локальный Региональный Межрегио-нальный Глобальный	Физико-химический Биотический Гидрологический Климатический Почвенный Ландшафтный Геоморфологический Геологический Биогеохимический	Промышленный Гидротехнический Транспортный Урбанизационный Военный Катастрофический Природо-обустройственный Санационный Креативный Рекреационый Постехногенез Техногенез, обусловленный бесхозными объектами

Данный вид техногенеза сопровождал становление человеческой цивилизации, но наибольшую значимость он приобрел на первых этапах «промышленной революции» в развитых странах, т.е. в начале индустриального этапа. Как правило, данный вид техногенеза вызывает экологическую деградацию, его примерами являются неконтролируемый сброс токсичных промышленных стоков в водные объекты, хищническая вырубка лесов и т.п.;

- **целенаправленный техногенез** – процесс изменения окружающей среды, проводимый человеком с помощью технических средств с определенной целью. Характерный пример – зарегулирование стока рек путем возведения плотин ГЭС в целях производства электроэнергии. Целенаправленный техногенез может иметь как негативные, так и позитивные аспекты. Например, если в числе прочих он предусматривает меры по защите территорий (строительство берегозащитных сооружений и т.п.);
- **контролируемый техногенез** – это неизбежные при использовании современных технологий изменения окружающей среды, характер и масштаб которых контролируется самими субъектами деятельности или надзорными органами власти. При этом одной из задач контроля техногенеза на современном этапе, как правило, является контроль за состоянием и функционированием природоохранного обустройства территории и выполнение объектами предусмотренных для них средозащитных функций, т.е. контроль действенности позитивных аспектов техногенеза;
- **детерминированный техногенез** отличается от предшествующего вида тем, что границы прямого воздействия, способного вызвать значимые изменения в окружающей среде, строго определены;
- **управляемый техногенез** заключается в согласованном манипулировании позитивными аспектами данного процесса, позволяющем не только минимизировать его негативные аспекты, но и обеспечить сохранение благополучного состояния окружающей среды, оперативно предотвращать ее экологическую деградацию в результате воздействия различных

факторов. Появление этой формы техногенеза происходит на основе формирования управляемых ПТС, структурно-функциональная организация которой будет рассмотрена в следующем разделе.

Очевидно, что подобная классификация в некоторых отношениях условна и отражает общий характер происходящих процессов. Уже в античном мире и в средние века неоднократно предпринимались меры по ограничению стихийного техногенеза, например, путем принятия правовых актов, предусматривающих наказание за различные негативные изменения в окружающей среде. Не существует четкой границы между контролируемым и детерминированным техногенезом. Но, вместе с тем, подобное деление позволяет установить главную тенденцию в развитии техногенеза, и, следовательно, очертить сферу возможных мер, направленных на предупреждение экологической деградации.

❖**Характер и экологические последствия процесса техногенеза** в значительной мере **зависят от того, в каких условиях они изначально развиваются**. Техногенной трансформации может быть подвержена как природная среда, так и участки окружающей среды, ранее уже преобразованные человеческой деятельностью[22]. Например, урбанизация, как правило, распространяется на участках окружающей среды, уже находящихся на том или ином этапе экологической деградации. Вместе с тем, происходящий при этом техногенез представляет собой отдельный процесс. Поэтому мы сочли целесообразным различать «**первичный техногенез**», в ходе которого происходит трансформация природной среды, и «**вторичный техногенез**», осуществляющийся на преобразованных человеком участках. Очевидно, что в современных условиях, когда техногенные воздействия приобрели глобальный характер (парниковый эффект и др.), подобное разделение условно. Вместе с тем, оно необходимо, поскольку позволяет рассматривать наблюдающиеся явления в интерпретации действующих правовых норм, а также более адекватно

[22] «Естественная» и «преобразованная» среды обитания по Стандартам деятельности МФК (см. раздел 1.2).

оценивать результаты процессов техногенеза. Например, небольшие водные объекты в наибольшей степени подвержены экологической деградации во время «естественного» существования в пригородной зоне (Безносов и др., 2006а). Попадая в черту городской застройки, они расчищаются, прекращается неконтролируемый сброс сточных вод и осуществляются другие меры по их инженерно-экологическому обустройству. В результате подобного вторичного техногенеза их экологическое состояние значительно улучшается.

❖**Для описания масштабов зон техногенеза мы предлагаем использовать следующие категории**:

➢**точечная зона**[23] – участок вокруг единичного объекта, вызывающего значимые изменения окружающей среды, отделенный от других зон пространством, где влияние данного объекта не проявляется[24];

➢**локальная зона** – охватывающая определенную, ограниченную и относительно небольшую по своим масштабам территорию или акваторию до нескольких десятков км. Границы локальной зоны могут быть как естественными (например, залив моря), так и искусственными, исходя из уровня деградации среды (например, локальное пятно постоянно повышенного загрязнения в прибрежной акватории моря);

➢**региональная зона** – ее выделение подразумевает либо взаимосвязь границ с административным делением территории/акватории, либо с физико- или биогеографическими границами; например, конкретная ландшафтно-географическая зона, техногенез которой носит определенный характер (деградация почвенно-растительного покрова вследствие сельскохозяйственной деятельности и т.п.);

➢**межрегиональная и глобальная зона** – соответственно предполагает рассмотрение процессов техногенеза в масштабах

[23]В соответствии с размерами зоны выделяются виды техногенеза, проявляющиеся в их пределах (точечный техногенез, локальный техногенез и т.д.). Определения этих видов техногенеза даны в Приложении II).

[24]Но это не означает, что в этом пространстве отсутствуют проявления техногенеза, обусловленные другими видами человеческой деятельности.

нескольких регионов или в масштабах планеты в целом, включая околоземное космическое пространство.

❖**Выделяя виды техногенеза по форме проявления, мы имеем в виду** наиболее значимый аспект этого процесса. В реальности техногенная трансформация среды, одновременно приводит к комплексу разнородных последствий. Вместе с тем, во многих случаях бывает целесообразно абстрагировать[25] **наиболее важные из них**, в качестве которых можно рассматривать:

➢**физико-химический техногенез** – проявляется в форме изменения физических или химических параметров окружающей среды. К нему следует относить любые последствия, обусловленные различными видами химического и физического (в т.ч. радиоактивного и радиационного) загрязнения;

➢**биотический техногенез** – заключается в изменении состава биоты. При этом к данной категории явлений относятся не только случаи снижения уровня биоразнообразия или численности отдельных видов, но и связанные с человеческой деятельностью биологические инвазии, приводящие к появлению чужеродных видов-вселенцев;

➢**гидрологический техногенез** – включает все случаи изменения гидрологического режима и структуры водных масс водных объектов. К данному виду относится не только зарегулирование стока рек, но искусственный подъем глубинных морских вод (искусственные апвеллинги), приводящий к нарушению условий обитания водных организмов (Безносов и др., 1998/1999), а также изменение гидрографических сетей (переброска и перераспределение речного стока и др.);

➢**климатический техногенез**, включающий любые изменения микро-, мезо и макроклимата, спровоцированные прямым воздействием технической деятельности (например, отепляющий эффект в крупных городах);

---

[25]Абстрагирование в данном случае заключается в обособленном рассмотрении данного аспекта, но отнюдь не подразумевает игнорирование других форм проявления техногенеза при дальнейшей оценке ситуации.

➢**почвенный техногенез**[26] – это все виды искусственного изменения структуры почвенного покрова. Сюда следует отнести не только различные случаи деградации почвенного покрова, но и запечатывание почв, отсыпку грунтов при проведении рекультивации, а даже создание искусственных полных профилей – так называемых «культуроземов» (Герасимова и др., 2003);

➢**ландшафтный техногенез** – может заключаться как в изменении характера отдельных ландшафтов (и связанных с ними биогеоценозов), так и в изменении ландшафтной структуры территории (изменении соотношения площадей, занятых ландшафтами определенных видов);

➢**геоморфологический техногенез** – это либо непосредственное изменение рельефа в ходе какого-то вида деятельности, либо искусственное создание условий, стимулирующих или интенсифицирующих развитие естественных процессов, обуславливающих изменение рельефа (оползнеобразование и др.);

➢**геологический техногенез** – это техногенное изменение недр. В качестве отдельного подвида можно выделить гидрогеологический техногенез, заключающийся в нарушении структуры подземных водоносных горизонтов и их истощении. Например, образование оползней при строительстве искусственных сооружений, ведущее к изменению рельефа, трактуется как один из опасных геологических процессов[27]. В некоторых случаях геологический техногенез неотделим от геологического. В подобных ситуациях разделение этих двух видов техногенеза отражает лишь различие в точках зрения, с которых рассматривается один и тот же процесс.

➢**биогеохимический техногенез** – изменение в результате человеческой деятельности биогеохимических циклов. На

---

[26]Несмотря на то, что в данном случае объектом проявления техногенеза является почвенный покров, эти процессы могут спровоцировать весьма значимые изменения в состоянии водных объектов (образование наносов вследствие эрозии и др.). Поэтому, также как и остальные виды техногенеза, выделяемые данной классификацией (ландшафтный, геоморфологическии и т.д.), они имеют непосредственное отношение к проблемам, которым посвящена данная монография.

[27]СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные п оложения.

современном этапе последствия данного вида техногенеза приобретают все более значимый характер (Сает и др., 1990). Одним из примеров данного вида техногенеза является «парниковый эффект».

❖**Рассматривая классификацию техногенеза по характеру деятельности**, мы считаем, что, учитывая бесконечное многообразие хозяйственной деятельности, **целесообразно выделить 12 основных видов**. При этом каждый из них может иметь неограниченное количество разновидностей, связанных со спецификой конкретного вида деятельности и его воздействия на окружающую среду (например, промышленный техногенез, может быть подразделен на горнопромышленный, лесопромышленный и т.п.).

Из-за ограниченного объема монографии мы не будем детально рассматривать такие традиционные формы техногенеза как **промышленный, гидротехнический, транспортный и урбанизационный**. Их определения приведены в Приложении II. Вместе с тем, существует несколько особых видов техногенеза, на которых по причине их специфичности стоит остановиться отдельно. Прежде всего, это – так называемый «**военный техногенез**», обусловленный последствиями военных действий, которые в современном мире всегда ведутся с применением технических средств. Его воздействие на природу зачастую имеет (или может иметь) существенно большие масштабы, чем непосредственная цель вооруженного противостояния. Вместе с тем, мы относим военный техногенез к категории «сопутствующий». Основанием для подобного видения проблемы является то, что в современном мире при разработке новых видов вооружений все больше внимания уделяется вопросу минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Следует вспомнить и о том, что именно опасение необратимого глобального косвенного техногенеза – «ядерной зимы» – является одним из главных сдерживающих факторов использования ядерного оружия. В современном мире существует также тенденция перехода «военного техногенеза» в категорию «детерминированного», на основе международных договоренностей, учитывающих и экологические последствия

использования различных видов вооружения. Но, конечно, «экологичность» военной техники не может служить оправданием действий по организации вооруженных конфликтов и/или их спонсирования.

В качестве другого особого вида мы также рассматриваем «**катастрофический техногенез**», являющийся следствием техногенных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций, наносящих значительный ущерб окружающей среде. Их частота в силу комплекса различных причин в современном мире неуклонно возрастает (Осипов, 1995; 2009). Возрастает и размер участков территорий (акваторий), претерпевших в результате практически необратимые изменения техногенной природы. Неслучайно в официальном документе «Экологическая доктрина Российской Федерации»[28] в качестве одного из приоритетных направлений деятельности по обеспечению экологической безопасности (пункт 4) указывается – «Предотвращение и снижение экологических последствий чрезвычайных ситуаций».

Мы рассматриваем эти явления (точнее, их устойчивые последствия) как один из видов техногенеза, поскольку источником (или одним из источников) данных видов ЧС является техническая деятельность человека.

Сущность процессов, которые мы обозначили как «**природообустройственный техногенез**», несет в себе некоторые внутренние противоречия. С одной стороны, эти мероприятия проводятся с целью сохранения природной среды или ее отдельных компонентов. С другой стороны, данная деятельность реализуется как устойчивое изменение окружающей среды в определенном направлении. Так, благоприятные условия многих так называемых «особо охраняемых природных территорий» (ООПТ) поддерживаются благодаря функционированию специальных инженерно-технических объектов (системы их инженерно-технического обустройства[29]). Их примером являются различные защитные сооружения, противопожарная инфраструктура и др. Нарушение

[28]Одобрена распоряжением Правительства РФ от 31 августа 2002 г. № 1225-р.
[29]Более подробно этот вопрос рассматривается в разделе 7.1.

их функционирования создает угрозу сохранности охраняемых природных объектов. Следовательно, как ни парадоксально это звучит, подобные ООПТ являются одной из категорий природно-технических систем.

В качестве особой формы техногенеза следует рассматривать «**санационный техногенез**», заключающийся в улучшении экологической ситуации на деградировавших участках окружающей среды путем целенаправленного технического воздействия. Наиболее распространенным примером является искусственная аэрация водных объектов, подверженных интенсивному загрязнению (Рябов, Сиренко, 1982; Хендерсон-Селлерс, 1987).

В современных условиях все чаще возникает необходимость искусственного создания природно-техногенных объектов. Подобное решение «искусственного создания чего-то природного» звучит несколько парадоксально. Однако значимость данной проблемы нашла отражение в определении термина «природно-антропогенный объект», данном в ФЗ «Об охране окружающей среды» и ранее цитированном в разделе 1.2. Напомним, что к этим объектам, которые мы также обозначаем как «природно-техногенные», следует относить и «объект, созданный человеком, и обладающий свойствами природного объекта». В процессе формирования этих объектов происходит техногенная трансформация участка земной поверхности, и для их обозначения можно использовать термин «**креативный техногенез**». В качестве примеров креативного техногенеза можно рассматривать не только водохранилища, но также искусственные водные объекты, возникающие при ирригации засушливых участков и заселяемые водной биотой.

«**Рекреационный техногенез**» – это преобразование окружающей среды, осуществляемое с помощью инженерно-технических средств, с целью использование ее в качестве мест организованного массового отдыха. В них обязательно присутствуют различные природные компоненты, состав которых отвечает рекреационным потребностям человека. При этом другие природные объекты, не отвечающие этим потребностям, могут уничтожаться. Уровень трансформации окружающей среды при ее рекреационном техногенезе может

быть весьма велик. Например, при организации прибрежно-морских рекреационных объектов часто осуществляется принципиальное изменение рельефа: изменение конфигурации береговой линии, отсыпка искусственных пляжей и островов (Макаров, 2009; Крыленко и др., 2009; Секурова, 2009). Участки рекреационного назначения могут создаваться как на базе природных территорий, так в зонах, ранее измененных процессами техногенеза других видов (например, организация пляжей на берегах водохранилищ ГЭС). Для обозначения всей совокупности этих разнообразных объектов нами был предложен обобщающий термин «резорты» (Суздалева, Безносов, 2012; Суздалева и др., 2012). В любом случае резорт является управляемой природно-технической системой. При прекращении функционирования объектов его инженерно-экологического обустройства он неминуемо деградирует.

Термин «**посттехногенез**»[30] используется для обозначения процессов трансформации среды, происходящих после окончания деятельности, являющейся ее первопричиной (Разумовский, 2003). Обычно в качестве примера подобных явлений приводится существование отвалов на месте бывших горных выработок и процесс их рекультивации. Несмотря на то, что сам по себе термин «посттехногенез» еще не получил правового закрепления, уже достаточно давно действует комплекс нормативных документов, регламентирующих организацию рекультивации на участках его проявления (ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель» и др.). Недавно явления постехногенеза получили дополнительное правое обоснование в форме введения в действие «ГОСТ Р 54003-2010 Экологический менеджмент. Оценка прошлого накопленного в местах дислокации организаций экологического ущерба. Общие положения».

От посттехногенеза следует отличать «**техногенез окружающей среды, обусловленный бесхозными**

[30]Следует отметить, что данный термин используется и в совершенно ином смысле для обозначения гипотетической фазы развития человечества, которая последует за существующим в настоящее время «техногенным этапом развития цивилизации».

объектами». Данные случаи с экологической точки зрения следует рассматривать как сугубо негативные явления. Бесхозность (настоящая или мнимая) обусловливает неуправляемость состоянием этих объектов, многие из которых представляют опасность и не только для окружающей среды. Распространенность и значимость техногенеза, обусловленного бесхозными[31] объектами, в настоящее время существенно повысилась в результате как увеличения общего количества выводимых из эксплуатации технических объектов, так и значительного увеличения продолжительности их существования. Так, прибрежная зона акваторий многих портов превратилась в скопление полузатопленных судов. Поскольку, в соответствии с законодательством (см. раздел 1.2), в состав окружающей среды входит и околоземное космическое пространство, то его засорение также можно рассматривать как данный вид техногенеза окружающей среды.

В отличие от посттехногенеза, данный вид техногенеза в качестве первоочередной задачи подразумевает не рекультивацию среды, а демонтаж и ликвидацию бесхозных объектов. В отдельных случаях бесхозные объекты могут быть восстановлены или переоборудованы в компоненты ПТС, несущих определенные функции. Например, затопленные у берега суда могут быть превращены в искусственные рифы.

В заключение отметим, что причисление процесса техногенеза к определенному виду в соответствии с одним критерием (характер, источник, масштаб), не исключает его одновременную идентификацию по другому критерию. Таким образом, по предлагаемой классификации вид техногенеза, например, может быть описан словосочетанием: «*косвенный детерминированный первичный региональный ландшафтный гидромелиоративный техногенез*». Данный термин включает всю совокупность косвенных воздействий как в период строительства на участках природной среды (болотного массива), так и при последующей эксплуатации региональной гидромелиоративной сети, возведение и работа которой

[31]В данном случае имеются в виду также и брошенные объекты, бесхозность которых заключается в том, что никто не хочет брать на себя ответственность за их состояние.

регламентированы нормативными и иными официальными документами. В этом примере наиболее значимой формой проявления деятельности стало изменение ландшафтной структуры вследствие осушения болот.

1.5. Управляемые природно-технические системы

Продуктом техногенеза является не только трансформация окружающей среды, но образование природно-технических систем, представляющих собой совокупность природных, природно-техногенных и техногенных объектов, состояние и функционирование которых взаимосвязаны или взаимозависимы. Следует подчеркнуть принципиальное отличие ПТС от так называемых «техноэкосистем», под которыми подразумеваются экосистемы, трансформированные или возникшие в результате производственной деятельности, например, экосистемы биообрастания, формирующиеся на поверхности контактирующих с водой технических узлов (Звягинцев, Мощенко, 2010), или экосистемы водоемов-охладителей АЭС (Протасов, 2011). Таким образом, техноэкосистемы являются частью ПТС, в которые, помимо них, входят и сами объекты, обуславливающие их трансформацию (или возникновения)[32].

Возникновение ПТС обусловлено тем, что функционирование технических объектов связано с окружающей средой не только прямыми, но и обратными связями. Это закономерность в той или иной мере справедлива и для всех видов производственной деятельности, хотя далеко не всегда очевидна. Примером может являться работа АЭС, которая обычно рассматривается исключительно в контексте ее негативного воздействия на окружающую среду. Вместе с тем, функционирование данных объектов в свою очередь зависит от складывающейся в районе их размещения экологической

[32]Подобное вычленение биологической составляющей ПТС характерно для исследователей биоэкологического направления. С одной стороны, это позволяет системно изучать биологические явления, протекающие под воздействием техногенных факторов, с другой стороны, абстрагирование экосистем от других объектов ПТС затрудняет понимание процесса техногенеза и, следовательно, выработку механизмов управления им.

ситуации. Практически все виды биологических помех, возникающих в системе технического водоснабжения АЭС (обрастание водоводов, биогенная стимуляция накипеобразования и др.), связаны с загрязнением и эвтрофированием водного объекта, из которого производится забор воды (Суздалева и др., 2004). Частично данные процессы возникают в результате деятельности ее собственных служб. При определенных условиях биопомехи, затрудняющие доступ воды к теплообменному оборудованию, могут вызвать серьезную аварию (Горюнова и др., 2002). Это одна из причин, благодаря которым АЭС заинтересованы в благополучном экологическом состоянии водного объекта, служащего источником их водоснабжения. Можно привести множество подобных примеров взаимозависимости функционирования производственного объекта и окружающей среды. В конкретных случаях взаимосвязь между техническими и природными компонентами принимает самые различные формы, но во всех случаях они существуют как динамичная система. В соответствии с составом основных компонентов для ее обозначения используется термин «природно-техническая система[33]», условия в которой определяются комплексом техногенных и природных факторов. Коренное различие между ними заключается в том, что техногенные факторы в безаварийной ситуации могут регулироваться[34], а любое современное предприятие заинтересовано в сохранении благоприятных экологических условий (хотя бы в силу экономии финансовых затрат на штрафные санкции). Таким образом, существует мотивация действий по превращению неконтролируемых ПТС, которые преобладали на индустриальном этапе развития техногенеза, в частично регулируемые, в которых технический компонент системы (точнее – руководство субъекта хозяйственной деятельности) предпринимает целенаправленные меры, по недопущению

[33]Наряду с данным термином в ряде работ употребляется термин «природно-техногенная система» (Суздалева, Медведев, 2004 и др.), они рассматриваются нами как синонимы.

[34]Если предусмотрены специальные превентивные меры, то воздействие на окружающую среду может регулироваться и при некоторых видах аварий (особенно так называемых «проектных авариях»).

ухудшения состояния природного компонента (очистка стоков, выбросов и др.). В ряде случаев это позволяет сохранять состояние окружающей среды в определенном диапазоне параметров. Но чаще наблюдается закономерное ухудшение ее качества, т.е. деградация окружающей среды. Это связано с отсутствием механизмов, позволяющих оперативно управлять всей ПТС в целом, а не регулировать воздействие ее отдельных объектов. Существующую ситуацию можно проиллюстрировать таким примером: в водосборном бассейне реки функционирует много различных производственных объектов, но только самые крупные из них проводят необходимые природоохранные мероприятия, а именно: очистку сточных вод, отведение стоков, берегоукрепление. Остальные производственные объекты по причине небольших масштабов деятельности природоохранные мероприятия практически не осуществляют. Вместе с тем, совокупный объем негативного воздействия малых предприятий может быть весьма велик. Показателен следующий пример – уровень загрязненности вод в р.Волга в 90-е годы XX века существенно возрос (Лазарева, 2005). Это происходило на фоне резкого свертывания объемов промышленного производства и соответственно снижения уровня негативного воздействия со стороны крупных промышленных объектов. Причиной этого всплеска загрязнения вод явился не только частичный выход из строя многих очистных сооружений, но и возникновение множества новых мелких предприятий, воздействие которых на окружающую среду практически не контролировалось.

На практике, одновременно с перераспределением хозяйственной деятельности, в менталитете как представителей надзорных органов, так и населения широко распространилась порочная установка, рассматривающая крупный производственный объект как основной и едва ли не единственный источник ухудшения состояния окружающей среды. Так, массовая гибель рыб первоначально всегда возлагается на крупный производственный объект, расположенный в данном районе. Впоследствии иногда выясняется, что сброс токсичных стоков осуществлялся с другого, мелкого предприятия, например, со свинофермы.

В этой связи следует вспомнить, что, согласно определению, данному в разделе 1.1., **окружающая среда хозяйственно-производственного объекта включает в себя** как контактирующие с ним, в том числе и используемые компоненты естественного происхождения, так **всю совокупность взаимосвязанных с его деятельностью юридических и физических лиц, обозначаемых термином «стейкхолдеры».** По своему составу они весьма разнородны и для удобства анализа могут быть классифицированы по отдельным группам (Суздалева и др., 2009; Безносов, Суздалева, 2012). С точки зрения рассматриваемой проблемы **наибольшее значение из них имеют:**

- **территориальные стейкхолдеры,** связанные с организацией совместного использования ресурсов окружающей среды (землепользования, водопользования и др.) в районе их размещения;
- **социальные стейкхолдеры,** то есть все общественные группы и отдельные лица, для которых степень благоприятности среды существования и условий жизнедеятельности зависит от деятельности организации;
- **технологические стейкхолдеры,** в число которых входят все хозяйствующие субъекты, связанные с организацией общим технологическим циклом (поставщики сырья, смежники, качество продукции и услуг которых, их «экологичность», зависят от технологий, применяемых или контролируемых регулятором);
- **административные стейкхолдеры** включают в себя всю совокупность органов исполнительной власти и местного самоуправления, осуществляющих контроль и надзор за деятельностью организации в области охраны окружающей среды и природопользования, а также за состоянием техногенных, природно-техногенных и природных объектов, расположенных в зоне ее потенциально значимого воздействия;
- **экономические стейкхолдеры,** взаимосвязь которых с организацией обусловлена риском экономических ущербов, в том числе связана с нарушениями национального и/или международного экологического законодательства (финансовые организации, инвесторы).

Зачастую анализ воздействия технических объектов на окружающую среду проводится по предельно упрощенной схеме, которая подразумевает абстрагирование его значимых экологических аспектов, при этом акцент делается на аспекты негативного характера (влияние сбросов, выбросов, шумового загрязнения и др.). В реальности любой технический объект входит в систему взаимосвязанных объектов человеческой деятельности. Он выступает в роли одного из стейкхолдеров, совокупно взаимодействующих с природной средой.

Например, характер негативного воздействия предприятия на природную среду зависит не только от используемых на нем технологий, но и от качества сырья, поставляемого технологическими стейкхолдерами. Например, состав атмосферных выбросов ТЭС зависит от того, из какого месторождения поставляется используемый на ней каменный уголь (Пронин, 2006). Не только социальные, но и экономические стейкхолдеры обуславливают необходимость модернизации производства, направленную на повышение его экологической безопасности.

Следует также обратить внимание, что наш взгляд на структурно-функциональную[35] организацию ПТС несколько отличается от общепринятого. В большинстве случаев употребление термина ПТС подразумевает систему взаимодействия какого-то крупного производственного объекта с природной средой. Границами ПТС в данном случае является пространство, в пределах которого прямое воздействие этого объекта достигает значимого уровня, т.е. согласно определению, приведенному в разделе 1.1, может рассматриваться как «зона техногенеза», обусловленного его деятельностью.

Таким образом, мы считаем, что более адекватным является анализ ПТС как системы, в которой с природной средой взаимодействует вся совокупность технических объектов (территориальных стейкхолдеров), размещенных в пределах

[35]Структурными элементами ПТС являются все слагающие ее компоненты, включающие как различные технические объекты, так и компоненты природной среды. Функциональная организация ПТС – это вся совокупность связей (экологических, социально-экологических, производственно-экономических и др.) между ее структурными элементами.

определенного участка земной поверхности. Однако функционирование некоторых из них способно целенаправленно изменять экологическую ситуацию и/или обеспечивать ее стабилизацию в приемлемом диапазоне флуктуаций. Подобные объекты можно обозначить термином «**экологические регуляторы**», а ПТС, которые они регулируют, термином «**управляемые ПТС**». Границами ПТС в этом случае является пространство, в пределах которого экологический регулятор способен оказывать значимое влияние на экологическую ситуацию. Данный участок территории (акватории) также может рассматриваться как зона техногенеза технического объекта, выполняющего функцию экологического регулятора. Однако при ее выделении акцент делается на позитивные аспекты техногенеза.

Примером действующих экологических регуляторов являются гидротехнические сооружения (ГТС) среднего и крупного масштабов, а также гидроэнергетические комплексы (Федоров, Суздалева, 2014). Они защищают от неблагоприятных воздействий внешней среды (наводнений, засух) другие группы объектов-стейкхолдеров (территориальных и социальных).

На региональном уровне аналогичные регуляторные функции могут выполняться ирригационными и гидромелиоративными системами. Потенциально создание крупномасштабных управляемых ПТС возможно на основе различных видов производственной деятельности, связанных с подъемом глубинных вод Мирового океана, так называемыми «искусственными апвеллингами»). С их помощью можно регулировать не только биопродуктивность морских экосистем и хозяйств марикультуры (Безносов, 2000), но и изменять мезо- и макроклиматические условия (Безносов, 1998; Безносов, Суздалева, 2000а). Таким образом, формирование управляемых ПТС возможно на основе самых различных производственных объектов.

Результативность экологических регуляторов может целенаправленно повышаться путем их «экологической оптимизации», под которой подразумевается повышение значимости позитивных экологических аспектов организации (производственного объекта), при одновременном снижении

негативных[36]. Ранее концептуальные принципы и возможности экологической оптимизации была рассмотрены на примере объектов гидроэнергетики (Усачев и др., 2009; Суздалева и др., 2010/2011).

Экологическая оптимизация отчасти может осуществляться путем реконструкции действующих инженерно-технических сооружений или изменения режима их работы. В области гидроэнергетики такая деятельность в форме отдельных мероприятий, так называемых «нерестовых попусков», «экологических попусков» осуществляется уже достаточно давно (Раткович и др., 2003; Троицкий, 2003; 2006; Безносов и др., 2007а). Но **приоритетное значение имеет разработка способов экологической оптимизации на стадии проектирования новых объектов**. В случае с объектами гидроэнергетики уже на современном этапе их природоохранные и средозащитные функции[37] становятся частью проектного замысла. Следует отметить, что подобное видение проблемы полностью соответствует положениям международных стандартов, наиболее полно отраженных в Руководствах МФК (Руководства…, 2012).

В качестве особого вида экологических регуляторов следует выделить устройства, сооружения и инженерно-технические системы, специально создаваемые для экологической мелиорации окружающей среды. На современном этапе на их основе создаются только мелкомасштабные ПТС. Их примером могут служить различные способы инженерно-экологического обустройства городских водных объектов и рекреационных зон (Безносов и др., 2007в; Суздалева и др., 2012). Сюда же можно отнести и искусственные рифы, создаваемые с целью улучшения состояния акваторий.

---

[36]В контексте управляемых ПТС «экологическую оптимизацию» можно рассматривать и как повышение роли позитивных аспектов техногенеза.

[37]Природоохранная функция объекта гидроэнергетики (ГТС) реализуется в форме целенаправленных мероприятий по сохранению (улучшению состояния) природной среды и ее отдельных компонентов, проводимых силами и средствами его собственника (или организации, осуществляющей его эксплуатацию). Под средозащитной функцией объектов гидроэнергетики мы понимаем все аспекты их эксплуатации, прямо или косвенно способствующие снижению риска нанесения ущерба окружающей среде в результате негативного воздействия природных и техногенных факторов, а также снижения размеров этого ущерба.

Таким образом, **управляемые ПТС можно условно разделить на две категории**:

✓**специализированные** – спроектированные с целью регулирования и/или улучшения экологической ситуации;

✓**оптимизационные** – созданные в результате экологической оптимизации существующих инженерно-технических систем, сооружений и объектов.

Несмотря на планируемый позитивный эффект, формирование любых управляемых ПТС сопровождается значимым техногенезом окружающей среды. Пусть даже он протекает в наиболее «мягких» видах (природоустроительный, санационный, рекреационный техногенез). Даже в наиболее удачных случаях эта деятельность не подразумевает восстановление природных условий в первозданном виде, в том числе и ранее существовавших естественных экосистем. Ее основные цели заключаются в создании искусственно поддерживаемых условий, благоприятных для жизни человека и позволяющих сохранять биоразнообразие органического мира.

В связи с этим следует подчеркнуть, что мы рассматриваем создание управляемых ПТС не как отказ от традиционных форм охраны природы, а как альтернативное решение экологических проблем, которые можно рекомендовать только в тех случаях, когда иные способы недейственны и отсутствие эффективных мер неминуемо вызовет деградацию окружающей среды.

Непременным условием работы системы устойчивого функционирования регулятора управляемых ПТС является экономическая обоснованность данной деятельности, то есть определение финансовых источников, покрывающих затраты. В случае со специализированными управляемыми ПТС – это затратные мероприятия, окупаемость которых определяется их непосредственной востребованностью населением (социальными стейкхолдерами). Это может быть плата за посещение рекреационных объектов или финансирование из муниципального бюджета. Именно по этой причине создание крупномасштабных управляемых ПТС такого рода в современных условиях нереально.

Экономическая обоснованность функционирования регуляторов в оптимизационных управляемых ПТС определяется факторами, непосредственно не связанными с решением экологических проблем. Например, рентабельность ГЭС определяется экономическими показателями производства электроэнергии. Вместе с тем, экологическая оптимизация таких регуляторов требует дополнительного финансирования. Наиболее приемлемой формой решения данной проблемы является скоординированное использование государственного и добровольного экологического страхования, с привлечением частных компаний (Федоров, Суздалева, 2014). Это подразумевает идентификацию территориальных стейкхолдеров, входящих в управляемую ПТС, и установление степени их зависимости[38] от эффективной работы экологического регулятора.

Повышение экологической эффективности[39] и увеличение масштабов управляемых ПТС должно осуществляться путем последовательного создания иерархической системы регуляторов, что подразумевает их взаимодействие и совокупную экологическую оптимизацию. Наглядным примером является необходимость координации попусков на ГЭС, размещенных в крупном речном бассейне, части которого входят в зону юрисдикции различных стран. Иерархический принцип также должен распространяться и на случаи, когда отдельные регуляторы представлены различными по своему назначению объектами. Особенно это важно, когда зоны их регулирования перекрываются в пространстве или регуляторы способны заменять (дополнять) друг друга. Примером могут являться объекты гидроэнергетики и связанные с ними гидромелиоративные системы, а также крупномасштабные объекты по опреснению морской воды.

[38]Данная зависимость проявляется как снижение риска от неблагоприятных воздействий внешней среды для каждого конкретного стейкхолдера.

[39]Экологическая эффективность – связь между достигнутым экологическим результатом и использованными ресурсами (ГОСТ Р 14.12-2006 «Экологический менеджмент. Интегрирование экологических аспектов в проектирование и разработку продукции», пункт 3.14).

II. ТЕХНОГЕНЕЗ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

2.1. Отличительные черты, основные формы и экологические механизмы техногенеза водных объектов

Прежде чем перейти к анализу отдельных проявлений техногенеза водных объектов и оценке их экологических последствий, следует рассмотреть некоторые общие (концептуальные) черты этих процессов, характерные для современного этапа развития человеческой цивилизации.

Отличительными чертами техногенеза водных объектов в настоящее время **являются**:

❖**Техногенез водных объектов стал непременным условием развития социально-экономической структуры общества**. Техногенное изменение водоемов и водотоков практиковалось еще в древности, но в большинстве случаев водопользование осуществлялось без их трансформации. В настоящее же время трудно представить себе экономику какой-либо страны, которая могла бы развиваться без дальнейшего техногенеза своих водных объектов. Этот процесс носит многоплановый характер и практически неизбежен. Рост населения и производства обусловливает рост водопотребления. Его удовлетворение возможно только путем техногенеза водных объектов: строительства все новых водохранилищ, перераспределения стока и др. Кроме того, водные объекты используются как транзитные и очистные системы для отходов (Данилов-Данильян, Лосев, 2006). Глобальный сброс сточных вод составляет величину порядка 2000 км^3. Поэтому, даже в том гипотетическом случае, когда водопотребление удается стабилизировать, техногенез водных объектов будет неминуемо осуществляться для их защиты от избыточной антропогенной нагрузки, оказываемой извне. Для обозначения этого вида техногенеза, приобретающего все большее значение, ранее, в разделе 1.4, нами был предложен термин «природообустройственный техногенез».

❖**Техногенез водных объектов** все больше **становится составной частью крупномасштабного** (регионального и/или глобального) процесса **техногенеза окружающей среды**. Причинно-следственные связи данного процесса усложняются. Установить границы зоны техногенеза отдельного объекта становиться все труднее. Зачастую деятельность, вызывающая трансформацию водного объекта, осуществляется на значительном удалении от него. Отличительной чертой современного техногенеза является его распространение на открытые части морских водоемов. В предшествующие эпохи техногенез затрагивал лишь небольшие прибрежные акватории. Так, зарегулирование стока рек, впадающих в Черное море, привело не только к превращению их самих в регулируемые ПТС, но и спровоцировало изменение структуры водных масс и гидрохимического режима моря (Виноградов, 1987), то есть, по сути, привело к его техногенезу.

❖**Современный техногенез** в большинстве случае **носит комплексный характер**, то есть осуществляется при одновременном воздействии на водный объект нескольких разнородных факторов и/или при воздействии с несколькими различными целями. Например, превращение участка береговой линии в порт, как правило, включает не только изменение береговой линии и рельефа дна, но также и принципиальное изменение гидрологического режима. Кроме того, практически неизбежным является повышение уровня загрязненности вод.

❖**Характерной чертой** также **является социальная направленность техногенеза водных объектов**. Это связано с тем, что, в отличие от этапа индустриального техногенеза, в настоящее время все большее значение приобретает экологический имидж осуществляемой деятельности. Если он носит ярко выраженный негативный характер, протесты общественности рано или поздно приведут к ужесточению контроля и, как следствие, неминуемым финансовым потерям (Суздалева и др., 2006). Все люди являются водопотребителями и в какой-то мере водопользователями. Поэтому техногенез водных объектов воспринимается населением особенно остро. Для избежания конфликтных ситуаций хозяйствующие

субъекты, деятельность которых непосредственно связана с использованием водных ресурсов, стремятся включить в планы, связанные с техногенезом водных объектов, социально ориентированные мероприятия. Например, проекты ПЭС предусматривают возможность развития хозяйств марикультуры в защищенных от морского прибоя акваториях за их плотинами (Безносов и др., 2009). При возведении современных российских ГЭС, помимо строительства основных сооружений и организации водохранилища, предусматривается обустройство ООПТ, что также является разновидностью природообустройственного техногенеза. Такие объекты созданы в районах размещения Саяно-Шушенской, Бурейской и некоторых других ГЭС. Данная черта современного техногенеза водных объектов носит неоднозначный и, отчасти, противоречивый характер. С одной стороны, эти меры являются вынужденными и, в конечном счете, их истинная цель – обеспечение финансовой выгоды. Поэтому более правильно было бы обозначить этот процесс не как «социально направленный техногенез водных объектов», а как «техногенез с включением мер по повышению экологического имиджа вызывающей его деятельности». По этой причине весьма важна оценка и контроль результативности этих мер. В противном случае они превращаются в чисто декларативные заявления. С другой стороны, необходимость осуществления социально-ориентированных мероприятий при техногенезе водных объектов – это основная мотивация создания управляемых ПТС, способных сохранить благоприятную среду обитания. С этой точки зрения эффективные действия в данном направлении нуждаются в поддержке научной общественности.

❖**Принципиальным отличием современного техногенеза является то, что** в настоящее время, **благодаря ему, происходит** не только трансформация отдельных водных объектов, а **постепенное изменение структуры гидросферы в целом**. Данный процесс имеет две составляющие. Во-первых, это возможные изменения океанической циркуляции и водности речных систем, связанные с глобальными климатическими изменениями. Вопрос о природе этих явлений, то есть степени

их техногенности, остается дискуссионным, а прогнозирование последствий носит скорее гипотетический характер. По этим причинам в монографии общетеоретические вопросы, касающиеся данной темы, не обсуждаются, анализируются лишь ее отдельные аспекты, уже ставшие фактором, оказывающим значимое воздействие на состояние и характер эксплуатации водных объектов. Во-вторых, изменение структуры гидросферы происходит путем изменения состава и характера пространственного размещения слагающих ее элементов в ходе осуществляемых или планируемых конкретных видов деятельности. Их примером является переброска стока крупных рек, искусственное нарушение режима стратификации водоемов и др. Этим процессам в монографии, напротив, уделено значительное внимание.

Многоплановость использования ресурсов гидросферы **и** разнообразие **технологий** деятельности, применяемых в ходе реализации данной цели, **порождают многообразие форм и экологических механизмов техногенеза**.

Под формой техногенеза[40] **мы понимаем общую картину внешнего проявления данного процесса.** С этой точки зрения **все многообразие** наблюдаемых **явлений можно свести к следующим основным формам:**

❖**Прямой неконтролируемый техногенез водных объектов** в большинстве случаев проявляется как совокупность различных видов спонтанно оказываемых на них техногенных воздействий. Примерами данной формы техногенеза является самовольное хозяйственное освоение прибрежной зоны, в том числе несанкционированный сброс в водные объекты загрязнителей, бытовое загрязнение и засорение водных объектов без принятия природоохранных мер.

❖**Дистанционный техногенез водных объектов** – изменение состояния водного объекта под воздействием факторов, формирующихся на значительном удалении от него в ходе деятельности, не связанной с эксплуатацией водного объекта. К данной форме техногенеза относятся такие

[40]В то время как вид техногенеза, характеризует одну из сторон данного процесса.

разнородные явления как урбанизация водосборных бассейнов, выпадение кислотных дождей (Моисеенко, 2003). Сюда же можно отнести и все случаи трансформации водных объектов, обусловленные техногенными изменениями нормы осадков, а также других климатических условий, связанных с развитием парникового эффекта. Эта форма техногенеза в современных условиях также не контролируется.

❖**Сопутствующий техногенез водных объектов** – трансформация водного объекта, происходящая в ходе осуществляемой в нем деятельности, в непосредственные цели которой не входит его изменение. Примером может служить техногенез акватории, прилегающей к участкам подводной добычи полезных ископаемых или крупномасштабных хозяйств морской аквакультуры (марикультуры).

❖**Целенаправленный техногенез** – преднамеренная трансформация водного объекта, осуществляемая по определенному плану (проекту, программе) с целью использования его ресурсов. Характерным примером данной формы техногенеза является организация водохранилищ ГЭС и зарегулирование стока рек. На современном этапе данная форма техногенеза в отношении водных объектов крупного и среднего масштабов, как правило, контролируется.

Адаптируя определение, данное в п. 7.2.2.3 ГОСТ Р ИСО 14050-2009[41], применительно к рассматриваемому случаю, мы **под термином «экологический механизм техногенеза» подразумеваем систему техногенных воздействий, а также физических, химических и биологических процессов, определяющих совокупное воздействие на состояние водного объекта и динамику его изменения**.

В качестве основных экологических механизмов техногенеза мы **рассматриваем**:

❖**Деградационный механизм техногенеза водного объекта** сопровождается утратой его рыбохозяйственного, водохозяйственного, рекреационного и видеоэкологического

[41]ГОСТ Р ИСО 14050-2009 Менеджмент окружающей среды. Словарь.

потенциалов, а также снижением биоразнообразия водной биоты. Подобный экологический механизм заключается не только в негативном техногенном воздействии, но и в провоцировании им различных внутриводоемных процессов, в т.ч. и биологических. Например, широко распространен следующий экологический механизм данного вида техногенеза: эвтрофирование водного объекта стоками промышленного предприятия вызывает «цветение вод», отравление гидробионтов экзометаболитами водорослей и продуктами их разложения, и как следствие – последующие заморы рыб.

❖**Модифицирующий механизм техногенеза** подразумевает искусственное создание условий, благоприятных для развития определенных групп организмов или даже обусловливающих саму возможность их существования[42]. Практически всегда это приводит к значимым изменениям ранее существовавшей экосистемы. Но, в отличие от предшествующего механизма, эти процессы не вызывают экологической деградации водного объекта. Примером могут служить как различные мероприятия по интродукции различных видов «полезных» для эксплуатации водных объектов (растительноядные рыбы и др.), так и многочисленные непреднамеренные биологические инвазии, спровоцированные технической деятельностью человека.

❖**Креативный механизм техногенеза** заключается в создании новых водных объектов, многие из которых впоследствии превращаются в природно-техногенные, обладающие высокопродуктивной экосистемой с высоким биоразнообразием. Их примеры мы уже приводили, рассматривая креативный техногенез как один из видов данного процесса (см. разд. 1.4). Креативный экологический механизм бывает двух различных видов: спонтанный, когда заселение биотой созданного водного объекта происходит самопроизвольно и контролируемый (управляемый). В последнем случае формирование биоты нового водного объекта

[42]Например, теплолюбивые виды вселенцы, обитающие в водоемах-охладителях АЭС, и гибнущие в периоды понижения температуры, обусловленной изменением режима работы электростанции (Коткин, 2012)

происходит по определенной схеме и преследует конкретные цели.

❖**Поддерживающий механизм техногенеза**, основанный на создании и работе системы инженерно-экологического обустройства, позволяющей сохранять (поддерживать) благополучное экологическое состояние[43] конкретного водного объекта, в том числе участка морской акватории[44]. Поддерживающий экологический механизм техногенеза наиболее характерен для обустроенных городских водных объектов рекреационного назначения (Безносов и др., 2007в).

❖**Управляющий механизм техногенеза** – включение водного объекта в качестве компонента в управляемую ПТС (см. разд. 1.5). В отличие от «поддерживающего механизма», управление состоянием водного объекта осуществляется не его собственной системой инженерно-экологического обустройства или не только ей, а регулятором ПТС. Примером управляющего экологического механизма техногенеза могут служить некоторые современные речные системы, регулируемые каскадами ГЭС, с учетом природоохранных задач (Троицкий, 2003; 2006; Безносов и др., 2007а).

2.2. Экологическая мелиорация водных объектов и основные виды их инженерно-экологического обустройства

Поддерживающий, управляющий и управляемый креативный механизмы техногенеза подразумевают осуществление специальных мер, преследующих целью контролирование экологического состояния водного объекта, его сохранение на приемлемом уровне или улучшение. В совокупности применяющиеся для этого различные способы получили название **«экологическая мелиорация»** (от лат. «мелиоратио»

[43]Под сохранением благополучного состояния в данном случае, прежде всего, подразумевается соответствие состояния данного объекта требованиям санитарных норм, сохранение водохозяйственного и рекреационного потенциалов, а не восстановление ранее существовавшей в нем экосистемы.

[44]Согласно статье 5 (п.2) Водного кодекса РФ, в качестве водного объекта может рассматриваться отдельная часть морского водоема (например, залив).

– улучшение) водного объекта. Разновидностью экологической мелиорации является **«экологическая реабилитация»**, под которой подразумевается восстановление деградировавших водных объектов. Как правило, это осуществляется путем их санационного техногенеза. В ряде случаев экологическая мелиорация (экологическая реабилитация) подразумевает мероприятия по **экологической реанимации**, т.е. «оживление» водного объекта путем вселения и акклиматизации в нем определенного набора организмов. При этом биота реанимированных водоемов по своему составу может принципиально отличаться от их первоначального населения. Например, при восстановлении малых городских водных объектов в них часто вселяются виды водных растений и животных, не характерные для данного региона.

Экологическая мелиорация водных объектов может осуществляться в форме:

- природообустройственного или санационного техногенеза. Для обозначения данной деятельности используется обобщающий термин «инженерно-экологическое обустройство водных объектов» (Безносов и др., 2004; Суздалева, Горюнова, 2004), включающий широкий спектр различных методов, которые объединяет то, что по своей сути все они представляют не что иное как целенаправленный техногенез;
- биомелиорации, то есть улучшения состояния водных объектов путем искусственного разведения в них или вселения определенных организмов (путем биотического техногенеза)[45];
- креативного техногенеза водного объекта, заключающегося в планомерном создании нового экологически благополучного водного объекта.

❖**Природообустройственный техногенез** занимает доминирующее положение и **реализуется в виде инженерно-экологического обустройства водных объектов**, то есть

[45]В ГОСТ 17.1.1.01 -77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения» (пункт 51) под биомелиорацией (биологической мелиорацией водного объекта) понимается улучшение состояния водного объекта при помощи биологических мероприятий. Содержание этих мероприятий не раскрывается, в связи с чем возможно и более шировое толкование данногот термина.

решения экологических проблем с помощью инженерно-технических средств. Среди широкого спектра использующихся методов можно выделить несколько основных видов (Суздалева, 2005; Безносов и др., 2007в)[46]:

- **охрана** – осуществление инженерно-технических мероприятий, обеспечивающих соблюдение установленного регламента хозяйственной деятельности на водных объектах. Например, это организация водоохранных зон и создание системы контроля за соблюдением их режима;
- **защита** – научно обоснованные инженерно-технические решения, позволяющие изолировать, локализовать источник и/или снизить уровень воздействия неблагоприятного фактора (загрязнения, истощения, подтопления и др.). К числу таких мер можно отнести строительство очистных сооружений поверхностного стока, инженерно-экологическое обустройство различных объектов в прибрежной зоне водоема и его водосборного бассейна, представляющих собой реальные или потенциальные источники ухудшения качества водной среды (свалки, кладбища и т. п.);
- **изоляция** – инженерное обустройство водного объекта или техногенного скопления вод (см. разд. 2.3), исключающее или ограничивающее доступ к нему населения. В отличие от «защиты», которая осуществляется для снижения негативного воздействия на водный объект, целью «изоляции» является недопущение (ограничение) контакта людей с водами, представляющими угрозу для их здоровья. В данном случае объектом инженерно-экологического обустройства является не только (или даже не сколько) сам водоем, а территория, на которой он расположен. Наиболее распространенным случаем изоляции является заключение в подземные водоводы загрязненных городских рек (или их участков);
- **кондиционирование**, которое можно также назвать технической мелиорацией водных объектов, то есть

[46]Очевидно, что не все из перечисленных методов направлены на экологическую мелиорацию водных объектов. Для некоторых из них эта задача носит второстепенный, побочный характер. Ликвидация нежелательных водных объектов и техногенных водных скоплений в ряде случаев может рассматриваться как мероприятие по экологической мелиорации территории.

использование различных устройств и сооружений для улучшения и поддержания качества их вод. Современный арсенал способов кондиционирования вод весьма широк. В качестве примеров можно упомянуть использование разнообразных аэраторов (Рябов, Сиренко, 1982; Хендерсон-Селлерс, 1987), использование для мелиорации водной среды искусственных апвеллингов и даунвеллингов (Безносов и др., 1999; Пшеничный, Безносов, 2006), создание систем искусственной циркуляции и очистки вод (Волшаник и др., 2003);

- **консервация** – комплекс инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение облика водного объекта, существующего в данный момент времени. Этот вид деятельности включает меры по поддержанию санитарно-гигиенических показателей и профилактический ремонт гидротехнических сооружений, обеспечивающий существование данного объекта (плотин, шлюзов и др.). Консервация может применяться в случаях, когда улучшение состояния водного объекта невозможно или нецелесообразно по экономическим или социальным причинам;
- **реставрация** – деятельность, целью которой является придание водному объекту облика, свойственного ему в конкретную историческую эпоху. Реставрация может осуществляться только при условии наличия исторических документов, подтверждающих архитектурно-композиционный облик водного объекта. В отличие от реабилитации, реставрация включает работы по восстановлению строений, гидротехнических сооружений, элементов паркового дизайна, формирующих исторический облик данного водоема. Как правило, этот вид инженерно-экологического обустройства применяется к небольшим водным объектам;
- **реконструкция** – инженерные мероприятия, целью которых является приспособление водного объекта к современным условиям с сохранением его исторических или мемориально-ценных элементов. Реконструкция применяется в двух случаях. Во-первых, для обустройства частично или плохо сохранившихся исторически ценных водных объектов, когда достаточно обоснованные архивные документы, детально

описывающие их облик в прошлые эпохи, отсутствуют. В этом случае при выполнении реконструктивных работ допускается использование аналогов. Во-вторых, проведение реконструкции водного объекта бывает необходимо тогда, когда условия, сформировавшиеся на окружающей его территории, делают невозможным его дальнейшее существование без проведения специальных инженерно-технических мероприятий. К числу последних можно отнести, например, подпитку водных объектов из системы городского водоснабжения, организацию искусственной циркуляции и др.;

➢**ликвидация** – комплекс инженерно-технических мероприятий, целью которых является уничтожение нежелательного водного объекта (техногенного скопления вод). Решение о ликвидации водоемов или водотоков обычно принимается в двух случаях: необходимость использования участка его размещения под строительство[47] или опасность существования данного объекта с санитарно-эпидемиологической точки зрения (Горюнова и др., 2007).

Подобное разделение видов инженерно-экологического обустройства во многом носит условный характер. На практике обычно используется комплекс решений, представляющих собой комбинацию различных способов.

❖**Методы биомелиорации** водных объектов также достаточно разнообразны. Они основаны, главным образом, на двух различных биологических процессах:

способности водных организмов извлекать из воды и аккумулировать в своем теле различные загрязнители;

использование одних организмов для уничтожения (или контроля численности) других нежелательных организмов, которые служат им пищей.

В качестве основных направлений биомелиорации водных объектов следует указать:

➢**создание** по пути водных потоков **защитных барьеров из зарослей высшей водной растительности**, задерживающих

[47]На современном этапе ликвидации по этой причине подлежат не только небольшие водоемы, попавшие в черту городской застройки, но и прибрежные участки рек и морей, засыпаемые под строительство.

значительную часть загрязнителей и эвтрофикантов (Морозов, 2001);

➢**акклиматизация растительноядных рыб**, снижающих последствия эвтрофикации водных объектов (главным образом, их зарастание высшей водной растительностью);

➢**организация** объектов **санитарной и санационной**[48] **аквакультуры** водорослей и животных-фильтраторов с целью изъятия из воды растворенных и взвешенных загрязняющих агентов;

➢строительство **искусственных рифов**, выполняющих функции «живых фильтров», благодаря доминированию в них организмов-фильтраторов.

Таким образом, по сути, биомелиоративные мероприятия являются процессами биотического санационного и природообустройственного техногенеза.

❖**Креативный техногенез** водного объекта может рассматриваться как одно из направлений экологической мелиорации только тогда, когда единственным возможным путем является ликвидация существовавшего водного объекта и последующее создание на этом же участке нового водного объекта. Необходимость подобных решений возникает в следующих случаях:

➢Водный объект находится на финальной стадии экологической деградации и его восстановление без временной ликвидации практически невозможно. Примером могут являться некоторые водоемы, располагавшиеся в промышленных зонах развитых стран. Их осушали, извлекали и вывозили сильно загрязненные донные отложения, затем осуществлялась многократная промывка ложа. После этого котловина заполнялась водой (зачастую из другого источника, чем у ранее существовавшего

[48]Различие санационной и санитарной аквакультуры заключается в том, что цель первого из этих мероприятий – закономерное улучшение качества вод до приемлемого уровня. Целью санитарной аквакультуры является поддерживание качества водной среды на определенном (приемлемом, благополучном) уровне. По этой причине возможно двустадийная биомелиорация, на первом этапе которой организуется санационная аквакультура, на последующем этапе – санитарная (Калугина-Гутник, 1985). С точки зрения рассматриваемой нами проблемы эти мероприятия являются примером «санационного техногенеза» (см. разд. 1.3), а в дальнейшем – примером «поддерживающего механизма техногенеза».

водного объекта). Экологическая реанимация нового водоема производилась теми же методами, что и формирование любого другого нового водоема, то есть наблюдался экологический механизм управляемого креативного техногенеза.

➢Задачей является экологическая мелиорация отдельного участка водного объекта, восстановление которого в целом невозможно. Например, в нашей практике присутствовал случай, когда на территории природно-исторического объекта (музей-заповедник «Коломенское») необходимо было восстановить небольшой сохранившийся участок городской реки, остальная часть которой протекает по подземным трубопроводам и выполняет функции городской ливневой канализации. Единственно возможным путем решения проблемы в подобной ситуации является создание так называемого «**имитационного водоема**» (Безносов и др., 2007в). Подлежащий обустройству участок реки изолируется от водотока, частью которого он был (в нашем случае это было осуществлено отводом вод реки на очистные сооружения). Осушенный участок русла был очищен и промыт, после чего заполнен водой из городского водопровода. Течение воды в созданном имитационном водоеме поддерживается системой искусственной циркуляции. Стекающая по уклону вода по скрытым трубопроводам вновь закачивается на верхний участок. Экологическая реанимация и в этом варианте осуществляется так же, как и в новых водных объектах, создаваемых в рекреационных целях.

В настоящее время подобные проекты еще не имеют обобщающей научной базы, для разработки которой потребуется формирование новой научной дисциплины, которую можно было бы назвать «**конструкционной экологией**». Ее предмет – закономерности конструирования природно-техногенных компонентов окружающей среды с заданными свойствами, в т.ч. создание управляемых ПТС. Следует отметить, что востребованность данного направления и его предмет в настоящее время уже выходят за рамки инженерно-экологического обустройства водных объектов. Например, в городах на участках полностью уничтоженного

почвенного покрова осуществляются попытки создать так называемые конструктоземы (Строганова и др., 1997). В отличие от мероприятий по рекультивации почв, в данном случае искусственно создается весь почвенный профиль, состоящий из нескольких горизонтов, способный выполнять роль экологически полноценной почвы в условиях современного мегаполиса.

2.3. ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ, ТЕХНОГЕННЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ТЕХНОГЕННЫЕ СКОПЛЕНИЯ ВОД

Результатом техногенеза гидросферы являются природно-техногенные и техногенные водные объекты. Адаптация определений терминов «природно-антропогенный объект» и «антропогенный объект», приведенных в статье 1 ФЗ «Об охране окружающей среды», позволяет сформулировать смысл этих понятий следующим образом:

- «**природно-техногенный водный объект**» – водный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) водный объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного водного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение»;
- «**техногенный водный объект**» – водный объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных водных объектов».

Однако, как показал опыт практической работы, эти формулировки нуждаются в некотором уточнении. Во-первых, при работе с небольшим водоемом нередко возникает вопрос, следует ли считать его водным объектом или нет? Как ни парадоксально это звучит, данная проблема весьма важна при решении многих производственных и хозяйственных задач. Согласно определению, данному в статье 1 (п.4) ВК РФ[49]: «водный объект – природный или искусственный водоем, водоток либо иной объект, постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы и признаки водного режима». Закономерно возникает вопрос: где,

[49]Водный кодекс РФ от 03.06.2006 г.; 74-ФЗ.

например, проходит граница между большой лужей, периодически образующейся в углублении рельефа, и водным объектом? Ведь «водный режим», по определению, содержащемуся в п.5 той же статьи ВК РФ, – это «изменение во времени уровня, расхода и объема воды в водном объекте». В результате, если небольшой пруд не имеет статуса водного объекта, то при разработке проектной документации или работах по благоустройству территории он может быть ликвидирован. Если же он имеет подобный статус – то такие действия противозаконны. Решение данного вопроса основывается на факте внесения водоема в Водный кадастр.

Следует отметить также и то, что существование некоторых техногенных водных объектов, возникших в ходе различных видов деятельности, впоследствии может стать нежелательным (Горюнова и др., 2007). Они могут представлять собой угрозу для здоровья и жизни людей, как непосредственно, так и как источники инфекционных заболеваний. Для разрешения этой терминологической и эколого-правовой проблемы мы предлагаем ввести дополнительное понятие «**техногенное скопление вод**», понимая под ним временное или постоянное сосредоточение вод, прямо или косвенно образовавшееся в результате деятельности человека и не имеющее официального статуса водного объекта. Подобные скопления образуются как побочные явления. Например, небольшие по размерам, но весьма многочисленные скопления вод и заболоченные участки, образующиеся у железнодорожных и автомобильных насыпей, задерживающих сток дождевых и талых вод. К данной категории также можно отнести заброшенные и заполненные водой котлованы, самовольно организованные дренажные канавы, бассейны и даже затопленные подвалы. Техногенные скопления вод сами по себе не являются результатом техногенеза водных объектов, как и искусственно созданные природно-техногенные водные объекты, но, вместе с тем, они способны оказывать значимое влияние на этот процесс. Большинство техногенных скоплений вод так или иначе связано с водоемами и водотоками, а также с процессом формирования подземных вод. Например, временная задержка воды в лужах, образующихся на асфальтобетонных городских покрытиях,

может существенно повлиять на гидрохимические и микробиологические характеристики поверхностного стока, сбрасываемого в реки (Митяева, 2012).

III. ПРОЦЕСС ТЕХНОГЕНЕЗА КОНТИНЕТАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

3.1. Основные причины техногенеза, его проявления и тенденции развития

Существует две основных группы континентальных поверхностных водных объектов, имеющих приоритетное значение в жизни человека и в наибольшей степени подверженные процессам техногенеза – это водотоки (реки, ручьи, каналы) и водоемы (озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища)[50]. **Техногенез этих континентальных водных объектов может быть как прямым, так и косвенным.**

Экологический механизм **прямого неконтролируемого техногенеза** практически всегда **деградационный** (табл. 3.1). Как уже указывалось ранее, он проявляется в загрязнении и засорении водных объектов, а также в возникновении бесхозных гидротехнических сооружений и конструкций. К этой же категории явлений можно также отнести спонтанное и преднамеренное создание техногенных водных скоплений. Но, в данном случае, последствием является не деградация водного объекта, а экологическая деградация участка окружающей среды, где эти скопления возникают.

Таблица 3.1. **Основные виды и формы проявления, экологические механизмы и тенденции развития техногенеза водных объектов**

Основные виды и формы проявления	Экологические механизмы	Тенденции развития
Прямой	деградационный	экологическая деградация

[50]Согласно статье 5 ВК РФ, выделяется еще три самостоятельных группы континентальных поверхностных водных объектов: болота, выходы подземных вод (родники, гейзеры), а также ледники и снежники. Они также подвержены процессам техногенеза. Например, некоторые гейзеры подвергаются целенаправленному рекреационному техногенезу (Суздалева и др., 2010). Кроме того, все эти объекты связаны с водотоками и водоемами. Исследование закономерностей их техногенеза, вне всякого сомнения, весьма актуально. Однако, в силу меньшей изученности и ограниченности объема работы, в настоящей монографии эти вопросы не рассматриваются.

неконтролируемый техногенез		
Прямой целенаправленный и сопутствующий техногенез	деградационный	экологическая деградация
	модифицирующий	экологическая деградация
	поддерживающий	экологическая оптимизация при условии работы системы инженерно-экологического обустройства водного объекта
	креативный	экологическая деградация или экологическая оптимизация в зависимости от наличия/отсутствия специальных мер по регулированию состояния водного объекта
	управляющий	экологическая оптимизация
Косвенный дистанционный техногенез	деградационный	экологическая деградация

Контролируемый прямой техногенез, проявляющийся **в форме как целенаправленного, так и сопутствующего техногенеза** (см. разд. 2.1), осуществляется в ходе развития различных отраслей водного хозяйства, основными из которых являются (Арсеньев, 2005; Данилов-Данильян, Лосев, 2006):

- водоснабжение городов и поселков, промышленных и энергетических предприятий (тепловых и атомных электростанций);
- ирригация – использование воды для орошения земель;
- отвод сточных вод;
- гидроэнергетика – использование энергии воды для получения электроэнергии;
- водный транспорт – использование воды для судоходства и лесосплава;
- рыбное хозяйство – разведение и лов рыбы;
- организации отдыха населения (рекреаций).

Техногенез, обусловленный каждым из перечисленных направлений, имеет свою специфику. Вместе с тем, **общими чертами** во всех случаях **являются**:

- Санкционированное органами власти и подконтрольное им использование водных ресурсов. В результате данной деятельности, как правило, сопутствуют контролируемые и/или детерминированные виды техногенеза.
- Строительство гидротехнических сооружений и ИТС, непосредственно контактирующих с водными объектами и обусловливающих их трансформацию (в том числе строительство водозаборов, плотин, дамб, причалов, каналов, углубление дна водных объектов, спрямление русел и др.).
- Возможность экологической оптимизации данных сооружений и ИТС, а также использование их в качестве регуляторов управляемых ПТС (см. раздел 1.5).

Экологический механизм прямого целенаправленного и сопутствующего техногенеза, в зависимости от организации конкретной деятельности, может колебаться от деградационного (без принятия специальных мер по управлению им) до управляющего (табл. 3.1).

Косвенный техногенез континентальных водных объектов обусловлен, главным образом, техногенной трансформацией их водосборных бассейнов (урбанизацией, вырубкой лесов и др.). Другим распространенным примером являются случаи отложения наносов в нижнем течении рек, вызванные различными видами деятельности в их верховьях (углубление русел и др.). В большинстве случаев эти явления проявляются в форме дистанционного техногенеза. Экологический механизм данного вида техногенеза также деградационный. В определенной мере, как проявление косвенного дистанционного техногенеза можно рассматривать изменение объема вод, поступающих с водосборных бассейнов, связанное с развитием парникового эффекта.

На современном этапе существуют две тенденции развития техногенеза водных объектов, которые являются альтернативными.

Первая тенденция, в настоящее время преобладающая, **заключается в развитии процессов техногенной экологической деградации**. Эта тенденция свойственна практически всем основным формам техногенеза в том случае, если не предпринимается специальных мер, регулирующих данные процессы (табл. 3.1). В полной мере это относится и к искусственно созданным водным объектам, превратившимся в природно-техногенные. Иными словами, целенаправленный креативный техногенез водных объектов не исключает их последующей экологической деградации. Более того, подобные объекты при отсутствии специальных мер в наибольшей степени подвержены негативным изменениям.

Вторая тенденция – **создание управляемых ПТС** на основе экологической оптимизации гидротехнических и инженерно-технических сооружений и использования их в качестве регуляторов экологического состояния водных объектов (или в более широком понимании – участков окружающей среды в границах управляемой ПТС). Для краткости в таблице 3.1. мы обозначим ее термином «**экологическая оптимизация**». На современном этапе данная тенденция только зарождается и осуществляется в форме отдельных проектов, не имеющих

обобщающей научной базы. Вместе с тем, необходимость развития именно по этому пути уже укрепляется в менталитете специалистов, руководителей и населения. По этой причине попыток реализовать идею управляемого экологически ориентированного техногенеза[51], как мы увидим из материалов последующих разделов, предпринималось и предпринимается достаточно много.

Таким образом, **при осуществлении прямого целенаправленного или сопутствующего техногенеза** практически **всегда существует** потенциальная **возможность** сознательного **выбора** той или иной **тенденции развития экологических последствий: «экологической деградации» или «экологической оптимизации».**

[51]Очевидно, что словосочетание «экологически ориентированный техногенез» звучит несколько парадоксально (как и некоторые другие суждения, высказываемые в монографии) и по этой причине нуждается в пояснении. В данном случае имеется в виду учет последствий техногенеза и их оптимизация (или минимизация). По смыслу это понятие аналогично нередко использующемуся сейчас термину «экологически ориентированная технология».

В случаях косвенного и стихийного техногенеза развитие процесса экологической деградации[52] также может быть предотвращено. Однако это осуществляется не путем экологической оптимизации вызывающих ее видов деятельности, а контролированием и/или ликвидацией последствий (например, прекращением несанкционированного засорения, очисткой дна водных объектов, демонтажом бесхозных ГТС и др.).

Рассмотреть все варианты техногенеза водных объектов в рамках настоящей работы невозможно по причине как многообразия самих этих объектов, так и видов деятельности, обусловливающих их техногенез. Поэтому мы ограничились рассмотрением некоторых наиболее распространенных и интересных случаев, которые в соответствующих разделах III и IV главы обозначены как «типовые варианты техногенеза». При анализе каждого из них особое внимание уделялось значимым аспектам техногенеза водных объектов и возможностям (перспективам) их экологической оптимизации.

3.2. Обзор типовых вариантов техногенеза континентальных водных объектов

3.2.1. Зарегулированные речные системы

3.2.1.1. Общая характеристика

На современном этапе это наиболее известный, масштабный и значимый пример целенаправленной формы техногенеза водных объектов. В настоящее время большинство водных систем зарегулировано (Данилов-Данильян, Лосев, 2006; Сухоруких, 2006). Под регулированием стока, как правило, подразумевается искусственное перераспределение естественного стока в соответствии с нуждами водопотребления и водопользования (Иванов, Неговская, 1979; Железняков и др., 1984; Савичев и др., 2009). Основными регуляторами стока

[52]Как будет показано в главе VI экологическая деградация водных объектов представляет собой многоступенчатый процесс, в котором можно выделить ряд этапов, на каждом из которых данный процесс может быть остановлен и предприняты соответствующие этой степени деградации меры по восстановлению благоприятной ситуации.

служат водохранилища, создаваемые подпруживанием рек плотинами с сооружениями, осуществляющими контролируемый попуск вод.

Водоемы и водотоки, входящие в зарегулированные искусственным образом[53] водные системы, уже являются не природными объектами, а представляют собой ПТС, экологическое состояние которых определяется комплексом как естественных, так техногенных факторов. При этом восстановления исходного состояния водных систем (существовавшего до зарегулирования стока) после устранения техногенных факторов, определяющих их гидрологический режим, произойти не может (Авакян и др., 2002; Раткович и др., 2003). Например, после спуска водохранилищ ГЭС осушенная площадь будет представлять собой заболоченное пространство, покрытое мощным слоем загрязненных отложений.

Интенсивное развитие гидроэнергетики, осуществлявшееся на протяжении XX века, в современной экологической литературе рассматривается как один из наиболее значимых факторов экологической деградации водных объектов (Данилов-Данильян и др., 1994; Большая Волга, 1994; Авакян, Подольский, 2002). Основанием для подобного заключения служит комплекс общеизвестных негативных последствий, обусловленных зарегулированием стока рек, возникновением труднопреодолимых препятствий на пути миграции ценных видов рыб, их гибелью в турбинных трактах ГЭС (Павлов и др., 1999), а также затоплением и подтоплением обширных участков земель.

В искусственно созданных водохранилищах возникли особые условия, позволяющие одновременно существовать водным массам с различным генезисом и биотическими характеристиками (Буторин, 1969). Часть водного объема водохранилищ, так называемые «транзитные водные массы», формируются за пределами их акватории. В условиях

[53]Существует также такое понятие как «естественное регулирование стока», происходящее путем временной аккумуляции воды в периоды паводков и половодий в поймах, прибрежных понижениях рельефа, болотах и проточных озерах (Железняков и др., 1984). В связи с этим необходимо подчеркнуть, что, рассматривая последствия регулирования стока, мы имеем в виду исключительно искусственное (точнее – техногенное) регулирование.

гидроэнергетических комплексов (каскадов ГЭС) гидрохимические и гидробиологические параметры этих вод в их нижних участках зачастую определяются режимом функционирования ГЭС, расположенных выше по течению. Данное явление следует рассматривать как особую разновидность дистанционной формы техногенеза (см. раздел 2.1). В прибрежной зоне водохранилищ образуются «автохтонные водные массы», условия в которых определяются, главным образом, местными локальными факторами.

В результате биота зарегулированных речных систем существенно изменилась (Мордухай-Болтовской, 1961; Водохранилища…, 1976; Кожевников. 1978). Численность многих мигрирующих видов катастрофически снизилась. На подпруженных участках водотоков уменьшилось количество реофилов. Напротив, благодаря возникновению обширных водохранилищ были созданы новые биотопы для эврибионтных видов озерно-прудового комплекса. Характер пространственного распределения пелагических и бентических биоценозов в водохранилищах во многом определяется гетерогенностью слагающих их водных масс. Эвтрофирование, сопутствующее образованию водохранилищ, и стагнация вод стали причиной периодических «цветений» воды. Речной сток является важным этапом биогеохимических циклов многих элементов, и его зарегулирование оказало значимое влияние и на эти процессы.

Существенные изменения претерпели и наземные экосистемы, расположенные на прибрежных, особенно пойменных участках (Влияние водохранилищ…, 1970; Водохранилища…, 1976; Шарапов, 1979; Петров, 1981; Пилипенко и др., 2006). Во многих случаях образование водохранилищ сопровождалось существенными изменениями почвенного покрова и рельефа береговой зоны, ее ландшафтной структуры и гидрогеологии. Зарегулирование стока рек вызвало значимые изменения и в состоянии некоторых морских водных объектов[54]. Таким образом, границы зоны техногенеза в данном случае далеко выходят за пределы самих зарегулированных

[54]Этой важной проблеме посвящен отдельный раздел монографии 4.2.6.

водных объектов, приобретая межрегиональные масштабы. Отдельные последствия зарегулирования стока представляют собой практически весь спектр видов техногенеза: от локального физико-химического и биотического до межрегионального биогеохимического (см. раздел 1.4).

Преобладающими экологическими механизмами техногенеза, при зарегулировании стока в эпоху бурного развития гидроэнергетики в первой половине XX века, являлись «модифицирующий» и «деградационный» (см. табл. 3.1), вызвавшие деградацию многих водных и наземных экосистем. По этой причине в сознании людей сформировалось устойчивое мнение о том, что строительство и эксплуатация ГЭС – это один из видов деятельности, наносящих значительный ущерб природной среде. Иными словами, объекты гидроэнергетики и большинство других ГТС[55], регулирующих сток, являются источниками регионального деградационного техногенеза. В свое время такой взгляд на проблему был в значительной мере оправдан. Но в современных условиях подобный односторонне-негативный подход к экологической роли ГЭС затрудняет разработку эффективных природоохранных мероприятий, основанных на учете и использовании позитивных явлений, также сопутствующих эксплуатации гидроэнергетических объектов (Асарин, 1982; Троицкий 2003; 2006; Безносов и др., 2007а). Признание данного факта обусловливает возникновение альтернативной концепции. Ее суть заключается в том, что ГЭС путем их экологической оптимизации потенциально могут быть использованы для улучшения экологического состояния водных объектов (Суздалева и др., 2010/2011). С этой точки зрения объекты гидроэнергетики и их комплексы рассматриваются как регуляторы управляемых ПТС регионального масштаба (Федоров, Суздалева, 2014), а экологический механизм техногенеза является «управляющим» (см. табл. 3.1). Очевидно, что подобный подход к решению проблемы требует ломки ряда устойчивых стереотипов мышления, складывавшихся на протяжении многих десятилетий.

[55]В дальнейшем мы будем обозначать их как «регулирующие ГТС».

3.2.1.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации

Деятельность по экологической оптимизации ГЭС (гидроэнергетических комплексов, регулирующих ГТС) может одновременно проводиться в нескольких различных направлениях, соответствующих основным потенциально позитивным эффектам их строительства и эксплуатации, которые в контексте изучаемой проблемы в большинстве случаев можно рассматривать и как «позитивные аспекты техногенеза»:

❖**Становление регулируемых водохозяйственных систем, обеспечивающих водопотребление и водопользование всех групп стейкхолдеров.** В целом данный аспект можно рассматривать как пример целенаправленного креативного техногенеза (табл. 3.2). Уже неоднократно отмечалось, что для комплексного решения водохозяйственных проблем почти всегда требуется регулирование речного стока (Железняков и др., 1984). Иными словами, в современном мире зарегулирование стока постепенно превращается из негативного последствия организации гидроэнергетических каскадов в необходимое условие рационального водопользования. Это положение соответствует и действующей законодательной базе. Так, согласно определению, данному в ВК РФ (ст. 1, п.11), «**водохозяйственная система** – комплекс водных объектов и предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов гидротехнических сооружений». Таким образом, в основном документе, регулирующем общественные отношения в сфере водопользования, по сути, указывается на то, что рациональное использование водных ресурсов в современных условиях осуществляется на основе техногенеза водных объектов.

Следует обратить внимание на то, что так называемые «неэнергетические участники» (предприятия промышленного и коммунального водоснабжения, рыбное хозяйство и др.) водохозяйственных систем (ВХС) часто жестко лимитируют режим работы самой ГЭС (Асарин, Бестужева, 1986). При этом, на практике, удовлетворение в полном объеме всех требований

водопользователей в маловодных, а иногда даже и в средневодных условиях практически невозможно, поэтому режим фактической эксплуатации ГЭС и регулирующих ГТС всегда в той или иной мере является компромиссным, основанным на учете и соблюдении интересов других стейкхолдеров (Асарин, 1982; Вода России…., 2000). Таким образом, существующие ВХС отчасти являются реализацией на практике идеи управляемых ПТС, регуляторами которых, как правило, являются объекты гидроэнергетики.

Вместе с тем, постоянно возникающие конфликтные ситуации свидетельствуют о том, что эти возможности регулирования стока (или, пользуясь нашей терминологией – аспекты техногенеза речных систем) реализуются в недостаточной степени. Основная причина сложившейся ситуации заключается в недостаточной разработанности научной базы управляемого техногенеза. На практике это, с одной стороны, обуславливает недоучет или игнорирование интересов отдельных стейкхолдеров ВХС, а, с другой стороны, приводит к возникновению пробелов в законодательно-нормативных документах и просчетах в работе надзорных органов. Одним из примеров является проблема, возникшая в связи с повышением нормального подпорного уровня Чебоксарской ГЭС. В данном случае трудноразрешимый конфликт был вызван как раз утратой на определенном этапе связи между отдельными элементами ВХС, а именно: недостаточной обоснованностью последствий для каскада ГЭС пониженного значения НПУ Чебоксарского водохранилища, недоучетом в проекте ГЭС вероятности подтопления территории Нижнего Новгород и, наконец, выдачей местными органами власти разрешений на застройку затапливаемых участков. Эта и многие другие подобные конфликтные ситуации не возникали, если бы объекты гидроэнергетики на этапе их проектирования рассматривались, в том числе, и как регуляторы управляемых ПТС, а не только как объекты, выполняющие определенные защитные функции.

Таким образом, основным путем экологической оптимизации данного аспекта техногенеза зарегулированных водных систем является организация управляемых ПТС на базе существующих

ВХС, на основе придания объектам гидроэнергетики функций регулятора данных систем (Федоров, Суздалева, 2014) (табл. 3.2).

❖**Регулирование потока загрязнителей.** В настоящее время многочисленные водохранилища ГЭС являются депозитариями, в которых задерживается значительная часть потока загрязнителей, поступающих в гидросферу (Авакян и др., 1994; Большая Волга …, 1994; Эдельштейн, 1998). Это дает возможность контролировать данный процесс, предотвращать распространение поллютантов и позволяет осуществлять очистку локализованных загрязненных вод, например, путем изъятия и переработки донных отложений или созданием биомелиоративных барьеров (Морозов, 2001). Следовательно, этот процесс также можно рассматривать как один их позитивных аспектов техногенеза, вызывающего зарегулирование речных систем.

Если бы ГЭС в современном мире отсутствовали, то уровень глобального загрязнения водной среды был бы, несомненно, существенно выше. Значительно худшими были бы и экологические последствия (Эдельштейн, 1998; Даценко, 2002). Например, если бы не существовало такой гидроэнергетической системы как Волжско-Камский каскад, интенсивность процесса эвтрофирования Каспийского моря повысилась более чем в 2 раза. Кроме того, тысячи тонн тяжелых металлов (ТМ), которые в настоящее время аккумулируются в донных отложениях, частично осаждались бы в биологически доступной форме на пойменных участках и включались затем в наземный биохимический цикл микроэлементов с прогрессирующим их накоплением в луговых травах, молоке и мясе скота.

Таблица 3.2. **Основные пути экологической оптимизации ГЭС (регулирующих ГТС)**

Аспекты техногенеза	**Форма техногенеза**	**Механизм техногенеза**	**Основные пути и ожидаемые результаты экологической оптимизации**
1	**2**	**3**	**4**
Становление регулируемых водохозяйственных систем.	Целенаправленный техногенез	Креативный	Организация управляемой ПТС на базе ВХС
Регулирование потока загрязнителей	Сопутствующий техногенез	Поддерживающий	Переход от поддерживающего механизма к управляющему
Интенсификация процессов самоочищения	Сопутствующий техногенез	Поддерживающий	Природообустройственный техногенез Санационный (санитарный) техногенез
Внедрение природоохранного оборудования и технологий	Целенаправленный техногенез	Поддерживающий; управляющий	Улучшение функционирования ГЭС в качестве регулятора управляемых ПТС

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4
Повышение эффективности природоохранной функции ГЭС	Целенаправленный техногенез	Поддерживающий	Природообустройственный техногенез Санационный техногенез
Повышение средозащитной функции ГЭС	Целенаправленный техногенез	Поддерживающий; управляющий	Переход от поддерживающего механизма к управляющему
Меры по сохранению, восстановлению и рациональному использованию природных ресурсов	Целенаправленный техногенез	Поддерживающий; управляющий; креативный	Сохранение, восстановление и пополнение природных ресурсов региона
Координация режимов эксплуатации ГЭС, входящих в комплексный гидроузел	Целенаправленный техногенез	Управляющий	Создание управляемых ПТС регионального масштаба
Улучшение видеоэкологического потенциала и социальной привлекательности территорий	Целенаправленный техногенез	Поддерживающий; управляющий	Создание благоприятных условий для жизнедеятельности человека

Остальная часть стока ТМ в меженные периоды поступала бы в водные объекты волжской дельты и ее мелководное приустьевое взморье с концентрацией, превышающей ПДК. Как отмечает один из ведущих специалистов в области гидроэкологии К.К. Эдельштейн (1998, с. 225-226): «При столь низком качестве воды, которое было бы в настоящее время в незарегулированной Волге, трудно представить саму возможность существования в ней осетровых рыб, их захода на нерест, нереста (в особенности проходных осетровых озимой расы, зимующих в реке перед нерестом) и благополучного ската сеголетков в летнюю межень в дельту Волги. Вполне вероятно, что и сама дельта, не будь водохранилищ Волжско-Камского каскада, утратила бы к настоящему времени рыбохозяйственное значение – крупнейшего в мире ареала нагула осетровых рыб – вследствие, если не токсикоза техногенными ТМ и другими ядовитыми веществами, то прогрессирующего эвтрофирования водных объектов дельтовой области из-за чрезмерной нагрузки волжской экосистемы антропогенными биогенными веществами».

Рассматривая вопросы регулирования потока загрязнителей, следует обратить внимание и на тот факт, что в последние десятилетия количество природных и техногенных катастроф возросло в несколько раз (Осипов, 1995). По прогнозам специалистов эта тенденция, скорее всего, сохранится и в ближайшем будущем. Независимо от природы катастроф практически все они сопровождаются поступлением в окружающую среду огромных количеств различных загрязнителей. Их последующее распространение в окружающей среде осуществляется главным образом с водными потоками. Даже загрязнители, выбрасываемые во время катастроф в атмосферу, по большей части достаточно быстро осаждаются на земную поверхность и с поверхностным смывом также поступают в водные объекты. Единственный реальный путь локализации таких потоков – это эффективное использование существующих ГЭС (и других регулирующих ГТС), что собственно и делается при возникновении многих чрезвычайных ситуаций.

Однако на современном этапе механизм данного аспекта техногенеза можно рассматривать только как поддерживающий. Перспективным путем экологической оптимизации является переход к управляющему механизму техногенеза (табл. 3.2), что подразумевает создание специальных ИТС, включающих ловушки-депозитарии для аккумуляции загрязнителей, а также устройства для их извлечения из депозитариев и утилизации.

❖**Интенсификация процессов самоочищения.** Некоторые воздействия, сопутствующие эксплуатации ГЭС (аэрация, турбулентное перемешивание), интенсифицируют процессы самоочищения и способствуют значительному улучшению экологического состояния водных объектов. По этой причине качество вод, сбрасываемых из водохранилищ, часто существенно выше, чем в источниках их подпитки. Это еще один пример позитивного аспекта техногенеза.

Данное направление экологической оптимизации ГЭС должно заключаться как в разработке мер, направленных на интенсификацию процессов самоочищения, так и выработке проектных и эксплуатационно-технических решений, позволяющих избежать искусственного замедления этих процессов (образования застойных зон и др.). В целом эти меры можно рассматривать как целенаправленный природообустройственный техногенез (табл. 3.2).

В тех случаях, когда аналогичная деятельность осуществляется в целях улучшения экологического состояния существующих водохранилищ, это является примером санационного и/или санитарного техногенеза. В современной России данная проблема особенно актуальна. Развитие многоукладной экономики привело к тому, что совокупный негативный эффект, оказываемый мелкими хозяйствующими субъектами на водные объекты, может быть весьма значителен и достигать уровня, сопоставимого с промышленным загрязнением (Суздалева и др., 2004). Ситуация усугубляется тем, что ранее построенные системы отведения поверхностного стока и его очистки постепенно выходят из строя, а многочисленные мелкие хозяйства очисткой вод не занимаются, поскольку не располагают ни достаточными для этого

средствами, ни техническими возможностями. Результатом является закономерно возрастающий уровень загрязнения большинства российских водных бассейнов.

❖**Внедрение природоохранного оборудования и технологий**, то есть использование на практике инженерно-технических решений, способствующих целенаправленному улучшению состояния природной среды или предотвращению нанесения ущерба ее отдельным компонентам. Следовательно, ожидаемым результатом является создание поддерживающего или управляющего механизма техногенеза (табл. 3.2). Данная деятельность не может рассматриваться как позитивный аспект техногенеза, но, вместе с тем, является одним из главных направлений экологической оптимизации ГЭС и, следовательно, улучшения их функционирования в качестве регулятора управляемых ПТС.

Уже в настоящее время внедрение природоохранного оборудования и технологий осуществляется на многих объектах гидроэнергетики (Троицкий, 2006). Однако, прежде чем перейти к рассмотрению основных направлений этой деятельности, необходимо уточнить некоторые термины. Согласно общепринятому определению, технология – это «совокупность методов обработки, изготовления, переработки сырья, материалов или полуфабрикатов в совокупности с приборно-аппаратным оформлением, применяемая в процессе производства для получения готовой продукции (Данилов-Данильян и др., 2002 стр. 671). Следовательно, в качестве природоохранной технологии может рассматриваться любое мероприятие, осуществляемое в ходе эксплуатации ГЭС, целью которого является улучшение или сохранение состояния окружающей среды в зоне ее влияния (т.е. в зоне ее техногенеза). Иными словами, эти меры направлены на снижение (предотвращение) негативных аспектов техногенеза, источником которого являются объекты гидроэнергетики.

Спектр мероприятий природоохранной деятельности, осуществляемой в настоящее время, на крупных ГЭС, значительно шире. Некоторые из них не связаны с производственным циклом, и их целью является не снижение

негативного техногенного воздействия или увеличение позитивного, а непосредственно охрана и защита окружающей среды, а также ее восстановление. Например, целая система подобных мер осуществляется на Бурейской ГЭС. Как и другие притоки Амура, р. Бурея – место нереста многих ценных пород рыб. После того, как река была перегорожена плотиной, часть нерестилищ на ней стала недоступной. Поэтому сметой строительства Бурейской ГЭС в качестве компенсационной меры было предусмотрено возведение рыборазводного завода. Используя предложенную нами терминологию (см. раздел 1.4), данные мероприятия можно рассматривать как примеры природообустройственного техногенеза.

Кроме того, ГЭС используются для защиты населения и территорий от различных негативных процессов, в том числе ЧС природного и техногенного характера (наводнений и др.). Таким образом, эти объекты выполняют ряд дополнительных функций, которые при анализе возможных путей экологической оптимизации целесообразно дополнительно выделить в две отдельные категории: «природоохранная функция» и «средозащитная функция» ГЭС, к рассмотрению которых мы вернемся несколько позже.

В отличие от природоохранных и средозащитных функций, «внедрение природоохранного оборудования и технологий», с точки зрения экологической оптимизации, подразумевает, главным образом, не улучшение качества водной среды и экологического состояния водных объектов, а снижение негативного воздействия (или повышения позитивного), непосредственно обусловленного эксплуатацией ГЭС. В качестве основных направлений этой деятельности отметим следующие:

- проведение реконструкции и модернизации гидротурбинного оборудования с использованием новых экологически чистых конструкций с целью устранения сбросов загрязнителей в нормальных условиях и нештатных ситуациях;
- внедрение нового оборудования, снижающего гибель и травмирование рыб и планктона при прохождении воды через гидросооружения и гидроагрегаты;

➢модернизацию рыбопропускных и рыбозащитных сооружений;
➢реконструкцию систем водоотведения с целью полного прекращения сбросов в водные объекты неочищенных хозбытовых стоков, организацию сбора и очистки поверхностного стока с территорий производственных объектов ГЭС;
➢использование потоков, создаваемых работой ГЭС, для разбавления сточных вод (например, отвод сточных вод с очистных сооружений в деривационный канал и т.п.);
➢реконструкцию ГЭС, проводимую с целью улучшения гидрологического, гидрохимического и кислородного режимов водных объектов (ликвидация застойных зон, аэрация вод, предотвращение заморов и др.).

❖**Повышение эффективности природоохранных мероприятий (природоохранной функции ГЭС).** Это еще одно важное направление экологической оптимизации, которое можно рассматривать и как позитивный аспект техногенеза. Природоохранная функция ГЭС реализуется в форме мероприятий по сохранению (улучшению состояния) природной среды и ее отдельных компонентов, проводимых силами и средствами его собственника (или организации, осуществляющей его эксплуатацию). Во многих случаях данная деятельность представляет собой не что иное, как одну из разновидностей целенаправленного техногенеза окружающей среды, целью которого является не восстановление ранее существовавших природных условий, а создание ПТС, благополучное состояние которой поддерживается искусственно с использованием технических средств (поддерживающий механизм техногенеза).

Очевидно, что четко провести границу между «внедрением природоохранных технологий» и «природоохранной функцией ГЭС» достаточно сложно. Главный критерий, в данном случае, заключается в том, каким образом (непосредственно или косвенно) реализуемое мероприятие связано с эксплуатацией ГЭС, то есть проявляется в виде «прямого» или «косвенного» техногенеза.

В настоящее время мероприятия по повышению природоохранной функции ГЭС получили в России достаточно широкое распространение (Стахеев, 1998; Малик, 2003; Троицкий, 2003; 2006). Во многом это связано с необходимостью формирования позитивного экологического имиджа для повышения их инвестиционной привлекательности (Безносов и др., 2007б). Кроме того, в ряде случаев своевременно проведенные природоохранные мероприятия могут существенно снизить финансовые издержки, обусловленные нерациональным природопользованием. В силу этих причин природоохранная деятельность постепенно становится обязательным компонентом систем корпоративного экологического менеджмента гидроэнергетических объектов.

По своим целям **природоохранные мероприятия** ГЭС **можно** условно **разделить на две группы**: восстановительные и санационные[56].

К восстановительным мероприятиям относятся различные виды деятельности по восстановлению компонентов среды и природных ресурсов, нарушенных или утраченных в предшествующий период, такие как:

✓мероприятия по восстановлению биологических ресурсов водных объектов (зарыбление водохранилищ, улучшение кормой базы рыб, создание специализированных рыбоводных хозяйств с целью восстановления рыбных запасов);

✓мероприятия по охране, восстановлению численности и искусственному переселению редких видов наземных животных и растений в восстановленные биотопы в зоне влияния ГЭС;

✓мероприятия по восстановлению и сохранению мест размножения (нереста) и нагула животных; создание специальных охраняемых природных территорий, играющих роль «экологического буфера»;

✓мероприятия по рекультивации нарушенных участков почвенного покрова, окультуриванию земель, улучшению их плодородия, улучшению условий произрастания растений (мелиоративные мероприятия);

[56]Результаты данных мероприятий могут соответственно рассматриваться как «природообустройственный» и «санационный» виды техногенеза.

✓организация лесопосадок и другие биотехнические мероприятия.

Санационные мероприятия проводятся с целью ликвидации негативных последствий антропогенного воздействия, вызванного другими видами человеческой деятельности. При этом, как показывает практика, достаточно часто эти негативные последствия не связанны со строительством и эксплуатацией самих ГЭС. К их числу можно отнести:

✓мероприятия по борьбе с загрязнением и эвтрофированием водохранилищ, предотвращению их цветения, зарастания и заиления;

✓мероприятия по очистке водохранилища от плавающей и затопленной древесины (включая организацию предприятий по экологически чистой технологии переработки и утилизации древесины);

✓мероприятия по берегоукреплению и защите берегов и прибрежных участков от антропогенной эрозии и абразии.

❖**Повышение средозащитной функции ГЭС.** Под средозащитной функцией ГЭС мы понимаем все аспекты их эксплуатации, прямо или косвенно способствующие снижению риска нанесения ущерба окружающей среде в результате негативного воздействия природных и техногенных явлений и процессов, а также снижения размеров этого ущерба. В настоящее время эта функция, пожалуй, является первостепенным по своему значению и наиболее известным позитивным аспектом техногенеза.

В современном мире регулирование стока рек предотвращает как катастрофические наводнения, так и маловодья (Авакян, 2000; Эдельштейн, 1998). В обоих случаях, именно благодаря наличию крупных гидротехнических систем, удается не только защитить население огромных территорий, но и предотвратить массовую гибель животных, уничтожение многих биотопов вследствие размыва почв, их затопления, подтопления, отложения на их поверхности наносов. Как засухи, так наводнения приводят к ухудшению санитарно-эпидемиологической и эпизоотической обстановки (Эльпинер,

2003). Кроме того, наводнения практически всегда сопровождаются сильным химическим и микробиологическим загрязнением среды в результате размыва промышленных и хозяйственно-бытовых объектов. При попадании в зону затопления радиационно-опасных объектов возникает угроза радиоактивного загрязнения обширных территорий. В период засух возникают трудности с очисткой сточных вод, нарушается функционирование систем водоотведения. Таким образом, уже сейчас значительная часть ГЭС выполняет функцию регулятора управляемых ПТС. Однако эта деятельность осуществляется в отсутствие обобщающей научной базы, в форме практического решения насущных проблем.

Особо следует отметить тот факт, что в период наблюдающихся в настоящее время значительных гидроклиматических изменений частота и негативные последствия перечисленных явлений существенно возрастают (Осипов, 1995). В соответствии с этим повышается и значение средозащитной функции ГЭС.

Основными направлениями повышения средозащитной функции ГЭС являются: во-первых, **регулирование водного режима** рек и водохранилищ; во-вторых, **разработка превентивных мер по предотвращению ЧС** и снижению их последствий (в аспекте рассматриваемой проблемы – снижения размеров возможного экологического ущерба).

Регулирование водного режима рек и водохранилищ включает:

✓мероприятия по защите природной и социальной среды от наводнений и подтопления; разработка режима попусков половодий и паводков, минимизирующих сопутствующие негативные воздействия на окружающую среду (снижение площадей затопления и времени затопления до срока, не вызывающего деградацию наземных экосистем и др.);

✓санитарные попуски, обеспечивающие расходы воды в объеме, гарантирующем бесперебойную работу питьевых водозаборов, благоприятные условия для культурно-бытового водопользования населения;

✓экологические попуски, т.е. регулярная, периодическая или эпизодическая подача воды из водохранилища в нижний бьеф в объемах, необходимых для поддержания естественного состояния наиболее ценных элементов природной среды. Разновидностью являются так называемые «нерестовые попуски» (Раткович и др., 2003), осуществляемые с целью создания благоприятных условий для нереста ценных пород рыб и «санитарно-экологические попуски в маловодные годы», проводимые для обеспечения нормальной работы систем коммунально-бытового, промышленного, сельскохозяйственного водоснабжения, работы систем орошения, функционирования других хозяйственных и рекреационных объектов;

✓разработка режима эксплуатации ГЭС, способствующего улучшению качества вод и условий существования водных организмов, например, дополнительные сбросы в зимний период, благодаря которым в нижнем бьефе образуется обширная полынья, препятствующая развитию заморных явлений (Тимченко, Оксиюк, 2002);

✓разработка мероприятий по контролю за сбросом загрязненных вод из водохранилища при ЧС природного и техногенного характера, с целью недопущения ухудшения экологической и санитарно-эпидемиологической ситуации на нижележащих участках речной системы (в отличие от п.1, в данном случае подразумевается не разработка программы по регулированию потока загрязнителей, а конкретные действия в период возникновения ЧС);

✓предотвращение нежелательных изменений микроклимата в районе нижнего бьефа;

✓мероприятия по предотвращению отложения наносов в русле или размыва русла, мероприятия по сокращению выноса твердого стока;

✓строительство сооружений, предназначенных для гашения энергии воды, и специальные мероприятия по защите от размывов повышенными расходами воды;

✓ограничение скорости сработки уровня водохранилищ с целью недопущения ущерба землям прибрежной зоны в результате оплывания или сползания грунта в водохранилище, а

также образования заторов и зажоров в хвостовой части водохранилища при быстрой сработке уровня и затопления в зимний период прибрежных территорий.

К превентивным мерам по предотвращению ЧС и снижению их негативных экологических последствий **можно отнести**:

✓включение в программы экологического менеджмента объектов гидроэнергетики планов по взаимодействию их персонала с региональными подразделениями МЧС, природоохранными службами, органами Санэпиднадзора;

✓осуществление мероприятий по инженерной защите земель в зоне влияния ГЭС (строительство защитных дамб, сооружений, предназначенных для защиты от селей, эрозии, оползней и других неблагоприятных природных процессов);

✓контроль за использованием временно затопляемых территорий, недопущение размещения на них экологически опасных веществ и материалов.

Почти все из перечисленных выше направлений средозащитной деятельности по своей сути также являются техногенными изменениями окружающей среды, то есть одним из видов ее техногенеза. Но по характеру своего эффекта должны рассматриваться как позитивные аспекты данного процесса. Экологический механизм техногенеза при осуществлении мер по средозащитной функции ГЭС в одних случаях является поддерживающим, в других – управляющим. Экологическая оптимизация в данном направлении должна осуществляться как переход к управляющему механизму (табл. 3.2).

❖**Меры по сохранению, восстановлению и рациональному использованию природных ресурсов региона.** Строительство и эксплуатация ГЭС может оказать значимое воздействие практически на все виды природных ресурсов, начиная от ресурсов полезных ископаемых до лесных ресурсов (Троицкий, 2003; 2006). Меры, предпринимаемые для их сохранения, восстановления и рационального использования уже сейчас весьма многообразны и зависят от характера природного ресурса и региональных условий. Любая из этих

мер также может рассматриваться и как позитивный аспект техногенеза и как самостоятельное направление экологической оптимизации ГЭС.

Например, при создании гидроузлов с напором более 100 м в сейсмически опасных районах возникают явления так называемой «наведенной сейсмичности». Заключаются они в том, что по контуру водохранилища увеличивается частота землетрясений. По этой причине в последнее время в проектах ГЭС на основании прогноза воздействия на геологическую среду разрабатываются решения о защите того или иного вида ресурсов полезных ископаемых. Так, в проекте Нижнекамской ГЭС были предусмотрены затраты на инженерную защиту месторождений нефти в Татарстане, в ТЭО Среднеенисейской ГЭС – инженерная защита Горевского полиметаллического месторождения. Не менее важную задачу представляет собой рациональное использование земельных ресурсов при эксплуатации ГЭС. Водохранилищами энергетического и комплексного назначения в Российской Федерации к настоящему времени затоплено порядка 4,5 млн. га земли, или около 0,3% общего земельного фонда государства. Для сравнения, этот показатель в Канаде составляет 0,6%, а в США – 0,8%. Устойчивой тенденцией отечественной гидроэнергетики является снижение площади затоплений, приходящейся на 1 млн. кВт/ч вырабатываемой на ГЭС электроэнергии. Если в прошедшие годы этот показатель в среднем составлял примерно 11-15 га на миллион киловатт-часов, то по объектам, строящимся в настоящее время или намечаемым на ближайшую перспективу, он не превышает по общим затоплениям 6 га, в том числе: по затоплениям сельхозугодий 1 га, лесопокрытых площадей 5 га. Уменьшение воздействия на земельные ресурсы достигается за счет разбивки участка водотока на ступени энергетического использования. Создание ряда средне- или низконапорных гидроузлов вместо одного с высокой подпорной отметкой позволяет сократить площади затопления в несколько раз. Другим направлением уменьшения воздействия водохранилищ ГЭС на земельные ресурсы является инженерная защита земель. Так, на Нижнекамском водохранилище уже осуществлена инженерная защита земель общей площадью 19,9

тыс. га, из которых под сельхозугодья предназначается использовать 16,6 тыс. га. На Чебоксарском водохранилище осуществлена инженерная защита 10 массивов земель (низин) площадью более 30 тыс. га земель, в том числе более 15 тыс. га сельхозугодий.

Однако, рассматривая вопросы природопользования в аспекте проблемы экологической оптимизации ГЭС, нельзя ограничиваться лишь возможными путями снижения негативных эффектов на основе поддерживающего и управляющего механизмов техногенеза. Строительство и эксплуатация ГЭС может сопровождаться не только утратой, но и расширением ресурсной базы. Прежде всего, это касается водохозяйственного и рыбохозяйственного потенциалов. Благодаря строительству ГЭС в современном мире возник большой дополнительный фонд водных ресурсов. В России суммарный объем водохранилищ превышает 400 км^3 (Эдельштейн, 1998). Стационарные водные ресурсы водохранилищ, хотя и называются «мертвым объемом», на самом деле служат местообитанием многочисленных видов организмов, в том числе хозяйственно ценных, а также редких и нуждающихся в особой охране. На фоне сокращения запасов питьевой воды и биологических ресурсов водных объектов, которые ряд исследователей рассматривает как кризис в сфере водопотребления (Данилов-Данильян, Лосев, 2006), организацию водохранилищ, напротив, можно рассматривать как позитивное явление. Следовательно, разумное, сбалансированное увеличение водных ресурсов и запасов биологических ресурсов, происходящее вследствие строительства и эксплуатации ГЭС, представляет собой одно из важных направлений их экологической оптимизации. С точки зрения рассматриваемой нами проблемы этот процесс можно квалифицировать как «креативный техногенез» (табл. 3.2).

❖**Координация режимов эксплуатации ГЭС, входящих в комплексный гидроузел (каскад).** Комплексные гидроузлы могут являться регулятором более обширной (региональной) ПТС, включающей в себя группу взаимосвязанных ПТС, каждая из которых регулируется отдельной ГЭС, входящей в данный

каскад. Таким образом, с экологической точки зрения, комплексным гидроузлам свойственна эмерджентность, то есть наличие у системного целого особых свойств, не присущих его подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не объединенных системообразующими связями. Следовательно, координация и интеграция программ экологической оптимизации ГЭС на уровне комплексных гидроузлов может дать принципиально иные результаты. Это один из реальных путей создания управляемых ПТС регионального масштаба (Федоров, Суздалева, 2014).

В настоящее время наиболее актуальным является вопрос использования комплексных гидроузлов для снижения риска экстремальных и катастрофических явлений гидрологического характера (наводнений, паводков) (Федоров, Масликов, 2013). Вместе с тем, игнорирование принципа эмерджентности при разработке программ экологической оптимизации ГЭС может значительно снизить эффект от многих природоохранных и средозащитных мероприятий. Так, усилия, предпринимаемые на водохранилище отдельной ГЭС для интенсификации процессов самоочищения, во многом теряют свое значение, если в ходе эксплуатации нижерасположенных объектов гидроэнергетики, входящих в тот же каскад, уровень загрязненности вод вновь повышается (например, в результате образования застойных зон и аккумуляции в них сбросов сточных вод).

❖**Улучшение видеоэкологического потенциала и социальной привлекательности территорий.** Благоприятные условия для жизни людей – это не только набор физико-химических условий среды, подходящих для жизни. Весьма важным для человека является эстетическое восприятие условий, в которых он существует: вид из окна его дома, пейзаж, видимый им по дороге на работу и др. Актуальность этой проблемы породила возникновение целой научной дисциплины – видеоэкологии (Филин, 1997), значение которой в условиях стремительной урбанизации, охватывающей все новые и новые территории, неуклонно возрастает. В современном мире в эксплуатацию ежегодно вводится от 300 до 500 водоемов-водохранилищ. Общее их число превысило 30 тыс., площадь

водного зеркала – около 400 тыс. км^2, а с учетом подпруженных озер – 600 тыс. км^2 (Сухоруких, 2006). Берега большинства из них быстро заселяются. Процессы урбанизации и зарегулирования водных бассейнов взаимосвязаны и взаимообусловлены. Для населения многих индустриальных городов, например, расположенных на берегах средней и нижней Волги, основным позитивным видеоэкологическим элементом являются водохранилища. Кроме того, они служат местом массового отдыха. Таким образом, от экологического состояния водохранилищ зависит социальная привлекательность региона в целом. Это также один из примеров позитивного аспекта техногенеза речных систем.

Рекреационный и видеоэкологический потенциал водохранилищ во многом определяется режимом эксплуатации ГЭС, а также специальными мероприятиями, проводимыми их силами и средствами. Следовательно, данный аспект может быть включен в программы их экологической оптимизации. Конечной целью подобной деятельности (например, обустройство пляжей и организация зон отдыха на берегах водохранилищ) является создание благоприятных условий для жизнедеятельности человека. Мы рассматриваем ее как один из специфических видов техногенеза – «рекреационный». Экологический механизм техногенеза может быть как поддерживающим, так и управляющим (табл. 3.2).

Изложенные выше суждения в краткой форме можно резюмировать в виде следующих выводов:

- Оценка современного характера техногенеза, обусловленного функционированием объектов гидроэнергетики, должна носить комплексный характер и осуществляться на основе непредвзятого анализа как негативных, так и позитивных аспектов данного процесса.
- В настоящее время большинство крупных водных бассейнов уже в той или иной степени зарегулированы и представляют собой не природные, а природно-технические системы. В соответствии с этим, целью создания управляемых ПТС (с использованием объектов гидроэнергетики в качестве регуляторов) является не

искусственное преобразование окружающей среды, а лишь управление факторами, определяющими это состояние в исторически сложившейся ситуации.

3.2.2. Водоемы-охладители АЭС и ТЭС

3.2.2.1. Общая характеристика

Работа атомных (АЭС) и тепловых электростанций (ТЭС) всегда сопряжена с использованием значительных объемов воды, необходимых для охлаждения их технических агрегатов. Для больших современных ТЭС с энергоблоками мощностью 500, 800 и 1200 МВт для отвода теплоты из конденсаторов турбин требуется расход воды соответственно 17, 28 и 40 $м^3/с$ на каждую турбину (Гавриш и др., 1989). Для АЭС на эти же цели удельные расходы воды в 1,5-1,6 раза больше. Таким образом, АЭС и ТЭС являются крупными водопользователями, но их безвозвратное водопотребление относительно невелико. Почти вся использованная в их **системах технического водоснабжения** (СТВ) вода сбрасывается во внешнюю среду. После того, как температура этих вод понизится, они могут быть повторно использованы для водоснабжения электростанции (оборотная СТВ) или, поступая в открытые водные системы, могут быть переданы другим водопользователям (прямоточная СТВ). В обоих случаях необходимым условием является понижение температуры сбросных вод перед их дальнейшим использованием, регламентированное технико-эксплуатационными и природоохранными нормативами. Для этой цели используются градирни или специальные водоемы, приспособленные для охлаждения сбросных вод энергетических объектов, получившие название **«водоемы-охладители»**[57] [58]. Развитие энергетики привело к тому, что водоемы-охладители уже сейчас являются достаточно распространенным типом

[57]В литературе также в качестве синонимов употребляются термины «водохранилище-охладитель» (Виноградова, 1971; Катанская, 1979 и др.) и «пруд-охладитель», а при организации первых таких объектов также использовался ныне неупотребляемый термин «пруды-холодильники» (Винберг, 1935).

[58]Водоемы-охладители организуются также и при других производственных объектах, например, при некоторых геотермальных электростанциях (Суздалева и др., 2010).

водных объектов и, по-видимому, в будущем их количество будет увеличиваться. Водоемы-охладители одновременно являются водными объектами и частью технических систем (СТВ электростанций или иных производственных объектов).

На большинстве АЭС осуществляется оборотная система технического водоснабжения. В результате возникают водоемы, в которых вода постоянно циркулирует по замкнутой траектории, закономерно изменяя свою температуру. Поэтому водоемы-охладители представляют собой особую специфическую категорию водных объектов (Суздалева, Безносов, 2000; Суздалева, 2002), не имеющую сколько-нибудь близких аналогов в природной среде.

Вне зависимости от местных условий все водоемы-охладители имеют сходную гидрологическую структуру. Их водный объем состоит из нескольких более или менее обособленных основных и вторичных водных масс (рис. 3.1). К основным водным массам, во-первых, относится водная масса, формирующаяся на сбросе из СТВ АЭС. Ее воды, двигаясь по замкнутой траектории и постепенно охлаждаясь, образуют

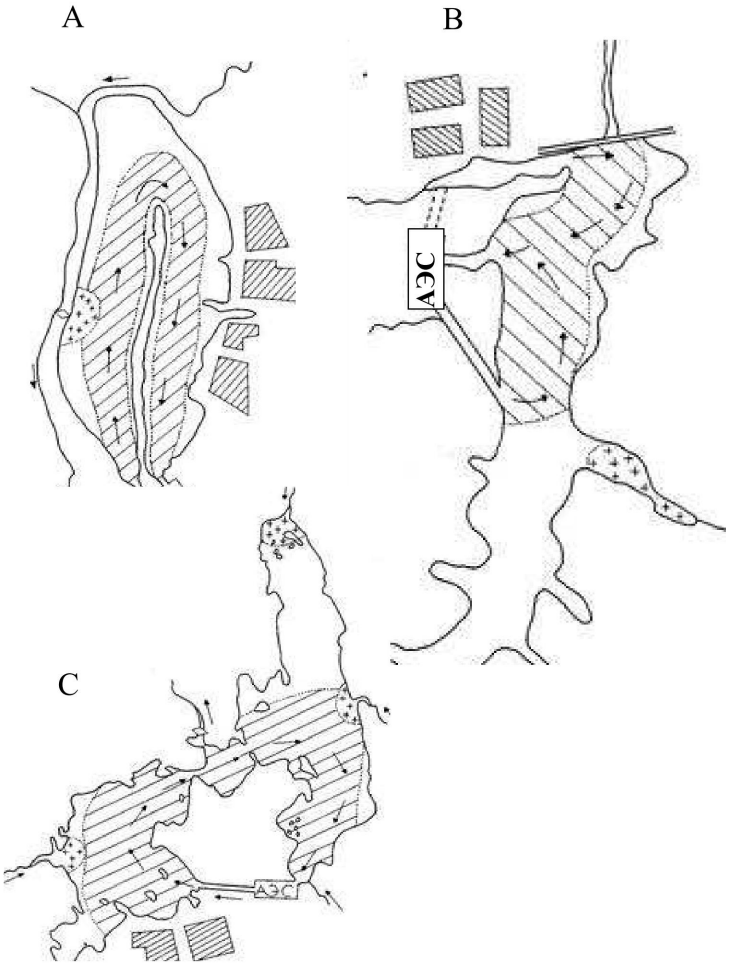


Рис. 3.1. Водные массы водоемов-охладителей Курской (А), Смоленской (В) и Калининской (С) АЭС (штриховкой обозначена водная масса циркуляционного течения; части акватории, занятые периферическими автохтонными водными массами не заштрихованы; крестиками обозначены участки вторичных водных масс).

циркуляционное течение. При периодическом прохождении через СТВ вода и попадающие с нею водные организмы подвергаются воздействию комплекса факторов (Суздалева и др., 2007). Достаточно часто в районе сброса подогретых вод, по сравнению с водозабором электростанции, наблюдается значительное изменение ряда гидрохимических параметров.

Непосредственное воздействие работы СТВ на организмы носит двоякий характер. Определенный процент организмов (в некоторых случаях весьма значительный), попадающих с током воды в технические агрегаты, погибает (Мордухай-Болтовской, 1975; Суздалева и др., 2007). Но, одновременно, происходит и другой процесс, связанный с развитием внутри СТВ сообщества организмов-обрастателей (перифитона). Часть этих организмов, а также их личинки, отрываясь от субстрата, уносятся с током воды и распространяются в акватории, увлекаемые циркуляционным течением. В результате, например, численность гетеротрофных бактерий на участках циркуляционного течения, расположенных вблизи от точек сброса подогретых вод, как правило, на порядок и более выше[59] (Суздалева, 2001а).

Более высокой может быть и количество планкто-перифитонных водорослей, смываемых со стенок открытых водосбросных каналов (Суздалева, 2001б). Внутри технических агрегатов могут поселяться и другие водные организмы (моллюски, мшанки и др.). Их личинки могут присутствовать в районе сброса подогретых вод в значительном количестве.

[59]Численность гетеротрофных бактерий (сапрофитов) используется в качестве одного из основных показателей санитарно-экологического состояния водных объектов (например, по ГОСТ 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков»). Это связано с тем, что численность сапрофитных бактерий отражает уровень хозяйственно-бытового загрязнения вод. В районах сброса подогретых вод высокая численность бактерий обусловлена иными причинами и использование данного оценочного критерия приводит к неадекватным выводам.

При этом наблюдается один интересный феномен, связанный с тем, что сезонный ритм размножения у организмов, живущих внутри технических агрегатов, нарушается, и они начинают размножаться в не характерное для них время. Подобные явления, заключающиеся в появлении зимой личинок организмов (моллюсков и др.), размножающихся в теплое время года, наблюдались в Севастопольской бухте и были связаны со сбросом подогретых вод ТЭЦ, расположенной на ее берегу (Шадрина и др., 1996). В водоемах-охладителях неоднократно отмечалось появление личинок дрейссены, когда нерест этого моллюска в самом водоеме-охладителе был еще невозможен (Каратаев, 1981; Lewandowski, Ejsmont-Karabin, 1983). Для обозначения рассмотренных выше явлений – выноса перифитонных организмов и их личинок из биообрастаний технических агрегатов, а также последующего их распространения по акватории водных объектов течением, возникшим вследствие сброса использованных вод, нами был предложен термин **«биотехнопульверизация»** (Суздалева, 2001б).

В результате комплекса процессов (подогрева вод, гидрохимической трансформации вод, гибели организмов при прохождении через технические агрегаты) физико-химические и биотические параметры водной массы циркуляционного течения, занимающей, как правило, центральную часть водоемов-охладителей, значительно отличаются от таковых в других участках их акватории, где формируются **автохтонные периферические водные массы.** Условия в них, а также факторы, определяющие гидрохимический и гидробиологический режимы, в целом аналогичны автохтонным водным массам водохранилищ. Помимо прямого воздействия, организмы, обитающие в водоемах-охладителях АЭС и ТЭС, испытывают различные **косвенные воздействия работы СТВ**, большинство которых связано со спецификой структуры водных масс этих объектов. В некоторых случаях в придонных слоях водоемов-охладителей образуется особая малоподвижная водная масса. Это происходит, когда теплые воды циркуляционного течения, двигаясь в поверхностном слое водоема, в той или иной мере препятствуют конвективному

перемешиванию вод в период осеннего охлаждения и, таким образом, изолируют лежащие под ними холодные глубинные воды. В результате продолжительность периода стратификации на таких участках увеличивается или, в теплые зимы, стратификация вод может наблюдаться круглогодично. Для обозначения подобных явлений нами были предложены термины **«термотехногенная стратификация»** и **«термотехногенная меромикссия»** (Суздалева, Безносов, 1999; Суздалева и др., 2000). Гидрохимический состав и население водной массы, образующееся вследствие указанных явлений, достаточно специфичны. В одних случаях здесь скапливаются холодолюбивые формы, уходящие из поверхностных нагретых слоев. В других случаях подавление конвективного перемешивания вод приводит к ухудшению кислородного режима в придонных слоях. Например, при проведении нами исследований на Десногорском водохранилище в его нижней части, служащей водоемом-охладителем Смоленской АЭС, на глубинах свыше 15-20 м отмечено присутствие сероводорода и гибель всех высокоорганизованных форм бентоса.

При функционировании любых водоемов-охладителей испарение с поверхности воды резко возрастает, что обуславливает необходимость их постоянной подпитки. В связи с этим в акватории водоемов-охладителей образуются **вторичные водные массы**, располагающиеся поблизости от выхода источников его подпитки и образующиеся за счет постоянного смешения вод различного происхождения (аллохтонных вод, поступающих извне, и водной массы, сформировавшейся в данном водоеме).

В связи с тем, что сброс подогретых вод происходит постоянно, вне зависимости от времени года, общий характер конфигурации водных масс в водоемах-охладителях более консервативен, чем в естественных водоемах, гидрологическая структура которых подвержена значительным сезонным изменениям. Ряд факторов (режим работы АЭС или ТЭС, гидрометеорологические условия и др.) может существенно изменить границы отдельных водных масс, но общий характер гидрологической структуры водоемов-охладителей остается неизменным.

Вопреки распространенному мнению, водоемы-охладители представляют собой не технические бассейны, содержащаяся в которых вода может быть использована исключительно для нужд СТВ электростанции, а **водоемы многоцелевого пользования** с водной экосистемой, уровень биоразнообразия которой, как правило, не ниже, чем в естественных водных объектах данного региона (Лихачева и др., 2001; Коткин, 2012). Более того, подогрев воды создает в водоемах-охладителях условия для развития в них некоторых экзотических тепловодных видов (Безносов, Суздалева, 2001а; Суздалева, Безносов, 2004).

На берегах водоемов-охладителей российских АЭС располагаются жилые массивы и функционируют оборудованные рекреационные зоны. Эти водные объекты также используются местным населением для любительского лова рыбы, а часто и для ее добычи браконьерскими способами.

Во многих водоемах-охладителях электростанций осуществляется садковое и нагульное рыборазведение, чему благоприятствует подогрев вод (незамерзание части акватории зимой) (Корнеев, 1982). В СССР проект АЭС в обязательном порядке включал так называемый **«энергобиологический комплекс»** (ЭБК), в который входили различные рыбо- и сельскохозяйственные объекты (теплицы и др.), использующие теплые воды, сбрасываемые в водоем-охладитель (Гусаров и др., 1986). Функционирование объектов ЭБК тесно связано с режимом работы АЭС и состоянием водоема-охладителя. Например, даже кратковременное понижение температуры в зимний период, обусловленное уменьшением объема и/или температуры подогретых вод, сбрасываемых в водоем-охладитель, может вызвать массовую гибель акклиматизированных в нем тепловодных видов рыб (Коткин, 2012).

Несмотря на то, что по своему генезису водоемы-охладители могут являться как естественными, так искусственными водоемами, их гидрологический и отчасти гидрохимический режимы, а также их динамика обусловливаются работой СТВ электростанции (Суздалева, 2002). Структурно-функциональная организация водной экосистемы изменяется в соответствии с

уровнем и характером техногенного воздействия (Безносов, Суздалева, 2005). Но взаимодействие в системе «электростанция – водоем-охладитель» носит двусторонний характер. Любые значимые изменения в экосистеме водоема-охладителя практически всегда отражаются на работе технических агрегатов (Протасов, 1991; Суздалева и др., 2004). Так, спровоцированное процессом эвтрофирования зарастание водоема и «цветение» препятствуют охлаждению вод и снижают эффективность работы электростанции. При определенных обстоятельствах ухудшение экологических условий, сопровождающееся вспышкой развития нежелательных организмов, вызывающих биопомехи в работе СТВ АЭС, может привести к возникновению чрезвычайной ситуации (Горюнова и др., 2002) и даже создать угрозу радиоактивного выброса в окружающую среду (например, при закупорке водоводов СТВ и последующем разрушении трубок конденсатора). Таким образом, водоемы-охладители представляют собой природно-техногенные водные объекты, экологическое состояние которых и работоспособность, а также безопасность производственного объекта, для нужд которого они создавались, неразрывно связаны.

Технико-эксплуатационные параметры будущего водоема-охладителя, которые должны контролироваться для обеспечения нормальной работы СТВ, закладываются еще на стадии его проектирования. В дальнейшем в целях их сохранения осуществляется комплекс специальных постоянных и периодических профилактических мероприятий (подкачка и сброс вод с целью сохранения постоянного уровня, удаление наносов и др.). Таким образом, эти водные объекты изначально планируются как управляемые ПТС. Однако управляемость ПТС, создаваемых на базе водоемов-охладителей, является относительной, что в ряде случаев создает как экологические проблемы, так трудности в эксплуатации СТВ АЭС и ТЭС. В настоящее время экологический механизм техногенеза этих водных объектов следует рассматривать скорее как «поддерживающий» (см. раздел 2.1).

Устранение экологических и связанных с ними технико-эксплуатационных проблем происходит по мере и/или после их

возникновения. Главным образом это связано с неразработанностью научной базы протекающих в них процессов техногенеза. Причины и последствия нежелательных явлений зачастую не анализируются в логической связи, в соответствии с этим предпринимаемые меры носят характер «борьбы с симптомами болезни». **Борьба с биопомехами в СТВ** электростанций проводится, главным образом, путем прямого уничтожения «мешающих организмов» и/или продуктов их жизнедеятельности, покрывающих поверхность технических устройств. Вместе с тем, все эти явления обусловлены различными неконтролируемыми техногенными воздействиями на водоем-охладитель, т.е. различными видами стихийного (спонтанного) техногенеза (Суздалева и др., 2004). Для примера рассмотрим экологический механизм такого важного вида биопомех как биогенная стимуляция процесса накипеобразования в теплообменной аппаратуре. Данный процесс, как правило, связывают исключительно с гидрохимическими параметрами воды (содержанием ионов кальция и др.). Однако биологические факторы, то есть влияние жизнедеятельности различных организмов, часто имеют не меньшее значение. Поэтому во многих случаях образование накипи можно рассматривать именно как вид биопомех. Связано это с тем, что интенсивные процессы фотосинтеза сопровождаются подщелачиванием среды и пересыщением воды карбонатом кальция, которое может превысить произведение растворимости более чем в 30 раз (Кошелева, 1991). При скачкообразном изменении условий (турбулентном перемешивании воды, повышении ее температуры) соли из пересыщенного раствора выпадают, в том числе и на поверхность водоводов СТВ. В свою очередь интенсивность фотосинтеза в водоеме-охладителе, из которого осуществляется забор воды, резко возрастает в результате его эвтрофирования стоками с различных объектов и поверхностного смыва с окружающей территории. Иными словами, истинная причина этого и ряда других видов биопомех[60] (Суздалева и др., 2004)

[60]Например, процессы эвтрофирования интенсифицируют также развитие бактериальной биопленки на поверхности теплообменной аппаратуры,

заключается в эвтрофировании водоема-охладителя, которое в свою очередь обусловливается его хозяйственно-бытовым загрязнением. Следовательно, для снижения интенсивности накипеобразования следует идентифицировать и ликвидировать источники загрязнения водоема-охладителя, например, перенаправить их на очистные сооружения, а также осуществить мероприятия по деэвтрофировтрованию его вод (которые мы рассматриваем как один из примеров санационного техногенеза).

Таким образом, в благополучном экологическом состоянии водоемов-охладителей заинтересован достаточно широкий круг различных стейкхолдеров АЭС или ТЭС от социальных (населения, использующего эти объекты в рекреационных и иных целях) до территориальных. В число последних входят различные организации, связанные с электростанциями совместным характером водопользования, в т.ч. и объекты ЭБК, многие из которых после перестройки экономической структуры перешли из государственного владения в частное. Решение этой проблемы, как и в рассмотренном ранее случае с зарегулированными речными системами, заключается в превращении водоема-охладителя и связанного с ним комплекса объектов в управляемую ПТС, в которой роль регулятора также выполняет объект энергетики.

3.2.2.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации

На основе анализа имеющихся материалов в таблице 3.3. представлены **перспективные пути экологической оптимизации АЭС и ТЭС для различных аспектов техногенеза:**

1. Формирование термотехногенных водных

способствуют увеличению биомассы макрообрастания в водоводах за счет приноса из водоема-охладителя растворенного и взвешенного органического вещества.

Таблица 3.3. **Основные пути экологической оптимизации СТВ АЭС и ТЭС**

Значимые аспекты техногенеза		Форма техногенеза	Механизм техногенеза	Основные пути и ожидаемые результаты экологической оптимизации
1		**2**	**3**	**4**
1	Формирование термотехногенных водных экосистем	Сопутствующий	Модифицирующий; поддерживающий	Переход от модифицирующего и поддерживающего механизма к управляющему
2	Инженерно-технические и биомелиоративные мероприятия по снижению загрязнения и эвтрофирования	Целенаправленный	Поддерживающий; управляющий	Переход от поддерживающего механизма к управляющему
3	Техногенная мелиорация вод	Сопутствующий; целенаправленный	Поддерживающий; управляющий	Разработка проектных и эксплуатационных решений, повышающих результативность техногенной мелиорации
4	Снижение процента гибели организмов, попадающих во внутренние узлы СТВ	Сопутствующий	Модифицирующий	Разработка проектных и эксплуатационных решений, снижающих вероятность гибели организмов внутренних узлах СТВ

Окончание таблицы 3.3.

1		**2**	**3**	**4**
5	Оптимизация уровня и режима подогрева вод	Сопутствующий	Модифицирующий; деградационный	Инженерно-экологическое обустройство водоема-охладителя,

				снижающее вероятность экстремального подогрева вод
6	Временное понижение температуры на подогреваемых участках до естественного уровня	Сопутствующий	Модифицирующий; деградационный	Разработка нового регламента контроля термического режима водоемов-охладителей, не допускающего экстремального понижения температуры воды
7	Возникновение рекреационных зон (резортов)	Сопутствующий; целенаправленный	Модифицирующий; поддерживающий;	Инженерно-экологическое обустройство резортов и организация их инфраструктуры
8	«Вторичный рост» патогенных микроорганизмов во внутренних узлах СТВ и в подогреваемых участках акватории	Сопутствующий	Деградационный	Разработка проектных и эксплуатационных решений, исключающих развитие патогенных организмов в СТВ

э к о с и с т е м[61]**.** Постоянное воздействие подогрева и циркуляция вод в водоемах-охладителях АЭС и ТЭС приводит к трансформации состава их биоты и характера пространственного распределения водных сообществ (Каратаев и др., 1989; Суздалева, Безносов, 2000). В результате в них формируются экосистемы, существенно отличающиеся от существующих в других водных объектах водохранилищного типа, расположенных в том же регионе. Их можно обозначить как **«термотехногенные экосистемы»**, возникновение которых **можно рассматривать как форму сопутствующего техногенеза**. **Их отличительными чертами являются:**

1.1. Зависимость структурно-функциональной[62] **организации водной экосистемы от режима работы электростанции.** Пути становления и характер функционирования термотехногенных экосистем принципиально отличен от естественных. Во-первых, это «техногенность» и относительная кратковременность их биотических сообществ: они существуют не только при наличии технического фактора, обусловливающего их специфику, но и при определенном уровне его воздействия. При изменении любого из этих условий данные сообщества перестают существовать и преобразуются в сообщества, обладающие уже иным составом и структурой. Такие изменения происходят при увеличении мощности электростанции или при ее снижении. Во-вторых, сообщества естественных водных объектов, не подверженных экологической деградации, пребывают в устойчивом «климаксном» состоянии. Их состав отвечает определенным ланшафтно-климатическим условиям. В отличие от этого структура сообществ водоемов-охладителей

[61]Большинство рассматриваемых особенностей экосистем водоемов-охладителей АЭС и ТЭС в той или иной мере свойственны и любым другим водным экосистемам, формирующимся на участках теплового загрязнения. Таким образом, термин «термотехногенные экосистемы» включает значительно большую категорию объектов, чем водоемы-охладители.

[62]Под структурой экосистемы в данном случае понимается состав и характер пространственного распределения элементов абиотической среды (главным образом, водных масс) и формирующихся на занятых ими участках биотических сообществ. Функциональный аспект организации – это комплекс естественных связей (трофических, топических и др.) и техногенных факторов (циркуляция вод и др.), объединяющих данные элементы в единую экосистему.

формируется под влиянием действующего в данный момент комплекса техногенных факторов и в меньшей степени зависит от местных условий. В-третьих, уровень техногенного воздействия в разные периоды может меняться, и меняться скачкообразно (например, в результате изменения мощности электростанции, введения в строй гидротехнических сооружений и др.).

Таким образом, структурно-функциональная организация экосистемы водоема-охладителя определяется уровнем техногенного воздействия, оказываемого на нее в данный период времени. При этом происходит чередование периодов, в течение которых условия в водной среде и состав водных сообществ достаточно постоянны, и периодов, когда в течение относительно короткого времени характер водоема заметно меняется. Эта закономерность носит весьма общий характер, в результате чего в развитии практически любого техногенного водоема, вне зависимости от характера его эксплуатации и местных условий, наблюдаются одни и те же фазы (Безносов, Суздалева, 2005):

➢ ***Фаза подготовки техногенного водоема к эксплуатации.*** По своему происхождению водоемы-охладители можно разделить на две категории: природные водоемы, преобразованные для каких-либо технических нужд, и искусственные водоемы, специально созданные для этих целей. В обоих случаях на первом этапе главными факторами формирования водных сообществ являются различные мероприятия, проводящиеся в целях дальнейшего использования этих водоемов. То есть это **целенаправленная форма техногенеза водных объектов**.

Во вновь создаваемых искусственных водоемах основными факторами формирования водных сообществ являются те же самые процессы, которые играют главную роль и в формировании сообществ водоемов прудового и водохранилищного типов на начальных этапах их развития. Основное значение здесь имеют следующие факторы:

✓гидрохимический состав вод источников заполнения водоема;

✓состав планктона и ларватона (пелагических личинок донных организмов) вод источников заполнения водоема;

✓состав организмов, обитающих в увлажненных местообитаниях и мелких водоемах на затапливаемой территории;
✓процессы переработки затопленных почв и наземной растительности.

Численность первоначально развивающихся в водоеме-охладителе организмов, как правило, не соответствует их частоте встречаемости в заполняющих водах или в существовавших здесь мелких водоемах. Так, некоторые формы, количество которых в самом источнике может быть весьма незначительно, находят в новом водоеме благоприятные условия обитания. В течение короткого времени они, не испытывая пресса хищников и конкурентов, достигают высокой численности. В дальнейшем количество этих форм, как правило, значительно снижается в результате конкурентного вытеснения другими видами. Наблюдается типичная картина «первичной сукцессии», сопровождающейся быстрым ростом разнообразия водной биоты.

Когда техногенный водоем создается на базе природного водоема, большое значение на подготовительном этапе могут иметь различные мероприятия по изменению его морфометрии и гидрологии (изменение конфигурации береговой линии и рельефа дна и др.). Как правило, сукцессионные процессы на подготовительной фазе наблюдаются только на отдельных участках и происходят в виде «вторичной сукцессии», то есть изменения уже сложившихся сообществ. Исключением являются те случаи, когда подготовка водоема сопровождается существенным изменением состава водной среды, тогда облик водной биоты может принципиально поменяться. Например, на Украине в качестве водоема-охладителя Змиевской ГРЭС было использовано ранее солоноватоводное оз.Лиман, которое впоследствии было заполнено пресной водой из р.Северный Донец. Изменение солевого состава водоема, повлекшее за собой принципиальные изменения в составе обитающих в нем гидробионтов, производилось при подготовке водоема-охладителя Экибастузской ГРЭС (Казахстан) (Некрасова, 1990).

➢***Фаза начала эксплуатации техногенного водоема***. В этот период на формирование водных сообществ начинает оказывать воздействие собственно работа электростанции. Следует обратить особое внимание на одно немаловажное обстоятельство: как правило, эксплуатация искусственно созданного техногенного водоема начинается через относительно короткое время после его заполнения. Сукцессионные процессы, начавшиеся на предшествующем этапе (фаза подготовки) еще далеки от завершения. Например, в водоемах-охладителях в это время при относительно низком уровне биоразнообразия численность отдельных пионерных видов находится на весьма высоком уровне. Пуск АЭС или ТЭС нарушает ход сукцессии, численность некоторых форм, процветавших до этого, резко снижается. Может наблюдаться значительное уменьшение общей биомассы планктона и бентоса. Эти явления иногда используются для иллюстрации степени техногенного воздействия. Однако, в действительности, рассматривать эти факты как меру негативного воздействия работы электростанции нельзя. Это – начало нового этапа сукцессионных процессов: вторичная сукцессия водных сообществ, идущая в другом направлении. Практически всегда через относительно короткое время биоразнообразие, биомасса и продукция в водоемах-охладителях не только достигают первоначального уровня, но и превосходят его (Вирбицкас, Егоров, 1994; Безносов и др., 1995).

➢***Фаза первой относительной стабилизации***. На следующем этапе существования водоема-охладителя, при постоянном уровне оказываемой на него нагрузки, условия на определенный период времени стабилизируются и состав его сообществ на протяжении относительно длительного времени остается также более или менее стабильным. Поэтому этот период можно назвать «фазой первой относительной стабилизации». Длительность этого периода может быть достаточно велика (10-15 лет и более), в связи с чем в ряде случаев он интерпретируется как устойчивое климаксное состояние водоема-охладителя. Однако в большинстве случаев для нормальной эксплуатации водоема-охладителя необходимо

периодическое проведение специальных мероприятий. В естественных условиях климаксное сообщество наиболее полно соответствует конкретным ланшафтно-климатическим условиям. Время существования этих условий несравнимо больше длительности сукцессии. Стабилизация состава сообществ в техногенных водоемах носит принципиально иной характер – их состав отвечает уровню техногенной нагрузки в данный период эксплуатации.

➢***Последующие фазы развития термотехногенной экосистемы.*** Достигнутое на первой фазе стабилизации относительное постоянство условий при изменении нагрузки на водоем нарушается. В соответствие с этим происходит трансформация абиотических и биотических компонентов водной экосистемы. Именно эти процессы и наблюдаются во многих водоемах-охладителях при пуске новой очереди электростанции или других заметных изменений в режиме ее работы, например, в результате реконструкции гидротехнических сооружений. Этот этап развития термотехногенной экосистемы можно обозначить как «второй период сукцессионных изменений», исходя из того, что в качестве «первого периода сукцессионных изменений» более целесообразно рассматривать сукцессионные процессы на «фазе начала эксплуатации», а не на «фазе подготовки», когда водный объект часто не имеет специфических черт, присущих техногенному водоему. Снижение разнообразия водных сообществ, наблюдающееся на этой фазе, также как и на фазе начала эксплуатации, может носить временный характер.

После нарушения условий, наблюдавшихся на первой фазе относительной стабилизации, и последующих сукцессионных процессов следует период, когда водные сообщества стабилизируются на новом уровне и существуют до тех пор, пока не произойдут новые значительные изменения в режиме работы электростанции – это «вторая фаза относительной стабилизации».

Если скачкообразные изменения, обусловленные изменением режима работы электростанции, будут происходить многократно, то, в соответствии с этим, в дальнейшем можно

выделить третьи, четвертые и т.д. «периоды сукцессионных изменений» и соответствующие им «фазы относительной стабилизации», каждая из которых будет характеризоваться определенным составом сообществ.

Несомненно, что все водоемы-охладители будут функционировать только определенное время. В связи с этим, в развитии их экосистем будет наблюдаться и «посттехногенный период», когда работа СТВ прекратится. Это вызовет как существенные изменения гидрологического и термического режимов, так и обусловит еще один период сукцесионных процессов. Данная проблема в настоящее время практически не изучена, хотя необходимость таких исследований очевидна. Можно ожидать, что эти водные объекты будут интенсивно зарастать и заиляться.

1.2. Высокая биопродуктивность. Искусственный подогрев вод, как правило, сопровождается интенсификацией биопродукционных процессов и повышением трофического статуса водного объекта (Безносов, Суздалева, 2004; Кучкина, 2004)[63]. В большинстве водоемов умеренной зоны оптимальная для развития фитопланктона температура выше естественной (Девяткин, Мордухай-Болтовской, 1974). Поэтому повышение температуры водной среды во многих случаях сопровождается заметным увеличением биомассы водорослей. Повышение температуры может стимулировать и развитие высшей водной растительности (макрофитов) (Зубарева, 1971; Катанская, 1979). На участках сброса подогретых вод наблюдается значительное (иногда в несколько раз) увеличение биомассы и микрофитобентоса (Гринь и др., 1974; Девяткин, 1974). Увеличению биомассы различных групп фотосинтезирующих растений в искусственно термофицированных водоемах способствует и так называемая **«термическая эвтрофикация»**

[63]При анализе данного аспекта техногенеза (стимулирования биопродуктивности искусственным подогревом вод), обусловленного работой СТВ АЭС и ТЭС, мы сочли целесообразным абстрагировать его от значительно более широкой проблемы эвтрофирования водоемов-охладителей. Этот процесс в большей степени связан не работой СТВ, а с поступлением эвтрофикантов из источников, непосредственно не связанных с электростанцией (Кучкина, 2004; Суздалева и др., 2013).

(Веригин, 1977; Безносов и др., 2002), заключающаяся в поступлении в воду дополнительных количеств биогенных элементов (азота, фосфора и др.) за счет интенсификации биологического круговорота в водоеме при повышенной температуре. В результате подогрев воды часто вызывает заметное повышение уровня биопродукционных процессов. Экологические последствия этих процессов могут носить как позитивный, так и ярко выраженный негативный характер. При этом, поскольку подогрев вод – это ни что иное, как проявление **физического техногенеза водного объекта**, то и подобные явления представляют собой аспекты техногенеза. В позитивном плане подогрев используется для создания упоминавшегося выше тепловодного рыборазведения (Итоги…, 1998).

Негативные последствия обусловлены возникновением дисбаланса продукционно-деструкционных процессов, заключающегося в недоиспользовании части создаваемого органического вещества в последующих звеньях трофической цепи (Богатова, 1971; Суздалева, Безносов, 2001б). В водоемах-охладителях это проявляется в интенсификации их зарастания и возникновении «цветений» фитопланктона. При этом более раннему развитию высшей водной растительности часто сопутствует и более раннее ее отмирание (Лисицына, Жукова, 1971; Экзерцев, Лисицына, 1975; Катанская, 1979 Кацман, 2004). Разложение отмерших растений происходит не в осенний период, а в разгар теплого сезона и может обусловить развитие так называемого «вторичного загрязнения вод» (Безносов и др., 2006б). В период наших исследований водоема-охладителя Курской АЭС подобные явления вызывали массовую гибель гидробионтов в ряде прибрежных участков в результате ухудшения кислородного режима и отравления продуктами разложения.

Позитивная или негативная тенденция в развитии экологических последствий увеличения биопродуктивности водоемов-охладителей определяется механизмом их техногенеза. В случае отсутствия специальных мероприятий по утилизации биологической продукции и деэвтрофированию вод данный процесс протекает первоначально **по**

модифицирующему экологическому механизму (развитие водной растительности и связанных с ней животных-фитофилов), который закономерно **переходит в деградационный механизм**.

1.3. Доминирование эвритермных и эврибионтных форм. Водные сообщества водоемов-охладителей, состоят, главным образом, из видов, обитающих в данной климатической зоне. Однако подогрев вод существенно изменяет роль отдельных видов. Массовое развитие в них получают не теплолюбивые, а эвритермные организмы. Причем, как свидетельствует проведенный нами анализ биоты водоемов-охладителей, расположенных в разных географических зонах (от Казахстана до европейской Арктики), в состав доминантов, вне зависимости от макроклиматических условий и ландшафтных особенностей, входят одни и те же виды (Безносов, Суздалева, 2001в; 2004). При этом следует обратить внимание на то, что априорное использование материалов о степени термофильности и термотолерантности отдельных видов, полученных в лабораторных условиях или на основе анализа их распределения по климатическим поясам, неприемлемо для прогнозов возможности обитания этих форм в водоемах-охладителях (Безносов, Суздалева, 2001а). Это касается не только прогнозирования возможности существования в этих условиях видов с высокой степенью термотолерантности, но и, напротив, делает необоснованным прогноз о невозможности существования в водоемах-охладителях видов, считающихся стенотермными и холодолюбивыми. Как правило, имеющиеся сведения о термофильности и термотолерантности организмов характеризуют лишь потенциальные возможности этих видов, которые в реальных условиях не реализуются в силу воздействия других факторов. Например, предполагалось, что сброс подогретых вод в Кучурганское водохранилище (Молдова) создаст благоприятные условия для обитавших в нем некоторых теплолюбивых планктонных ракообразных (Scapholeberis kingii, Simocephalus elizabethae, Ceriodaphnia reticulata) (Набережный, Есауленко, 1988). Эти виды хорошо

переносят температуру 33-39°С. Тем не менее, после пуска ТЭС эти виды оказались на грани исчезновения.

В большинстве случаев при тепловом загрязнении водоемов наблюдается снижение численности стенотермных видов и увеличение количества более эврибионтных форм, которые обитали здесь и ранее. Довольно характерным является более интенсивное развитие видов, являвшихся ранее второстепенными по своему значению в экосистемах (Сергеева и др., 1988; Сергеева, 1991; Кафтанникова, 1991). Некоторые из них становятся новыми доминантами. Полное исчезновение холодолюбивых организмов происходит редко. Причем довольно часто это обусловлено не повышением температуры, а другими видами антропогенного воздействия, наблюдающимися при превращении озера или участка реки в водоем-охладитель (загрязнением, увеличением мутности воды и др.). Часть видов, считающихся стенотермными, оказывается способными адаптироваться к новым температурным условиям (Садырин, 1985; Протасов, Афанасьев, 1991). Даже в водоеме-охладителе Кольской АЭС, расположенном в Заполярье, значительная часть биоты в кратчайший срок смогла приспособиться к повышенной температуре (Крючков и др., 1985).

1.4. Появление экзотических форм в результате искусственной акклиматизации и спонтанной инвазии термофилов. Средняя температура поверхностных вод в водоемах-охладителях заметно выше естественного уровня, характерного для данного региона, и часто соответствует средней температуре другой климатической зоны (Иванов, Старобогатов, 1974). Например, Б.В. Веригин (1962) сравнивал термический режим водоема-охладителя одной из подмосковных ТЭС с водоемами Египта, Среднего и Южного Китая. При планировании первых водоемов-охладителей высказывались предположения, что в них через определенное время возникнут своеобразные островки субтропической или тропической биоты (Мордухай-Болтовской, 1975). В действительности этого не происходит. В термофицированных водных объектах отмечены лишь отдельные экзотические формы. Причем их появление редко происходит в форме

спонтанной инвазии. В большинстве случаев оно прямо или косвенно связано с целенаправленной деятельностью человека (т.е. является результатом биотического техногенеза). Например, субтропическая пресноводная креветка Macrobrachium nipponense завезена в некоторые водоемы-охладители при искусственной акклиматизации рыб (белого амура и толстолобика) из реки Янцзы (Иванов, Старобогатов, 1974). Тропические брюхоногие моллюски Physella integra и красная катушка, вероятнее всего, попали в эти водоемы из аквариума (Садырин, 1985; Безносов, Суздалева, 2001а). Аналогичное предположение можно высказать и относительно распространившегося во многих водоемах-охладителях России и Украины водного растения валлиснерия спиральная (Vallisneria spiralis) (Шахматова и др., 1971; Лукина, 1972; Журавель, 1974; Шкорбатов и др., 1976; Ваулин, Зубарева, 1979; Лунгу, 1990; Безносов, Суздалева, 2001а). Этот субтропический вид теперь нередко можно встретить значительно севернее пределов его естественного ареала, даже в таежной зоне на границе с Полярным Уралом. Однако, как отмечает В.М. Катанская (1979), валлиснерию скорее можно причислить к **синантропным видам**. Ее распространение на север связано не только с повышением температуры, а с образованием в водоемах-охладителях целого комплекса условий, специфически благоприятных для этого вида.

Появления значительного числа субтропических и тропических видов не наблюдается и на участках акватории Мирового океана, подверженных термальному загрязнению (Милейковский, 1979), несмотря на то, что перенос пелагических личинок водных организмов морскими течениями на большие расстояния и интенсивное судоходство создают предпосылки инвазии экзотических видов в термофицированные участки прибрежной зоны. Те же тепловодные виды, которые осваивают подобные местообитания, также представляют собой синантропов, для которых подогрев вод – лишь один из техногенных факторов, обеспечивающих условия для их массового развития. Например, это организмы-обрастатели подводных антропогенных субстратов (балянусы и др.).

Незначительность инвазионных процессов нельзя объяснить только кратковременностью существования водоемов-охладителей (точнее, участков постоянного подогрева вод) и трудностью проникновения в них южных видов. Например, водоем-охладитель ГРЭС им. Классона, находящийся в Московской области, существует с 1914 г.; водоемы-охладители Шатурской и Горьковской ТЭС функционируют с 1925 г. (Катанская, 1979). Вероятность случайного заноса субтропических видов в эти водоемы, например, при ежегодных миграциях водоплавающих птиц или как косвенный результат человеческой деятельности, за этот период была достаточно высока. О принципиальной возможности вселения в водоемы-охладители видов из других климатических зон свидетельствует то, что отдельные субтропические виды в них все же обнаружены. В водоеме-охладителе Зуевской ГРЭС на Украине в массе обнаружены несколько субтропических видов синезеленых водорослей (Виноградская, 1971а,б). Экзотические виды фитопланктона отмечены и при исследовании водоема-охладителя Курской АЭС (Шидловская и др. 2004).

Существует мнение (Протасов, Афанасьев, 1991), что большая редкость находок экзотических термофильных форм в водоемах-охладителях может объясняться трудностями конкуренции с видами-автохтонами. Кроме того, не следует упускать из виду, что термофильные виды могут погибать в периоды экстремальных снижений температуры в зимний период (этот вопрос более подробно будет рассмотрен ниже). Вероятно, большинство тропических и субтропических видов, случайно заносимых в водоемы-охладители, в дальнейшем не выживает.

Результаты обобщенного анализа рассмотренных выше **отличительных особенностей термотехногенных экосистем можно резюмировать следующим образом.** Возникая как одна из форм сопутствующего техногенеза, они в дальнейшем развиваются как ПТС, состояние которых зависит как от режима работы электростанции, так и от некоторых специальных мер по поддержанию приемлемого экологического состояния водного объекта и его эксплуатационных параметров. Эти меры,

являющиеся отдельными аспектами техногенеза, мы рассмотрим позже. В контексте анализа общих тенденций развития термотехногенных экосистем следует обратить внимание на **механизм техногенеза**. **До определенного момента** он, как правило, **носит модифицирующий характер**. Наиболее заметно он проявляется в виде биотического, физического, гидрологического и геоморфологического техногенеза, не сопровождающегося устойчивой экологической деградацией. Временное снижение показателей экологического состояния (уровня биоразнообразия и др.) происходит только в периоды перехода из одного периода стабилизации экосистемы в другой. Но в определенный момент времени, **когда уровень антропогенной нагрузки достигает некоего критического уровня, начинается процесс экологической деградации** (Горюнова, 2006). В большинстве случаев во многом эти явления обусловлены эвтрофированием вод со стороны хозяйствующих субъектов, непосредственно не связанных с электростанцией (Кучкина, 2004, Суздалева и др., 2013). Вместе с тем, они создают угрозу для ее нормальной работы – в результате зарастания мелководий и цветений фитопланктона происходит ухудшение технико-эксплуатационных характеристик водоема-охладителя. Кроме того, ухудшение качества воды интенсифицирует развитие различных биопомех во внутренних узлах СТВ (Суздалева и др., 2004). По этим причинам **персонал электростанции вынужден осуществлять меры по сохранению удовлетворительного состояния водоема-охладителя**. То есть **происходит переход от модифицирующего механизма техногенеза к поддерживающему**. На практике эти мероприятия зачастую осуществляются бессистемно, т.е. направлены на ликвидацию уже возникших негативных явлений, а не их источника. Например, при зарастании мелководий, затрудняющих циркуляцию вод, производится их механическая расчистка или уничтожение водной растительности с помощью гербицидов. Вместе с тем, причина этих явлений заключается в поступлении в водоем-охладитель различных стоков, приносящих в него агенты эвтрофирования (соединения фосфора и азота). Если эти источники эвтрофирования не контролировать, то процессы

зарастания и цветения вод будут продолжаться. Возможным путем решения проблемы является деэвтрофирование вод. Таким образом, **возникает необходимость перехода к управляющему механизму техногенеза**. Очевидно, что **наиболее эффективным данное направление экологической оптимизации** СТВ АЭС и ТЭС **будет** в том случае, если эти меры будут запланированны еще на этане проектирования и будут носить системный характер, иными словами, тогда, **когда водоем-охладитель будет проектироваться как управляемая ПТС**.

2. Инженерно-технические и биомелиоративные[64] мероприятия по снижению загрязнения и эвтрофирования водоема-охладителя. Для того, чтобы рассматривать эту деятельность в качестве позитивного аспекта процесса техногенеза, обусловленного эксплуатацией водоема-охладителя, необходимо сделать некоторые пояснения. В отличие от водохранилищ ГЭС, задача обеспечения приемлемого экологического состояния водоема-охладителя АЭС или ТЭС непосредственно возлагается на руководство этих объектов. Мероприятия, осуществляемые с этой целью, в совокупности можно рассматривать **как поддерживающий механизм техногенеза**, а в том случае, если они способны оперативно реагировать на нежелательные изменения экологического состояния и корректировать его в нужном направлении – **как механизм управляющего техногенеза** (табл. 3.3). Однако на современном этапе создание управляющего механизма техногенеза – это лишь цель экологической оптимизации. Осуществить ее на практике пока удается лишь на относительно коротких временных интервалах.

Во многих случаях при проведении на водоемах-охладителях экологических исследований или организации мониторинговых наблюдений электростанция априорно рассматривается только в

[64]Под биомелиорацией (биологической мелиорацией водного объекта) понимается улучшение состояния водного объекта при помощи биологических мероприятий (ГОСТ 17.1.1.01 -77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения», пункт 51).

качестве главного источника загрязнения водной среды. Вместе с тем, как показывает опыт нашей многолетней работы на различных АЭС и анализ литературных источников, в реальности это далеко не так. Электростанция при нормальном режиме работы не является источником заметного загрязнения водной среды (за исключением теплового). Значительно большее негативное воздействие, как правило, оказывают стоки с других промышленных и бытовых объектов и загрязнение водотоков, служащих источником водоснабжения электростанции (Кошелева, 1991; Бондаренко и др., 1994; Кучкина, Безносов, 2012). Например, при обследовании водоема-охладителя Курской АЭС в начале 2000-х годов только на одном небольшом участке его береговой линии, примыкающей к городской застройке, мы обнаружили более 10 источников несанкционированного сброса сточных вод. Практически всегда эти явления способствуют экологической деградации экосистемы водоема-охладителя, проявляющейся в зарастании прибрежий, цветениях фитопланктона, ухудшении качества вод, снижении рыбохозяйственного и рекреационного потенциалов. Это наносит ущерб не только электростанции (в форме биопомех в ее СТВ), но и различным группам других стейкхолдеров данной ПТС, использующих этот водный объект в своих целях.

Электростанция, выступая в роли регулятора ПТС, способна улучшить ситуацию двумя способами: осуществлением инженерно-технических и биомелиоративных мероприятий. Первое из этих направлений включает строительство специальных сооружений по предотвращению и очистке стоков в водоем-охладитель. В некоторых случаях, с целью улучшения экологического состояния водоема-охладителя, проводятся меры по его **инженерно-технической мелиорации:** расчистке засоренных и заболачиваемых прибрежных участков, уборке скоплений отмершей погруженной растительности и скоплений плавающих нитчатых водорослей (флотона), являющихся источником вторичного загрязнения вод (Безносов и др., 2006б) и др.. В совокупности все эти мероприятия можно рассматривать как пример **природообустройственного техногенеза**.

Второе направление – **биомелиорация –** заключается в целенаправленной модификации экосистемы водоема-охладителя путем разведения в нем организмов (в т.ч. экзотических для данного региона), которые способны снизить последствия эвтрофирования и загрязнения водоема-охладителя. Эти мероприятия можно рассматривать как пример **целенаправленного биотического техногенеза**. Например, в первоначальный этап существования водоема-охладителя Курской АЭС на его берегах производилась посадка тростника. Сформировавшиеся заросли макрофитов, окаймляющие берега этого водоема в настоящее время, не только препятствуют их размыву, но и задерживают значительную часть эвтрофикантов и загрязнителей. В последующий этап для борьбы с бурным развитием погруженной растительности в водоеме многократно проводилась акклиматизация растительноядных рыб. В течение многих лет эти мероприятия поддерживали относительно благополучное состояние водоема-охладителя как с экологической, так и с эксплуатационной точки зрения.

3. Техногенная мелиорация вод[65]**.** Данный позитивный аспект техногенеза свойственен всем водоемам-охладителям и происходит как в результате прямого воздействия работы СТВ на водную среду, так и косвенного, результатом чего является улучшение качества вод или его сохранение на определенном уровне в условиях интенсивного загрязнения.

Прямое воздействие заключается в подогреве, турбулентном перемешивании и аэрации отработанных вод в районе сброса в водоем-охладитель. Это интенсифицирует процессы разложения органического вещества, что в ряде случаев приводит к значимому улучшению качества вод, проходящих через СТВ АЭС и ТЭС (Суздалева и др., 2007; Кучкина, Безносов, 2012). Так, в водоем-охладитель Добротворской ГРЭС (Украина) впадает р.Полтва, загрязненная

[65]Под техногенной мелиорацией мы понимаем улучшение качества вод, происходящее вследствие побочного воздействия техногенных факторов. В отличие, от этого инженерно-техническая мелиорация вод – это использование различных устройств и сооружений для целенаправленного улучшения качества водных объектов.

промышленно-бытовыми стоками г.Львова и некоторых других населенных пунктов. Попадая в водоем-охладитель, эти грязные воды при повышенной температуре подвергались интенсивному самоочищению, в результате чего их качество заметно улучшалось (Кошелева, 1991). Известны даже случаи, когда сброс подогретых вод предотвращал полную гибель организмов на загрязненных участках водоема. Подобное явление, например, описано в р.Северный Донец в месте сброса подогретых вод Ворошиловоградской ГРЭС (Украина). На участке реки, расположенном выше электростанции, в отдельные периоды макрозообентос практически отсутствовал, вследствие сброса в эту реку большого количества промышленных стоков (Протасов и др., 1991). Вместе с тем ниже по течению, в тот же период была обнаружена достаточно разнообразная донная фауна. В связи с этим высказывалось мнение, что в тех случаях, когда водоемы-охладители загрязнены, многократное прохождение вод через систему технического водоснабжения электростанции только улучшит их качество (Топачевский, Пидгайко, 1971). Однако следует отметить, что высказывалось и почти противоположное мнение (Коненко и др., 1971): в водоемах, сильно загрязненных органическим веществом, повышенная интенсивность его минерализации может привести к резким колебаниям в содержании растворенного кислорода и, тем самым, ухудшить санитарно-химический режим водного объекта. Реализация одной из этих тенденций во многом зависит от конструктивно-компоновочных решений, используемых при проектировании (реконструкции) водосбросных сооружений СТВ, и режима циркуляции вод.

Косвенное воздействие работы СТВ, вызывающее **техногенную мелиорацию вод**, связано с тем, что постоянное циркуляционное течение более менее равномерно распределяет поступающие в водоем-охладитель загрязнители по значительной части его объема (водной массе циркуляционного течения). По этой причине во многих случаях здесь на участках загрязнения не формируется характерных «пятен» или «шлейфов» с повышенным содержанием загрязнителя (Суздалева, 1999). Подобное искусственное разбавление также

способствует интенсификации самоочищения вод. Вместе с тем, данное явление представляет опасность, поскольку маскирует процессы загрязнения и эвтрофирования водоемов-охладителей. До определенного момента, благодаря постоянной циркуляции вод, последствия данных процессов малозаметны. Однако, когда концентрация эвтрофиканта или загрязнителя во всей массе циркуляционного течения достигает критического уровня, нежелательные явления (цветение вод, ухудшение кислородного режима и др.) принимают залповый, катастрофический характер и сразу охватывают значительную часть акватории водоема-охладителя (Суздалева и др., 2013).

Разработка проектных и эксплуатационных решений, повышающих результативность техногенной мелиорации, является одним из направлений **экологической оптимизации** СТВ АЭС и ТЭС (табл. 3.3). Внедрение подобных инноваций представляет собой **смену форм техногенеза: от сопутствующего к целенаправленному**, а также возможную **смену его механизмов** (от поддерживающего к управляющему).

4. Снижение процента гибели организмов, попадающих во внутренние узлы СТВ. В зависимости от состава планктонных организмов их гибель в этих условиях может составлять до 80% (Мордухай-Болтовской, 1975; Протасов, 1991). Негативное воздействие комплекса факторов (скачок температуры, механические удары, изменение давления и др.) способно вызывать гибель различных групп водной биоты, в том числе и бактериопланктона (Суздалева, 1998). Однако в наибольшей степени эти воздействия сказываются на организмах зоопланктона (Ривьер, 1971; Сергеева, 1991).

Очевидно, что данные воздействия не могут не оказывать существенного влияния на состав планктона, а учитывая, что планктонный образ жизни ведут личиночные формы многих донных организмов, то и на состав бентических сообществ. При этом особенно высокий процент гибели отмечается у видов, имеющих относительно крупные размеры и сложную форму тела. В то же время виды, которые в силу своих морфологических и/или физиологических особенностей более

толерантны к воздействию работы СТВ, получают определенные преимущества. В большинстве водоемов-охладителей после стабилизации экосистемы по прошествию некоторого периода после начала эксплуатации СТВ происходит не снижение уровня биоразнообразия, а перераспределение роли отдельных видов (Суздалева, Безносов, 2000). Аналогичная картина наблюдается и при изменении режима работы электростанции (например, пуска новых энергоблоков) (Безносов, Суздалева, 2005). Поэтому мы рассматриваем это явление не как деградационный, а как **модифицирующий механизм техногенеза** (табл. 3.3).

Как показывают результаты наших исследований, проведенных на водоемах-охладителях Курской, Калининской и Смоленской АЭС, доля травмированных и/или погибших организмов при прохождении СТВ редко превышает 50% (Суздалева и др., 2007). В отдельные периоды гибель зоопланктона составляет всего 3-5%, что меньше его выедания рыбами в естественных условиях. По-видимому, объясняется это тем, что при оборотной системе водоснабжения основная водная масса циркуляционного течения периодически проходит через систему охлаждения через относительно короткий период времени. Поэтому виды зоопланктона, в наибольшей степени подверженные травматизму, в таких водах встречаются редко. Об этом свидетельствуют изменения в характере распределения зоопланктона, наблюдающиеся при превращении естественного водоема в водоем-охладитель АЭС (Суздалева, Безносов, 2000). Формы, становящиеся доминантами в водной массе циркуляционного течения, как правило, более толерантны. В связи с этим общий процент травмированных в системе водоснабжения особей зоопланктона в начальный период эксплуатации водоема-охладителя весьма высок, а затем постепенно снижается. Снижение процента гибели зоопланктона по мере развития экосистем водоемов-охладителей отмечено и другими исследователями (Бондаренко и др., 1994). Например, если в начале эксплуатации гибель зоопланктона в системе охлаждения Змиевской ГРЭС (Украина) составляла 75-80%, то в последующий период она снизилась до 20%.

Экологическая оптимизация возможна и в данном направлении путем разработки проектных и эксплуатационных решений, снижающих вероятность гибели организмов во внутренних узлах СТВ.

5. Оптимизация уровня и режима подогрева вод. Данное направление должно базироваться на оценке различных аспектов теплового воздействия и комплексном прогнозе его экологических последствий. Существует несколько видов воздействия подогрева вод на организмы. Во-первых, постоянное тепловое воздействие, не достигающее пороговых значений, вызывающих нарушение жизнедеятельности организмов. В этих пределах искусственный подогрев вод может оказывать стимулирующие влияние на водные организмы и повышать биологическую продуктивность водоема (Топачевский, Пидгайко, 1971; Пидгайко, 1971б). Данный эффект использовался на практике для создания объектов так называемого «рыбоводства на теплых водах» (Итоги…, 1998). Для обозначения подобного теплового воздействия предлагался специальный термин – **«калефакция»** (нагревание) (Мордухай-Болтовской, 1975), противопоставляемый понятию **«тепловое загрязнение»**, который используется для обозначения негативного влияния искусственного подогрева вод на организмы.

Вместе с тем, следует отметить, что термин «калефакция» изначально подразумевал лишь только отсутствие прямого неблагоприятного воздействия подогрева вод. В этих условиях массовая гибель гидробионтов может происходить в результате косвенного воздействия данного фактора. Прежде всего, это ухудшение кислородного режима в придонных слоях, обусловленное рассмотренным выше явлением термотехногенной стратификации, а также спровоцированное подогревом нарушение жизненных циклов гидробионтов (Суздалева, Безносов, 2001а). Так, у насекомых, личинки которых развиваются в водной среде, искусственное увеличение продолжительности теплого периода приводит к тому, что их массовый вылет в воздушную среду происходит не весной, а осенью, в результате чего они погибают.

Во-вторых, кратковременные повышения температуры до экстремального уровня, сопровождающиеся массовой гибелью гидробионтов вследствие прямого воздействия подогрева. Как правило, такие явления происходят в результате совпадения (комплементарного воздействия) естественного повышения температуры среды в теплое время года и временного увеличения мощности электростанции.

Для подавляющего большинства водных организмов пороговым значением подогрева является температура 40°С (Мордухай-Болтовской, 1975). Данный температурный предел свойственен видам, обитающим в различных климатических зонах. По этой причине даже относительно небольшой скачок температуры в сбросных водах электростанций, расположенных в тропиках, может вызвать уничтожение водных биоценозов на значительных участках.

Экологические последствия подобных температурных скачков в конкретных случаях могут существенно различаться. На основании результатов исследований, проведенных нами на различных российских водоемах-охладителях, была разработана классификация подобных явлений, которая подробно рассмотрена в разделе 5.2.2.

6. Временное понижение температуры на подогреваемых участках до естественного уровня. Также обычно наблюдается при комплементарном сочетании климатических условий и режима работы электростанции (снижение мощности в период минимальных зимних температур). Поскольку эти явления обусловлены непреднамеренным воздействием работы СТВ, их следует рассматривать как форму сопутствующего техногенеза. Практически всегда постоянный искусственный подогрев вод сопровождается **биотическим техногенезом**. Эти явления носят многоплановый характер, основные аспекты которого мы рассмотрим позже – при обсуждении закономерностей процесса формирования экосистем водоемов-охладителей. В данном контексте интерес представляет развитие в них тепловодных видов, несвойственных данной климатической зоне (Безносов, Суздалева, 2001а). Эти виды условно могут быть подразделены

на две группы. Первая – это спонтанно[66] вселившиеся организмы, нашедшие в водоемах-охладителях благоприятную среду обитания. Вторая группа – это искусственно интродуцированные виды. К ней, прежде всего, относятся рыбы-биомелиораторы, которые акклиматизированы в ряде водоемов-охладителей для борьбы с зарастанием и дрейссеной, а также виды рыб, вселявшиеся в целях нагульного разведения.

Даже кратковременное понижение температуры в зимний период до определенного уровня, который, также как и в случае с нагревом вод можно обозначить как «экстремальный», способно вызвать в водоемах-охладителях массовую гибель тепловодных организмов. Это влечет за собой ухудшение санитарного состояния вод и дестабилизацию экосистемы, сформировавшейся в этих водных объектах. Так, в зимний период 2009 г. в результате временного понижения температуры в водоеме-охладителе Курской АЭС нами наблюдалась массовая гибель тиляпии, огромная масса[67] которой в результате последующего повышения температуры начала быстро разлагаться. Аналогичные явления ранее наблюдались и в водоемах-охладителях некоторых ТЭС (Мордухай-Болтовской, 1975). Возникновение таких же событий можно ожидать при снижении уровня подогрева и в других термофицированных водных объектах. Например, прекращение работы Кольской АЭС приведет к исчезновению карпа, в настоящее время обитающего в оз.Имандра (Лукин, 1999). В некоторых водоемах-охладителях умеренной зоны России обширные мелководья обогреваемой зоны покрыты густыми зарослями валлиснерии спиральной, являющейся видом-эдификатором, формирующим среду обитания для всех других существующих здесь организмов. Например, в водоеме-охладителе Смоленской АЭС заросли валлиснерии занимают квадратные километры. Очевидно, что гибель этих растений при понижении температуры в зимний период вызовет экологическую

[66]К этой группе условно можно отнести виды, вселение которых осуществлялось человеком в той или иной степени преднамеренно, но не было санкционировано и не преследовало какой-либо практической цели. Например, многие из этих вселенцев – типичные обитатели любительских аквариумов.

[67]Водолазами в этот период было извлечено несколько тонн рыбы, что являлось лишь относительно небольшой частью погибших особей.

катастрофу. Подобные явления можно рассматривать как разновидность **термального загрязнения** водной среды, только не «теплового», а «**холодового**», свойственного некоторым современным видам человеческой деятельности (Безносов, Суздалева, 2001б). Высказывалось мнение о необходимости введения специального природоохранного норматива, ограничивающего пределы понижения уровня подогрева вод (Коткин, 2012).

Экстремальное понижение температуры вод обусловлено режимом эксплуатации СТВ электростанции и, следовательно, является одним из аспектов техногенеза (табл. 3.3). Экологический механизм данных явлений, также как и при экстремальном подогреве, носит двоякий характер. С одной стороны, массовая гибель организмов вызывает деградацию сложившейся экосистемы, в которой они играли значимую роль. С другой стороны, те же явления обуславливают и **модифицирующий экологический механизм техногенеза** – в водоеме-охладителе формируются сообщества с доминированием эвритермных форм (Безносов, Суздалева, 2001в).

Меры по недопущению понижения температуры воды, сопровождающиеся массовой гибелью тепловодной биоты этого уровня, на наш взгляд, можно рассматривать **как одно из направлений экологической оптимизации** работы СТВ АЭС и ТЭС.

7. Возникновение рекреационных зон (резортов). Подогрев воды создает предпосылки для использования берегов водоемов-охладителей в рекреационных целях (купания, любительского лова рыбы и др.). Особенно характерны такие образования для водоемов-охладителей АЭС, отличающихся большими размерами, богатством природных условий и меньшей загрязненностью по сравнению с водоемами-охладителями ТЭС. Участки, использующиеся для массового отдыха населения, существуют на всех исследованных нами российских АЭС (Курской, Смоленской, Калининской и др.). Они носят как организованный характер (городские пляжи «городов энергетиков»), так и возникают

стихийно. В первом случае это пример **целенаправленной формы техногенеза**, во втором – **сопутствующей**. Соответственно, экологические механизмы техногенеза в данных случаях можно рассматривать как **поддерживающий** (состояние организованных пляжей) и **модифицирующий** (создание благоприятного температурного режима для купания). Для обозначения всей совокупности подобных объектов нами ранее был предложен термин «резорты» (Суздалева, Безносов, 2012; Суздалева и др., 2012). Экологическая оптимизация в данном направлении должна осуществляться в виде специальных мер по инженерно-экологическому обустройству всех резортов, в том числе изоляции водоема-охладителя от попадания в него продуктов жизнедеятельности человека. Нежелательность подобного антропогенного воздействия будет рассмотрена ниже. В данном случае в основу предпринимаемых мер должен быть положен не официальный статус резорта (организованный или неорганизованный), а экологическая оптимизация водоема-охладителя, как компонента СТВ электростанции. В соответствии с этим, планирование и осуществление данной деятельности должно возлагаться не только на санитарно-эпидемиологическую службу, но и на электростанцию, если она рассматривается как регулятор экологического (а в данном случае и социально-экологического) состояния водоема-охладителя. Подобная деятельность в той или иной степени уже практикуется на большинстве водоемов-охладителей российских АЭС, поэтому экологическая оптимизация данного аспекта техногнеза скорее должна заключаться в придании ей системного и научно-обоснованного характера.

8.«Вторичный рост» патогенных микроорганизмов во внутренних узлах СТВ и в подогреваемых участках акватории. Несмотря на свою практическую значимость, данный аспект техногенеза в настоящее время еще почти не исследован. Явление «вторичного роста», заключается в том, что искусственное повышение температуры среды создает условия для размножения бактерий, в том числе и патогенных, обычно не

развивающихся в природных водоемах (Ленчина, 1991). Например, при температуре 35-40°C, которая характерна для сбросных вод АЭС и ТЭС, в теплое время года в воде размножаются бактерии тифа и паратифа, что, как правило, не имеет места в обычных водоемах умеренного пояса (Булашев и др., 1974). По нашим наблюдениям, численность условно-патогенных бактерий, «бактерий группы кишечной палочки (БГКП)», часто увеличивается в подогреваемых участках на порядок и более (Суздалева и др., 1999; 2001в; Суздалева, 2000б). Вместе с тем, пребывание воды во внутренних узлах СТВ, как правило, не превышает 1ч, что существенно меньше времени генерации бактерий (удвоения численности) в этих условиях. В связи с этим, наиболее вероятное объяснение этого явления заключается в том, что процессы «вторичного роста» происходят не только непосредственно в воде, но и в сообществах микроперифитона, сформировавшегося на внутренней поверхности агрегатов системы охлаждения во время эксплуатации АЭС. Можно предположить, что условия, формирующиеся на отдельных участках систем охлаждения, могут быть благоприятны для развития некоторых патогенных форм бактерий. Температура среды здесь в среднем составляет около 40°C, что соответствует температуре человеческого тела. Кроме того, вследствие гибели планктонных организмов, травмированных при прохождении через различные технические агрегаты, в среду поступает дополнительное количество легкоусвояемых органических веществ. По мере роста часть клеток бактерий постоянно отрывается от субстрата и выносится со сбросными водами в водоем-охладитель. Таким образом, специфика водоемов-охладителей обусловливает необходимость выработки нового подхода к оценке их санитарно-гигиенического состояния. Область контроля и санитарно-микробиологических исследований не должна ограничиваться только акваторией водоемов-охладителей.

Экологический механизм данного аспекта техногенеза следует рассматривать как **деградационный**, поскольку он сопровождается снижением рекреационного потенциала водоема-охладителя, а в некоторых случаях и ограничениями в использовании его рыбохозяйственного потенциала.

Основное направление экологической оптимизации в данном случае должно заключаться в разработке проектных и эксплуатационных решений, исключающих развитие патогенных организмов в СТВ. Например, по нашим наблюдениям (Суздалева, 2000), аномальное развитие БГКП в районе сброса подогретых вод нередко обусловлено тем, что вблизи участков водозабора в воды циркуляционного течения попадают стоки, характеризующиеся высоким уровнем бактериального загрязнения (например, стоки с объектов животноводства). Особую опасность представляют собой сбросы канализационных вод (например, при авариях на очистных сооружениях). Подобные события наблюдались нами на водоемах-охладителях некоторых российских АЭС. По этой причине необходимо предусматривать еще на этапе проектирования определенные меры по инженерно-экологическому обустройству (см. раздел 2.2) водоемов-охладителей, направленные на их изоляцию от попадания стоков, содержащих патогенные микроорганизмы. Необходимым также является соотвествующее инженерно-экологическое обустройство как организованных, так и стихийных резортов.

Результаты обобщенного анализа значимых аспектов техногенеза водных объектов, превращенных в водоемы-охладители АЭС и ТЭС, **можно резюмировать** следующим образом:

- Возникающий в процессе данного варианта техногенеза водный объект во всех случаях представляет собой управляемую ПТС. Неизбежность управления водоемом-охладителем обусловлена тем, что он является частью постоянно функционирующей технической системы (СТВ), предназначенной для обеспечения нормальной работы электростанции. В этом процессе значимую роль играет и «природная» компонента данной ПТС, от состояния которой зависит не только эффективность работы электростанции, но и ее безопасность. Эти вопросы решаются оперативно в ходе эксплуатации СТВ электростанции путем целенаправленных мер по поддержанию приемлемого экологического состояния

водоема-охладителя, а также мер по подавлению развития в нем нежелательных организмов. Таким образом, в отличие от объектов гидроэнергетики, на АЭС или ТЭС, имеющих водоемы-охладители, изначально возлагают функции регулятора данной природно-технической системы (ПТС).

- Методологии управления состоянием водоема-охладителя могут быть условно разделены на две категории, цели которых принципиально различаются. Первая из них, в настоящее время доминирующая, в качестве основной цели рассматривает обеспечение нормальной работы СТВ электростанции. Экологические проблемы рассматриваются в качестве побочных эффектов. Стимулами для их решения являются необходимость соблюдения природоохранного законодательства и ухудшение условий эксплуатации технических агрегатов, возникающие вследствие жизнедеятельности обитающих в водоеме-охладителе организмов (борьба с биопомехами). В данном случае мы имеем дело с **модифицирующим и поддерживающим экологическими механизмами техногенеза**. Эффективность этих мер может быть повышена путем экологической оптимизации СТВ АЭС и ТЭС по ранее рассмотренным направлениям.
- Вторая методология подразумевает системный характер управления и решение экологических проблем не на основе борьбы с уже проявившимися нежелательными последствиями, а путем их своевременного прогноза и предотвращения, то есть путем идентификации и ликвидации (или минимизации) аспектов техногенеза, являющихся источниками подобных явлений. Значительная часть этих задач должна выполняться еще на этапе проектирования водоемов-охладителей. **Водоемы-охладители изначально должны создаваться не как открытая часть СТВ электростанции, а как управляемая ПТС, в которой электростанция играет роль регулятора не только технико-эксплуатационных параметров, но и экологического состояния.** Таким образом, это подразумевает **переход от поддерживающего**

экологического механизма техногенеза к управляющему. В данном случае в разработке программ экологической оптимизации должен преобладать системный подход, заключающийся во взаимосвязанном решении экологических проблем по всем значимым аспектам техногенеза, возникающим в ходе эксплуатации водоемов-охладителей.

- Экосистема, формирующаяся в водоемах-охладителях при отсутствии экстремальных воздействий, характеризуется высокой биопродуктивностью (рыбохозяйственным потенциалом) и обладает рекреационным потенциалом, уровень ее биоразнообразия принципиально не отличается от водных объектов данного региона и может быть даже более высок за счет целенаправленной интродукции теплолюбивых организмов или их спонтанной инвазии.
- При проведении системной экологической оптимизации даже объекты целенаправленного и глубокого[68] техногенеза, такие как водоемы-охладители АЭС и ТЭС, могут быть превращены в водные объекты многоцелевого пользования, состояние которых одновременно удовлетворяет технико-эксплуатационным, природоохранным и социально-экологическим требованиям.

3.2.3. АНТИРЕКИ (МЕЖБАССЕЙНОВАЯ И МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕБРОСКА РЕЧНОГО СТОКА)

3.2.3.1. Общая характеристика

Рассмотрение данного варианта техногенеза водных объектов было включено в монографию по двум причинам. Во-первых, подобные проекты изменения водных систем вызывают в настоящее время наибольшую обеспокоенность у экологической общественности и специалистов в области охраны водных ресурсов (Шикломанов, Маркова, 1987; Данилов-Данильян, Лосев, 2006). Это вполне обосновано, поскольку их реализация неминуемо приводит к значимым изменениям экологического состояния обширных территорий и

[68]Употребляя данное выражение, мы хотим подчеркнуть высокую степень и многоплановость трансформации водного объекта при включении его в качестве компонента в СТВ АЭС или ТЭС.

даже морских бассейнов. Во-вторых, острый дефицит водных ресурсов в ряде регионов, усугубляющийся демографическими проблемами, постоянно провоцирует разработку подобных проектов. Весьма велика вероятность того, что в определенный момент острота социальных проблем и экономические выгоды перевесят доводы экологов, и крупномасштабные проекты антирек начнут осуществляться[69]. Учитывая прошлый характер освоения водных ресурсов, можно прогнозировать, что после первых прецедентов создание антирек в скором времени станет одним из распространенных вариантов техногенеза. Например, в Китае и Монголии разрабатывается ряд подобных проектов, которые, скорее всего, в ближайшем будущем будут осуществлены (Справка…, 2007; Болгов, Фролова, 2012; Говорушко, Горбатенко, 2013).. Причем некоторые из них окажут значимое влияние на водные системы РФ. Так, предусматривается переброска стока р.Аргунь, р.Керулен, р.Онон (бассейн Амура), р.Орхон (бассейн Селенги).

Как правило, в экологической литературе при обсуждении проблемы антирек рассматривается разрабатывавшийся в середине XX века проект переброски стока сибирских рек в Среднюю Азию. Реже упоминается другой аналогичный по масштабности проект переброски стока европейских северных рек в Каспийский бассейн (Саруханов, 1961; О влиянии…, 1967; Герарди, 1973). Один из вариантов предполагал превращение р.Печоры[70] в антиреку почти на всем ее протяжении (Самарин, 2009). Разрабатывался также крупномасштабный проект переброски части стока из сибирских рек Обь и Иртыш в Каспийское море путем строительства Обь-Каспийского канала (ОКК) и превращения р.Иртыш в антиреку (Колодин, 1981). Создание антирек предлагалось также для водообеспечения Днепра за счет переброски части речного стока Балтийского

[69]Следует уточнить, что, обсуждая проблему создания антирек, мы имеем в виду только крупномасштабные проекты переброски стока, изменяющие условия обширных регионов. Аналогичные мероприятия меньшего масштаба уже давно являются весьма распространенным вариантом техногенеза водных систем, но термин «антиреки» для их обозначения не используется, заменяясь на понятия «межбассейновая переброска стока», «соединение транспортных водных путей» и т.п.

[70]В технической литературе уже даже использовался термин «Анти-Печора» (Березнер, 1985, с. 106).

бассейна (Межзональное…, 1980; Березнер, 1985). В СССР все эти проекты были отклонены по природоохранным и, отчасти, по экономическим соображениям. Однако и в настоящее время обсуждение целесообразности переброски стока сибирских рек периодически возобновляется на высоком государственном уровне (Энергетика Алтая… 2012).

Среди зарубежных крупномасштабных проектов антирек следует упомянуть разрабатывавшийся в США так называемый «Северо-Американский водноэнергетический альянс» (НАВАПА) (North American Water and Power Alliance» (NAWAPA)), охватывающий огромную территорию и предполагавший перераспределения водных ресурсов речного стока США, Канады и Мексики (Kelly, 1966).

Строго говоря, переброска речного стока путем организации антирек – это весьма древний вариант техногенеза водных объектов, использовавшийся еще задолго до нашей эры (Колодин, 1981; Березнер, 1985). В странах аридной зоны археологами обнаружены следы систем межбассейновой переброски воды по каналам и тоннелям, проложенным тысячелетия назад для нужд орошения. Примером могут служить каналы Средней Азии, Месопотамии, Шри-Ланка, Индии, Китая, каналы и тоннели Армении. Современная актуальность экологических проблем организации антирек обусловлена не новизной данной идеи, а новыми возможностями для ее реализации и, следовательно, масштабностью проектов.

Авторы монографии не ставят под сомнение экологическую опасность создания антирек и, тем более, в их цели не входило пропагандирование таких проектов. Вместе с тем, в силу указанных выше причин, существует необходимость непредвзятого анализа данного варианта техногенеза. Относительно проблемы антирек существуют две практически концептуально альтернативных позиции. Суть первой из них заключается в безусловном запрещении этой деятельности. Обоснование этой точки зрения строится на оценке негативных последствий. Какие-либо решения, позволяющие снизить нежелательные воздействия, не рассматриваются. Очевидно, что

в том случае, если проекты антирек будут реализовываться[71] ,подобная позиция подразумевает лишь их критику.

Суть второй концепции, которой придерживаются авторы монографии, подразумевает **признание презумпции экологической опасности[72] этих проектов**, но, вместе с тем, учитывая вероятность их реализации, предполагает **своевременную разработку методов оценки сопутствующих экологических эффектов и практических предложений по снижению негативных воздействий** на окружающую среду. Необходимым является рассмотрение проектов антирек с учетом возможностей их экологической оптимизации. Иными словами, данная концепция предполагает создание научной базы, позволяющей еще на этапе проектирования антирек по возможности минимизировать экологические ущербы. В противном случае, как показывает исторический опыт развития процессов техногенеза, эти разработки начинают осуществляться лишь после того, как негативные тенденции реализовались в полной мере. Например, подобный подход к решению экологических проблем наблюдался при крупномасштабном промышленном загрязнении водных объектов и организации гидроэнергетических каскадов на протяжении всего XX века.

Сложность анализа данного варианта техногенеза, помимо прочего, заключается в отсутствии общепринятого определения термина «антирека». В нормативных документах (Временные…, 1978; 1983), разработанных для оценки санитарно-гигиенических условий при планировавшемся перераспределении стока сибирских рек, указывается, что «антирека» – это «водоем с обратным течением», возникающий благодаря функционированию специальных гидротехнических сооружений. В данном документе также отмечается, что:

[71]В расширенном смысле, который мы вкладываем в понятие «антирека» (определение данного термина будет приведено несколько позже), эта деятельность уже осуществляется во многих странах и количество подобных проектов имеет тенденцию к увеличению.

[72]Что соответствует одному из базовых принципов экологического права ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ, ст. 3.

 антиреки могут функционировать периодически в зависимости от гидрометеорологических условий (например, в периоды паводков);
 «это явление (т.е. возникновение антиреки) наблюдается и в естественных условиях во время весеннего паводка» (разд. 4.6).

Подробная трактовка термина позволяет употреблять его в весьма широком диапазоне смысловых значений и одновременно исключает из категории антирек значительную часть проектов, осуществление которых сопровождается теми же экологическими эффектами, что и возникновение обратного течения в естественном русле водотока. Основное назначение антиреки заключается не в возникновении «обратного течения» как такового, а в переброске речного стока, в результате чего водная масса поступает в другую географическую область (бассейн, регион и т.п.). При этом объем вод, которые ранее стекали по естественному руслу, сокращается. Одновременно происходит сокращение речного стока по естественному руслу, что, собственно, и вызывает необходимость применения ко всем этим проектам термина «антирека». Именно этими процессами и обуславливаются наблюдающиеся экологические эффекты. Исходя же из приведенного выше определения, с одной стороны, антирекой можно считать кратковременное изменение движения воды на каком-то ограниченном участке реки (в т.ч. возникшее в силу естественных причин), эффект от которого не выходит за рамки локальных масштабов. Например, антирекой называют небольшой участок русла водотока, через который периодически производится закачка воды в оросительную систему (Морозов и др., 2011). С другой стороны, в качестве антиреки, согласно этому же определению, нельзя рассматривать создание нового водотока, функционирование которого приводит к крупномасштабной переброске речного стока.

В любом случае искусственное создание антиреки требует строительства специальных гидротехнических сооружений (систем), включая участки искусственно создаваемого русла или сильно трансформированного естественно русла (каналы, шлюзы, трубопроводы и др.). Таким образом, рассмотрение

антирек как типового варианта техногенеза водных объектов требует более четкого и, вместе с тем, расширенного определения данного термина, который можно было бы использовать для обозначения подвергшегося техногенезу водного объекта (водной системы), функционирующего как единое целое, а не его отдельных участков с «обратным течением».

В противном случае, если проект предусматривает временное движение воды в обратном направлении на небольшом участке естественного русла, – это «антирека». Но если сброс этой же воды происходит путем отвода через канал – это «перераспределение стока». С экологической точки зрения последствия этих видов деятельности могут быть равнозначны, а трактовка и общественный резонанс принципиально различаться. В первом случае – само по себе название проекта указывает на его экологическую опасность, во втором – подобной реакции априорно не возникает, хотя экологическая опасность реализации проекта может быть не меньшей.

В основу определения термина «антирека» целесообразно положить процесс, составляющий основную цель[73] создания подобных объектов, а именно переброску речного стока. Вместе с тем, далеко не все виды переброски речного стока могут рассматриваться как антиреки. Для уточнения данного вопроса рассмотрим вкратце основные формы этой деятельности.

В зависимости от выполняемых функций системы переброски условно разделяются на три категории (Березнер, 1985):

✓внутрибассейновые, или локальные, когда система переброски не выходит за пределы бассейна данной реки, имеющей самостоятельный выход в море, океан или внутренний водоем. Типичными примерами внутрибассейновых переброс ок являются каналы Волга-Москва (канал имени Москвы), Северский Донец-Донбасс;

[73]Помимо основной цели антрирекы могут выполнять и некоторые другие функции, например, служить путями для водного транспорта. Но эта функция носит второстепенный, дополнительный и необязательный характер. В этом и заключается принципиальное отличие антирек от судоходных каналов, соединяющих различные бассейны (Волга-Дон и др.). Последние не выполняют функцию межбассейновой переброски вод в значимых масштабах.

✓межбассейновые, связывающие смежные бассейны рек, имеющих самостоятельный выход в море, океан или внутренний водоем;
✓межрегиональные, или межзональные, связывающие речные системы, относящиеся к различным физико-географическим регионам (климатическим зонам). Их примером могут являться проектировавшиеся переброски части стока северных рек Европейской части РСФСР в бассейн р.Волги и сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан. Следовательно, к ним можно отнести и переброску вод в бессточные бассейны, например, в оросительные системы пустынных районов.

Помимо классификации по функциональному назначению, А.С. Березнер (1985), предлагал различать системы переброски стока по масштабу вовлекаемых водных ресурсов. К малым переброскам можно отнести комплексы с годовым объемом перебрасываемого стока до 1 км^3, к средним – от 1 до 5 км^3, к крупным – свыше 5 км^3.

С нашей точки зрения, в качестве антирек можно рассматривать два последних варианта переброски. При этом необходимо учитывать, что **система переброски стока является ни чем иным как управляемой ПТС.** Вода – это компонент природной среды. Ее качество (уровень загрязненности и др.), а также состав биоты (в т.ч. и нежелательных организмов, например, патогенных бактерий) во многом определяют возможность использования перебрасываемого стока и, следовательно, целесообразность данного проекта.

На основании изложенного выше можно дать следующее определение: **антирека – это управляемая природно-техническая система, создаваемая для средне- и крупномасштабной межбассейновой или межрегиональной переброски водного стока (годовой объем перебрасываемого стока: 1-5 км^3 и более 5 км^3).**

Исходя из функционально-географических особенностей, можно выделить:
✓**межбассейновые антиреки,** осуществляющие переброску речного стока в смежные бассейны;

✓**межрегиональные (межзональные) антиреки,** осуществляющие переброску вод в бассейны других физико-географических регионов (климатических зон);
✓**бессточные антиреки,** осуществляющие переброску вод в бессточные бассейны[74].

Водная система (бассейн, водоток), из которого изымается часть стока, именуется **донором антиреки**, а водная система (бассейн, водоток), в которую добавляется сток, – **реципиентом антиреки**.

3.2.3.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации

ПТС, формирующаяся при создании антиреки любого вида, состоит из двух взаимосвязанных частей: донора и реципиента. Но, как правило, при обсуждении экологических проблем создания антирек основным предметом дискуссии становится ее донор. Так, при обсуждении проекта переброса части стока сибирских рек, основное внимание уделялось прогнозируемым изменениям этих рек, а также бассейна Северного Ледовитого океана. Вместе с тем, не меньшую значимость имеют экологические процессы, происходящие в реципиенте антиреки и прилегающим к нему регионам суши (Березнер, 1985). Для анализа некоторых аспектов техногенеза необходимо рассматривать образующуюся ПТС в целом. По этой причине, анализируя различные аспекты техногенеза, мы для удобства разделим их на три группы: общие (связанные с функционированием ПТС антирек в целом); аспекты техногенеза донора и аспекты техногенеза реципиента антиреки (табл. 3.3).

Общие аспекты техногенеза ПТС антирек

❖**Создание единых межрегиональных управляемых водохозяйственных систем (ВХС).** На волне оптимистических

[74]В данном случае под термином «бессточный бассейн» понимается участок земной поверхности, не имеющий гидравлической связи с другими водными системами. Это может быть как бессточное озеро (море), так и сток, полностью разбирающийся на хозяйственные нужды без образования терминального водного объекта.

настроений, наблюдавшихся во второй половине XX века при разработке проектов межбассейновой и межрегиональной (межзональной) переброски речного стока, не только в СССР, но и в других развитых странах (например, в США), предполагалось, что первоначально осуществляемые отдельные проекты постепенно перерастут в более сложные объединенные варианты. В перспективе их развитие должно было привести к созданию единых водохозяйственных систем (ВХС) в масштабах страны (содружества стран и т.д.). (Kelly, 1966; Воропаев, 1976, Геларди, 1975; Березнер, 1978). Академик И.П. Герасимов предлагал (Герасимов, 1976; Герасимов и др., 1981) рассматривать исследования по созданию подобных ВХС как направление отдельной научной дисциплины «конструктивной географии».

Если отвлечься от конкретных экологических проблем, связанных с реализацией проектов антирек, то эта мысль вполне согласуется с учением о ноосфере В.И. Вернадского или хотя бы может рассматриваться как один из реальных путей формирования управляемой биотехносферы (Федоров, Суздалева, 2014). Вместе с тем, перекраивание структуры окружающей среды, основу которой в большинстве регионов суши и составляют именно речные системы, используя методы конструирования инженерно-технических систем (ИТС)[75], – это путь к крупномасштабной экологической катастрофе. Используя предложенную терминологию, суть прогнозируемых процессов можно описать как закономерный переход креативного экологического механизма техногенеза (создание новых водных объектов и водных систем) в деградационный, характеризующийся ухудшением экологических условий, падением биоразнообразия и рыбохозяйственного потенциала (табл. 3.4). Как известно, именно прогнозы подобного развития ситуации и стали основным препятствием на пути реализации многих проектов антирек.

[75]Крайним выражением подобной позиции, полностью игнорирующей воздействие на окружающую среду, было предложение использовать для формирования водохранилищ, предназначенных для переброски стока р.Печоры в Каспийский бассейн, системы направленных ядерных взрывов (Березнер, 1985).

Но следует вспомнить, что сама по себе идея создания единых управляемых ВХС в настоящее время является основой государственной политики в сфере водопользования всех развитых стран. Согласно определению, данному в статье 1 Водного кодекса РФ, **«водохозяйственная система – комплекс водных объектов и предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов гидротехнических сооружений»**. Таким образом, ВХС – это не что иное, как один из видов ПТС, то есть результат техногенеза водного объекта (водной системы).

Характер и степень управляемости ПТС, создаваемой на основе антиреки, могут быть различными и основываться на двух принципиально различающихся базовых принципах. Первый из них – это обеспечение нормальной работы ИТС, предназначенной для межбассейновой или межрегиональной переброски речного стока. Соответственно, сфера управления ограничивается элементами данной ИТС (объемом и графиком переброски вод, работой ГТС). В целом, процессы трансформации окружающей среды можно рассматривать как формы целенаправленного и сопутствующего техногенеза. Функционирование подобной ИТС, оказывая воздействие на компоненты природной среды, неминуемо обуславливает и возникновение ПТС. Но управление состоянием ПТС не предусматривается. В лучшем случае оно заменяется отдельными мерами по предотвращению особенно нежелательных экологических последствий (Никольский, 1934; Межзональное…, 1980; Березнер и др., 1981; Березнер, 1985).

Во втором случае организация переброски стока строится на базовом принципе создания управляемой ПТС, которая в качестве элементов, помимо ГТС, включает и все компоненты природной среды, непосредственно затронутые данной деятельностью. В оптимальном варианте (точнее, при успехе экологической оптимизации проекта антиреки), это может служить примером управляющего экологического механизма техногенеза (табл. 3.4). Иными словами, данное направление экологической оптимизации предполагает создание управляемых ПТС на базе ВХС, возникающей в ходе реализации проекта антиреки.

❖**Крупномасштабные изменения климатических и гидрометеорологических условий**[76]**.** Гидрографическая сеть является одним из основных климатообразующих факторов. Ее трансформация в процессе техногенеза не может не отразиться на климатических и гидрометеорологических условиях. Это влияние носит как прямой, так и косвенный характер. В первом случае воздействие осуществляется в виде изменения влажностного режима, переноса и аккумуляции тепловой энергии, заключенной в водной массе. Например, в ряде случаев при организации крупных водохранилищ частота экстремальных флуктуаций температуры воздуха в данном регионе существенно снижается. Косвенное воздействие на климатические и гидрометеорологические условия проявляется через изменения характера экосистем и ландшафтной структуры (развитие растительного покрова на ранее пустынных участках, сокращение площади пойм, образование заболоченных массивов и т.п.). Все эти явления можно рассматривать как формы сопутствующего техногенеза.

Существует еще один важный аспект данной проблемы. Речной сток определяет структуру водных масс и гидрологический режим значительных участков Мирового океана, что в свою очередь определяет климатические и гидрометеорологические условия в еще больших масштабах. Например, прогнозировалось, что изменение стока рек в Черное море может привести к изменению характера стратификации его вод (Виноградов, 1987), последствием чего может стать

[76]Данные термины трактуются нами в соответствии с их определениями, данными в нормативных документах:

Гидрометеорологические процессы и явления – события, происходящие в атмосфере и гидросфере и характеризуемые параметрами движения воздушных масс, влагооборота, теплового режима, гидрорежима морей, океанов, рек и другими параметрами (ПНАЭ Г-05-035-94 «Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на ядерно- и радиационно опасные объекты», Приложение 11, пункт 10);

Климат – среднее состояние атмосферы, расположенной под нею суши или воды в определенном регионе, в определенном временном масштабе (ГОСТ 54139-2010 «Экологический менеджмент. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Изменение климата», пункт 2.7).

климатическая катастрофа[77]. Подобное явление можно обоснованно рассматривать как форму дистанционного техногенеза. Аналогичные опасения высказывались и в отношении изменения ледово-термического режима Северного Ледовитого океана при реализации проекта переброски сибирских рек в Среднюю Азию. Априорно предполагалось, что связанные с этим изменения будут носить двоякий характер и оказывать противоположное воздействие на климат. С одной стороны, уменьшение притока пресных материковых вод в моря арктического бассейна приведет к замедлению водообмена Северного Ледовитого океана с Атлантическим, что снизит приток теплых атлантических вод в Арктический бассейн и будет способствовать более высокой ледовитости его морей. Однако, с другой стороны, ожидалось, что изменение пресноводного баланса повлечет за собой осолонение поверхностного слоя арктических вод и увеличение интенсивности притока тепла из глубинных слоев. Согласно этим расчетам, климатические изменения, обусловленные дистанционным гидролого-гидрохимическим техногенезом Северного Ледовитого океана, намного превзойдут аналогичные последствия собственно перераспределения стока (результаты сопутствующего техногенеза). Таким образом, сделанные прогнозы носили сугубо негативный характер. Но следует обратить внимание на тот факт, что эти сценарии, в большинстве своем разрабатывавшиеся зарубежными специалистами (Aagaard, Coachman, 1975, Fisher, 1979), игнорировавшими реальные проектные решения, основывались на моделировании полного поворота стока сибирских рек от арктического бассейна. В этом случае экологические последствия, скорее всего, действительно вызвали бы значимое изменение климата. Однако в планируемых объемах изъятия стока эти явления не смогли бы достичь столь значимого уровня (Дроздов и др., 1980). К аналогичному выводу пришли и некоторые зарубежные специалисты (Micklin, 1981).

[77]В целях ясности изложения материала в данном контексте мы сознательно не рассматриваем сопряженные с климатическими изменениями возможные воздействия на биоту. Эти вопросы будут проанализированы в дальнейшем.

Анализ возможных экологических последствий, которые могут быть инициированы данным аспектом, затрудняется тем, что при объективном подходе эти последствия должны рассматриваться на фоне происходящих глобальных климатических изменений, которые они могут как усиливать, так и ослаблять. Оценка эффектов, обусловленных изменением одного и того же климатического фактора, в зависимости от конкретных условий, может носить противоположный характер. Так, значимое изменение нормы осадков может обусловить как деградационный экологический механизм трансформации экосистем на обширных территориях (при провоцировании засух или, напротив, избыточного увлажнения), так и обуславливать модифицирующий и даже поддерживающий экологический механизм (при увлажнении аридных зон) (табл. 3.4).

Резюмируя имеющиеся материалы можно сделать следующее заключение: организация антирек неминуемо оказывает воздействие на формирование климатических и гидрометеорологических условий, но масштабы и значимость этих воздействий определяются конкретными проектными решениями. Наибольшее значение имеет объем перебрасываемого стока и периодичность (динамика) переброски. Например, изменение ледового режима Северного Ледовитого океана могло бы повлечь за собой глобальное изменение климата, но переброса стока сибирских рек в объеме, способном вызвать подобные явления, не планировалась (Березнер, 1985). Все варианты этого проекта подразумевали не полное изъятие стока, а, главным образом, перераспределение паводковых вод.

Следовательно, оценка и учет на этапе проектирования возможного воздействия реализации проекта антиреки на климат и процесс формирования гидрометеорологических условий могут не только свести к минимуму негативные последствия, но и дать результаты, которые с экологической точки зрения можно рассматривать как позитивные.

❖**Изменение биогеохимических циклов.** Речной сток является важным элементом почти всех биогеохимических

циклов. Необходимость оценки этого аспекта техногенеза при организации крупномасштабной переброске речного стока была отмечена еще в первом нормативном документе, регламентирующем эту деятельность на территории СССР (Временные…, 1978, раздел 1.4-1.5). Предполагалось, что межбассейновая и межзональная переброска стока повлекут за собой изменение границ биогеохимических провинций. В свою очередь это приведет к изменениям химического состава почв, природных вод, растительного и животного мира на значительных территориях.

В качестве проблем, требующих отдельного внимания, следует рассматривать возможное влияние проекта антиреки на развитие парникового эффекта и перераспределение потоков биогенных элементов. В обоих случаях последствия техногенеза носят многоплановый характер. Ряд эффектов, сопутствующих организации антирек, может приводить к масштабной эмиссии парниковых газов. К ним можно отнести взмучивание богатых органическим веществом донных отложений, разложение затопленных почв (большинство проектов переброски стока подразумевают организацию обширных водохранилищ), а также спровоцированные апвеллинги (подъемы содержащих парниковые газы глубинных вод), вызванные сокращением стока в морские водоемы. Одновременно может происходить и поглощение значительных объемов парниковых газов, например, в результате увеличения биологической продуктивности орошаемых земель и новых водных объектов. В качестве «ловушки» парниковых газов могут использоваться и апвеллинги после их специального инженерно-экологического обустройства (Суздалева и др., 1998/1999).

Изменение содержания биогенных элементов при переброске стока потенциально может выражаться и в снижении трофности образующихся водных систем. Однако значительно более реальным представляется скачкообразное повышение их трофности. Эвтрофированию будет способствовать ряд факторов, почти неизбежно сопутствующих крупномасштабному гидротехническому строительству, в частности, затопление земель и размыв донных отложений. При резких колебаниях объема перебрасываемых вод можно

ожидать и эвтрофирования участков периодически затопляемого почвенного покрова. Таким образом, воздействие данного фактора будет провоцировать модифицирующий экологический механизм трансформации биотических сообществ, обусловленный повышением их трофического статуса (табл. 3.4). При сильном эвтрофировании водных объектов и возникновении дисбаланса продукционно-деструкционных процессов (цветений воды, вторичного загрязнения и последующих заморов) возможны явления экологической деградации.

Несмотря на важность биогеохимического техногенеза при организации антирек, этот вопрос изучен относительно слабо. Экологическая оптимизация данного аспекта может включать несколько направлений: разработку мер по ограничению развития парникового эффекта, мероприятия по своевременному деэвтрофированию водных объектов, и, кроме того, обоснованное отклонение проектов переброски стока, способных вызвать заведомо нежелательные изменения биогеохимических циклов.

Аспекты техногенеза донора антирек

❖**Изменение гидрологического режима (гидрологический техногенез).** Данный аспект техногенеза носит многоплановый характер и включает комплекс различных воздействий, вызывающих значимую трансформацию окружающей среды. Основными из них являются:

✓изменение в обратном направлении движения воды на отдельных участках (образование «антиреки» в узком понимании данного термина);

✓сокращение расхода реки-донора до объема **«остаточного стока»**, остающегося после изъятия вод в систему межбассейнового или межзонального перераспределения стока;

✓трансформация паводкового режима;

✓изменение ситуации в приустьевых участках рек-доноров.

Помимо прочего, этот фактор практически всегда вызывает изменение процессов руслообразования, миграции наносов (Березнер, 1985; Сурков, 1999; Болгов, Фролова, 2012). В реках-

донорах из-за снижения уровня воды обычно происходит осушение пойм. В русле начинает преобладать глубинная эрозия (Антроповский, 1995; Антроповский и др., 2004). Таким образом, прямой гидрологический техногенез, провоцирует косвенный геоморфологический техногенез.

Кроме прямых последствий, изменение гидрологического режима способно обусловить ряд косвенных, которые мы в силу их специфичности и практической значимости рассмотрим в качестве отдельных аспектов техногенеза (трансформация экосистем, изменения характера водопользования, проблемы судоходства).

Перечисленные выше воздействия проявляются комплексно и далеко не всегда носят однозначно негативный характер. В монографии А.С. Березнера (1985) приводится матрица, позволяющая оценить роль того или иного сочетания факторов. Во многом экологическая ситуация определяется местными условиями. Например, водозаборы систем водоснабжения населенных пунктов, расположенных на реках, как правило, размещаются выше по течению, чем выпуски сточных вод и сбросы очистных сооружений. При создании обратного тока воды (т.е. собственно «антирек») эти сточные воды начнут поступать в водозаборы. Поиск проектных решений, исключающих подобные явления – это одно из необходимых направлений экологической оптимизации антирек (табл. 3.4)

В соответствии с законодательством в качестве лимита остаточного стока при проектировании антрирек принимался объем санитарного попуска (Саруханов, 1961; Березнер, 1985), т.е. объем вод, гарантирующий бесперебойную работу питьевых водозаборов, благоприятные условия для культурно-бытового водопользования населения. Размеры санитарных попусков регламентируются СанПиН 3907-85 «Санитарными правилами проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ», которые требуют, чтобы «минимальный санитарный попуск был не менее минимального среднесуточного расхода водотока в бытовом гидрологическом режиме летней и зимней межени года 95% обеспеченности». Высказывались предложения о дальнейшем снижении санитарного попуска до 75% этой величины (Гатилло, Прокудин, 1975). Вместе с тем, в

организациях, занимающихся природоохранной тематикой, неоднократно поднимался вопрос об ужесточении контроля и увеличении объемов санитарных попусков в форме нормативной регламентации **«экологических попусков»**, под которыми понимается поддержание объема стока в регулируемых водотоках в объемах, необходимых для обеспечения естественного состояния наиболее ценных элементов природной среды (Троицкий, 2006). Паводковые расходы не лимитируются, хотя ежегодная промывка поймы нередко является важным средством сохранения удовлетворительного санитарного состояния реки (Березнер, 1985).

Данный фактор может иметь и другие нежелательные последствия. Так, расчеты, сделанные при разработке проекта переброски вод р.Печоры с оставлением безпаводкового остаточного стока на уровне санитарного попуска, показали, что это приведет к значительному размыву русел притоков в период прохождения в них паводков (Герасимов и др., 1981). Следует также учитывать, что в зону ниже отъема воды могут попасть не только участки рек, но и проточные озера, наполняющиеся и, что не менее важно, «промывающиеся» в период паводков. Ликвидация паводков в данном случае, даже при сохранении объема санитарного попуска, может обусловить образование в озерах застойных зон, накопление в них загрязнителей и их эвтрофирование.

Экологическое значение может также иметь задержка сроков вскрытия льда, обусловленная изъятием части стока. Например, при разработке того же проекта переброски вод р.Печоры было установлено, что изменение сроков начала ее ледостава составит 2-3 суток, а запаздывание вскрытия –2-6 суток (Донченко, 1980).

Снижение объемов стока рек-доноров может привести к принципиальному изменению экологической ситуации в эстуариях рек и их приэстуарных районах. Например, это может быть обусловлено как сокращением площади распресненной приустьевой зоны со своей специфической экосистемой, так и проникновением соленых морских вод в реку во время нагонов.

Как следует из рассмотренных выше материалов, изменение гидрологического режима реки-донора может проявляться в

различных формах техногенеза (табл. 3.4), в т.ч. в сопутствующей (на притоках и русловых озерах) и дистанционной (в эстуариях). Наблюдающиеся при этом экологические механизмы могут также существенно различаться. При создании проектов с учетом возможных экологических последствий, а также при разработке специальных природоохранных и компенсационных мероприятий могут происхоидить изменения в рамках модифицирующего или поддерживающего механизма. При игнорировании этих проблем велика вероятность экологической деградации реки-донора или даже распространения этих явлений на другие участки водной системы, в которую она входит.

Таким образом, обоснование необходимого объема остаточного стока, основанное на анализе всех последствий, также можно рассматривать как важное направление экологической оптимизации. При этом следует особо отметить, что в проектах межбассейновой и межрегиональной переброски стока практически всегда в качестве доноров рассматриваются реки, сток которых уже зарегулирован ГЭС (см. раздел 3.2.1). Следовательно, деятельность по экологической оптимизации этих двух типовых вариантов техногенеза водных систем должна осуществляться в виде единого комплекса мер.

❖**Изменение структуры водных экосистем** рек-доноров также носит многоплановый характер. Эти явления в достаточной мере сходны с наблюдающимися в нижних бьефах ГЭС и других регулирующих ГТС, ранее рассмотренных нами в разделе 3.2.1. По сути, организация антирек является ни чем иным как одной из форм регулирования речного стока. Вместе с тем, специфичность данной деятельности обусловливает и существенное различие в характере воздействий, оказываемых ею на водные экосистемы. К сожалению, этот вопрос к настоящему времени слабо изучен. Основное внимание при анализе воздействий на биотические компоненты среды, вызванных межбассейновой переброской стока, уделялось наземным экосистемам.

На основании имеющихся материалов можно прогнозировать, что основными факторами, способными вызвать значимые изменения в структуре экосистем рек-доноров, будут:

✓изменение структуры биотопов;

✓изменение качества вод;

✓возникновение преград для мигрирующих видов.

Уменьшение водности рек до объема остаточного стока неминуемо приведет к сокращению площадей мелководий, постоянно покрытых водой или затапливаемых в период паводков. Зачастую именно эти зоны играют главную роль в биопродукционных процессах речной экосистемы. Следовательно, подобное изменение структуры биотопов может сказаться на всех трофических уровнях. Так, значительная часть кормовой базы речной ихтиофауны, как правило, формируется именно на этих биотопах. Кроме того, прибрежные мелководья – это участки развития высшей водной растительности и замедленного течения. В связи с этим здесь доминирует специфическая фитофильная фауна, не способная существовать на участках с быстрым течением. Помимо прочего, эти биотопы являются нерестилищами многих видов рыб и местом развития их ювенальных стадий (личинок, мальков). Поэтому можно ожидать, что в реках-донорах будут наблюдаться: снижения рыбохозяйственного потенциала, уменьшение биоразнообразия и повышение роли видов-реофилов, обитающих (и кормящихся) на участках с постоянным течением воды.

Однако возможна и обратная тенденция, когда изъятие части стока приведет к замедлению течения в реке-доноре, что будет способствовать ее обмелению (аккумуляции наносов), зарастанию, заболачиванию прибрежий (Завадский, Зима, 2011) и повышению роли фитофильной фауны.

Установлено, что биологическая продуктивность многих морских акваторий зависит от количества биогенов (соединений фосфора и азота), выносимых в них речным стоком. В связи с этим высказывались опасения, что межбассейновая переброска стока может привести к снижению биопродуктивности и рыбохозяйственного потенциала морских бассейнов, в которые

впадают реки-доноры (Березнер, 1985). Таким образом, данный аспект может проявляться как в форме сопутствующего техногенеза, так и дистанционного (табл. 3.4).

Сценарий развития экологической ситуации зависит от конкретных условий и может иметь либо модифицирующий механизм, либо деградационный. Это зависит от экологической обоснованности объемов остаточного стока и его динамики, точнее, определения объема экологического попуска вод и его режима, основанного на предварительном детальном изучении речной экосистемы, включая ее эстуарную область.

В современном мире в реки практически всегда происходит поступление загрязнителей с обширной территории (их водосборного бассейна), затем эти вещества переносятся током воды и частично разлагаются в ходе процессов естественного биологического и химического самоочищения. Важнейшим фактором, определяющим эффект от загрязнения рек, является интенсивность «разбавления» поступающих в них загрязнителей[78]. Уменьшение водности реки-донора приводит к увеличению концентрации загрязнителей в воде и, следовательно, вероятности деградации водной экосистемы (Болгов, Фролова, 2012). Кроме того, повышение концентрации загрязнителей снижает результативность процессов биологического самоочищения, а по достижении определенного порога способно подавить их полностью. Предотвратить эти нежелательные явления можно также на основе их учета при определении объема и режима экологического попуска вод.

При организации систем межбассейновой переброски отбор воды может осуществляться из участка реки-донора, являющегося миграционным путем водных организмов (рыб). В данном случае экологическая оптимизация проекта антиреки заключается в своевременном учете данного фактора и разработке специальных рыбопропускных устройств (РПУ).

❖**Изменение экологических условий на прибрежных территориях.** Состояние большинства наземных экосистем, формирующихся вблизи рек, зависит от их водности и

[78]Этот эффект учитывается и в природоохранных нормативах, регламентирующих расчет предельно допустимого сброса.

паводкового режима. Это касается не только участков пойм, но и многих экосистем, расположенных за их пределами.

Само существование пойменных экосистем обусловлено периодическими паводками, режим которых при организации антиреки может быть существенно изменен вплоть до полной их ликвидации (Болгов, Фролова, 2012). В последнем случае может произойти перерождение этих экосистем. С экологической точки зрения этот вопрос крайне важен. Пойменные системы являются наиболее продуктивными, что, помимо прочего, обусловливает их ценность как объекта природопользования (данную проблему мы рассмотрим в дальнейшем). Они служат биотопами для многих видов растений и животных. Таким образом, сокращение площадей пойменных участков можно рассматривать как вид экологической деградации прибрежных территорий.

Воздействие техногенеза реки-донора на наземные экосистемы, расположенные за пределами пойменных участков, в основном связано с изменением уровня грунтовых вод. Это неминуемо скажется на структуре растительных сообществ (фитоценозов), а, следовательно, и на составе ассоциированной с ними фауны. Изменение характера растительности влечет за собой также трансформацию почвенного покрова, а в ряде случаев и микро- и даже мезорельефа (например, вследствие интенсификации эрозионных процессов). В совокупности данные явления на определенной стадии их развития можно уже рассматривать как изменения характера ландшафта (Сурков, 1999). При этом можно прогнозировать, что данные изменения, сопровождающиеся развитием нежелательных процессов (эрозия почв, снижение биоразнообразия и т.п.), будут носить характер экологической деградации.

Рассматривая данный вопрос, не следует забывать, что снижение уровня реки-донора может оказать существенное влияние на уровень впадающих в нее притоков. Следовательно, нежелательные изменения наземных экосистем, связанные с изъятием стока реки-донора, могут наблюдаться на весьма обширных территориях.

Таким образом, трансформация наземных экосистем может происходить как вблизи участков гидротехнического

строительства, связанного с реализацией проекта антиреки, так и на значительном удалении от него. По этой причине мы рассматриваем эти явления не только как форму сопутствующего, но и как форму дистанционного техногенеза (табл. 3.4).

Риск деградации наземных экосистем может быть снижен на основе учета данного фактора при определении объемов остаточного стока и его режима. Следует также отметить, что снижение уровня грунтовых вод не во всех случаях имеет негативные последствия. На переувлажненных территориях, характерных для северных территорий РФ, снижению уровня водотока может сопутствовать дренирование почвенного покрова, что в этих условиях можно рассматривать как позитивное воздействие (Березнер, 1985), а его экологический механизм – как модифицирующий (табл. 3.4).

❖**Изменение характера водопользования и экосистемных услуг.** Данный аспект техногенеза неразрывно связан с рассмотренными выше. Риск проникновения соленых морских вод в устья рек-доноров в периоды нагонов, связанный с ограничением стока, создает угрозу не только для жизни обитающих там пресноводных организмов, но и делает невозможным забор воды в систему питьевого водоснабжения на этих участках. Например, подобный риск существовал для г.Архангельска при некоторых вариантах проекта переброски стока р.Северная Двина (Березнер, 1985).

Многоплановость данного аспекта обуславливает широкий спектр рассматриваемых форм техногенеза, способных оказать значимое влияние на характер водопользования и возможные экологические механизмы (табл. 3.4).

Основные проблемы, которые можно рассматривать в качестве предмета экологической оптимизации, в данном случае являются[79]:

[79]Очевидно, что спектр проблем водопользования, возникающий при реализации проектов антирек, значительно шире. Например, это обеспечение условий судоходства при остаточном стоке. Однако в данном случае мы ограничиваемся только рассмотрением проблем, непосредственно связанных формированием экологической и социально-экологической ситуации.

✓обеспечение безопасности питьевого водоснабжения населения;
✓обеспечение объема водозабора для нормальной работы систем технического водоснабжения бытовых и производственных объектов[80];
✓сохранение водных биологических ресурсов;
✓сохранение охотничье-промысловых ресурсов пойменных и прибрежных территорий.

Их решение при проектировании и эксплуатации антирек можно рассматривать как отдельные направления экологической оптимизации данной деятельности. Две последние из перечисленных проблем приобретают особое значение на территориях традиционного природопользования малых народов[81], существование которых во многом основывается на использовании экосистемных услуг, и должны решаться в соответствии с требованиями соответствующих отечественных[82] и международных нормативных документов.

Аспекты техногенеза реципиента антирек

❖**Организация новых водных объектов.** Организация водной системы межбассейновой переброски рек практически всегда требует создания новых водных объектов достаточно большого масштаба (каналов, водохранилищ и др.). Экологические последствия этой деятельности аналогичны организации других искусственных водных объектов. Их можно разделить на две категории:
✓изъятие земель и уничтожение участков наземных экосистем при затоплении территорий;
✓формирование новых водных объектов и обусловленная этим трансформация окружающей среды.

---

[80]Обеспечение нормальной работы СТВ всех этих объектов необходимо включать в сферу деятельности по экологической оптимизации в силу того, что выход их из строя почти неминуемо влечет за собой ухудшение экологического состояния окружающей среды (например, при прекращении нормальной работы систем очистки сточных вод и канализации).
[81]В международных стандартах в близком значении употребляется термин «коренные народы» (МФК…, 2012).
[82]ФЗ «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации» от 07.05. 2001 г. №49-ФЗ

Экологические последствия организации водохранилищ уже хорошо изучены и рассматривались нами ранее при обсуждении проблем зарегулированных речных систем (раздел 3.2.1). В данном контексте следует только обратить внимание на возможные масштабы этой деятельности. Следует подчеркнуть, что это не какие-то второстепенные и малозначимые объекты. Отказ от некоторых проектов межбассейновой переброски вод мотивировался именно масштабами затопляемых территорий и вынужденного переселения людей. Так, по этой причине был отвергнут один из вариантов переброски стока р.Печора, предусматривавший создание огромного водохранилища (О влиянии…., 1967).

На первоначальном этапе эксплуатации новых водных объектов экологический механизм техногнеза является креативным. Создаваемые объекты, как правило, в течение относительно короткого времени из техногенных превращаются в природно-техногенные. В водохранилищах и каналах формируются экосистемы, развитие которых определяется как местными условиями, так и режимом эксплуатации новых водных объектов. Их состояние во многом определяется специальными мероприятиями. Если таковые проектом не предусмотрены или неэффективны, велика вероятность экологической деградации этих объектов. Эти процессы затрудняют эксплуатацию ИТС, в связи чем предпринимаются определенные меры по недопущению дальнейшего ухудшения ситуации. Обычно они носят периодический, импульсный характер и являются ответом на ухудшение условий эксплуатации (очистка от наносов, борьба с зарастанием и т.п.). Это типичный пример поддерживающего экологического механизма техногенеза. Включение реципиента антиреки в структуру управляемой ПТС подразумевает переход на управляющий экологический механизм техногенеза. В этом случае новые водные объекты не только с эксплуатационной, но и с экологической точки зрения рассматриваются не как отдельные образования, а как часть функционирующей системы. Принципиальным отличием является не борьба с негативными явлениями, а устранение их причин. Например, вместо механического уничтожения нежелательной водной

растительности осуществляются мероприятия по деэвтрофированию вод, которые проводятся на других участках системы перераспределения стока. В подобных мерах, позволяющих перейти на новых водных объектах от поддерживающего механизма техногенеза к управляющему, и заключается основное содержание экологической оптимизации.

❖**Биотический техногенез рек-реципиентов,** т.е. изменение состава их флоры и фауны (биоты), происходит, главным образом, под воздействием двух различных факторов:

✓гидрологического техногенеза водотока и, как следствие, его геоморфологического техногенеза;

✓создания новых путей для миграции организмов и заселения ими новых биотопов (биологических инвазий).

При переброске стока пойма и часть долины реки-реципиента, как правило, затапливаются и превращаются в русло более многоводной реки (Кузьмин, Викулова, 1974; Антроповский, 1984; 1985). Результатом этого, несомненно, явится перестройка состава водных биоценозов и их пространственного распределения. Так же как и при анализе аналогичной проблемы в реках-донорах, наблюдающиеся изменения, в зависимости от конкретных условий, могут носить разнонаправленный характер. Форма затапливаемой речной долины может обусловить возникновение новых обширных мелководных заросших участков с замедленным течением, в т.ч. и функционирующих в пойменном режиме[83]. В этом случае можно прогнозировать повышение разнообразия и роли высшей водной растительности, а также зарослевой и лимнофильной фауны. Возможен и обратный сценарий, связанный с ликвидацией застойных участков, интенсивным размывом мелководий, миграцией и переотложением донных наносов. В этом варианте будет наблюдаться исчезновение ряда донных биоценозов. На фоне возможного сокращения общего

[83]В данном случае более правильным было бы употребление термина «техногенный пойменный режим» или «природно-техногенный пойменный режим», поскольку периодичность покрытия водой этих участков определяется режимом ИТС, осуществляющей перераспределение стока, или сочетанием воздействий, обусловленных ее работой, и гидрометеорологическими факторами.

биоразнообразия водной фауны доминирующую роль будут играть реофильные формы.

Организация любой межбассейновой переброски стока – это создание нового пути для биологической инвазии организмов, которым условия в бассейне реципиента подходят для развития. Часто такие события приводят к существенной перестройке существовавших ранее водных экосистем, а иногда к исчезновению из них некоторых видов.

Несмотря на экологическую значимость наблюдающихся явлений, в обоих случаях механизм техногенеза следует рассматривать не как деградационный, а как модифицирующий (табл. 3.4).

Характер деятельности по экологической оптимизации проектов в данной ситуации определяется прогнозируемыми последствиями. При изменении структуры водных биоценозов вследствие гидрологического и/или геоморфологического техногенеза водотока-реципиента деятельность может заключаться в мероприятиях по инженерно-экологическому обустройству водотока (его целенаправленного природообустройственного техногенеза) с целью сохранения или искусственного создания ценных биотопов, а также недопущения возникновения участков окружающей среды с нежелательными условиями[84].

Профилактика биологических инвазий в водной среде на практике малоэффективна. Как правило, действенное препятствие для биологических инвазий при искусственном соединении двух бассейнов обеспечивается наличием участка с экстремальными для мигрантов физико-химическими условиями среды. Так, взаимопроникновение биот Средиземного и Красного морей чрез Суэцкий канал затрудняется участком с высокой соленостью воды (оз. Гариб). Искусственное создание подобных непреодолимых преград для нежелательных видов-вселенцев может гипотетически

[84]Например, это может быть создание искусственных мелководий с высаживанием на них определенных видов водной растительности с целью обустройства нерестилищ промысловых рыб или, напротив, строительство специальных дабм, препятствующих нежелательному заболачиванию прибрежных территорий при увеличении водности реки-реципиента.

рассматриваться как направление экологической оптимизации проектов межбассейновой (межзональной) переброски стока. Хотя очевидно, что в данном случае фактор солености, как источник экстремального воздействия, неприменим.

❖**Изменение путей распространения загрязнителей и процесса их депонирования.** Чаще всего водные системы, использующиеся в качестве доноров, – это крупные реки, в течение длительного времени подвергавшиеся интенсивному загрязнению и эвтрофированию. При организации межбассейновой переброски вод концентрация нежелательных компонентов в них может существенно возрасти за счет вторичного загрязнения при размывании донных отложений, представляющих депозитарии различных загрязнителей (Авакян и др., 1994; Большая Волга …, 1994; Эдельштейн, 1998).

Не меньшую значимость могут играть процессы, спровоцированные гидрологическим и геоморфологическим техногенезом водных объектов, использующихся в качестве водотока реципиента. Зачастую проекты переброски предусматривают формирование этой части антиреки из участков различного генезиса, таких как:

✓естественные русла водотоков, принимающие перебрасываемый сток;

✓естественные водные объекты (озера и др.), включающиеся в трассу переброски для транзита и аккумуляции вод;

✓искусственные водные объекты, предназначенные для переброски стока и соединения отдельных элементов системы реципиента (каналы), а также аккумуляции вод перебрасываемого стока (водохранилища).

Продвижение вод по любому из этих участков также может сопровождаться их интенсивным загрязнением и эвтрофированием. На участках естественных русел неизбежное изменение гидрологического режима (увеличение водности, скорости течения воды и др.) может сопровождаться переработкой берегов (их размывом), изменением взаимодействия с грунтовыми и подземными водами, а также вторичным загрязнением за счет выноса веществ, накопленных в донных отложениях (Временные…, 1978). Аналогичные

процессы будут наблюдаться и при «промывке» транзитных водных объектов. Еще более значимого изменения качества вод следует ожидать в результате выщелачивания веществ из затапливаемых грунтов при создании водохранилищ и прокладке каналов в системе реципиента. Совокупное воздействие этих факторов может привести к тому, что концентрация некоторых веществ в водах антиреки-реципиента может превышать допустимый уровень.

Переброска стока всегда осуществляется непосредственно для удовлетворения нужд водопотребления. Следовательно, риск влияния загрязнителей[85] на здоровье и жизнедеятельность человека еще более высок, чем при загрязнении естественных водных систем.

Можно выделить два пути воздействия загразняющих веществ на человека:

✓поступление к водопотребителям вод неудовлетворительного качества;

✓накопление загрязнителей в различных компонентах среды (депозитариях загрязнителей).

Оба эти процесса могут происходить одновременно и рассматриваться как признаки значимой экологической деградации антиреки-реципиента. Следует подчеркнуть, что по своим последствиям второе из этих явлений может представлять большую опасность. Воды неудовлетворительного качества, как правило, можно очистить или, в крайнем случае, прекратить их доступ к потребителям. Значительно сложнее, а зачастую и практически нереально очистить загрязненные почвы или донные отложения. Особую опасность представляет депонирование устойчивых загрязнителей (таких, как тяжелые металлы, диоксины или некоторые пестициды) в почвенном

[85]Термин «загрязнитель» используется в обобщающем значении как агент любого генезиса, уровень содержания которого в воде препятствует ее использованию в питьевых и/или хозяйственных целях. В частности, в данную категорию мы включаем вещества, образующиеся в результате эвтрофирования водных объектов (токсичные метаболиты водорослей, продукты их разложения и т.п.). Сам по себе процесс эвтрофирования, сопутствующий организации водотоков-реципиентов, и его последствия (например, цветение фитопланктона и обусловливаемое им вторичное загрязнение вод) полностью аналогичен таковому при создании водохранилищ, в связи с чем его детальное рассмотрение нецелесообразно.

покрове бессточных бассейнов вследствие их ирригации. А ведь именно потребность в ирригации для хозяйственного развития некоторых регионов и выдвигается на первый план при обосновании необходимости организации антирек (межзональной переброски стока).

Загрязнение и эвтрофирование вод могут происходить как непосредственно в водной системе реципиента, так и за ее пределами. Например, благодаря реализации подобных проектов может возрастать уровень загрязненности и эвтрофикации морских бассейнов, в которые попадает сток рек-реципиентов. В соответствии с эти мы рассматриваем эти процессы как сопутствующую и дистанционную формы техногенеза (табл. 3.4).

Экологическая оптимизация данного аспекта организации антирек может включать следующие меры:

✓учет загрязненности почв, грунтов, донных отложений и водных объектов, лежащих на трассе проектируемого водотока-реципиента, и выбор варианта с минимальным проявлением этих воздействий;

✓своевременная ликвидация депозитариев загрязнителей на трассе водотока-реципиента, предваряющая по времени переброску стока;

✓разработка инженерно-мелиоративных мероприятий, позволяющих избежать возникновения новых депозитариев загрязнителей (организация дренажа мелиорируемых почв и др.).

Создание новых путей распространения инфекционных заболеваний и их переносчиков. Водные объекты – это основной путь распространения кишечных и некоторых других инфекций, а также многих гельминтозов. Увеличение водности водотока-реципиента, сопровождающееся попаданием в воду болезнетворных бактерий и яиц гельминтов из заливаемых водой наземных источников (скоплений фекальных и хозяйственно-бытовых стоков, загрязненных грунтов и др.) может способствовать распространению этих заболеваний. Кроме того, водная среда является местом развития различных видов переносчиков заболеваний (трансмиссивных инфекций и инвазий). Например, распространение малярии всегда связано с

наличием в регионе водных объектов, пригодных для развития кровососущих комаров. Следовательно, при организации межрегиональной переброски стока можно ожидать:

✓привноса с водным потоком возбудителей кишечных инфекций и гельминтозов, в т.ч. и несвойственных ранее этому региону;

вспышки развития кишечных инфекций, обусловленных бактериальным загрязнением вод, недостаточным санитарно-эпидемиологическим контролем за новыми водными объектами и изменением в работе водозаборов существующих систем питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения;

✓повышения заболеваемости некоторыми трансмиссивными инфекциями и инвазиями, обусловленного созданием условий для массового развития их переносчиков.

Данные факторы создают угрозу не только для здоровья человека, но и могут вызвать вспышки заболеваний у домашних и диких животных (эпизоотии).

Таблица 3.4. **Основные пути экологической оптимизации антирек**

Значимые аспекты техногенеза	Форма техногенеза	Механизм техногенеза	Основные пути и ожидаемые результаты экологической оптимизации
1	2	3	4
Общие аспекты техногнеза			
Создание единых межрегиональных управляемых водохозяйственных систем	Целенаправленный; сопутствующий	Креативный; деградационный; управляющий	Создание управляемых ПТС на базе ВХС, возникающих в ходе реализации проекта антиреки
Крупномасштабные изменения климатических и гидрометеорологических условий	Сопутствующий; дистанционный	Деградационный; модифицирующий; поддерживающий	Учет на этапе проектирования возможного воздействия на климат при реализации проекта антиреки. Разработка инженерно-технических решений с учетом этого фактора.
Изменение биогеохимических циклов	Сопутствующий	Модифицирующий деградационный	Разработка мер по ограничению развития парникового эффекта и мероприятий по своевременному деэвтрофированию водных объектов. Отклонение проектов антирек, способных вызвать заведомо нежелательные изменения биогеохимических циклов

Продолжение таблицы 3.4.

1	2	3	4
Аспекты техногенеза донора			
Изменение гидрологического режима	Целенаправленный; сопутствующий; дистанционный	Деградационный; модифицирующий; поддерживающий	Поиск проектных решений, исключающих перенос загрязнителей и попадание сточных вод в водозаборы систем водоснабжения. Обеспечение остаточного стока в объеме экологических попусков. Регламентация паводкового режима
Изменение структуры водных экосистем	Сопутствующий; дистанционный	Деградационный; модифицирующий	Определение объемов экологических попусков и их режима, не допускающих деградацию водных экосистем. Разработка инженерно-технических решений (РПУ и др.), обеспечивающих сохранение миграционных путей водных организмов
Изменение характера водопользования и экосистемных услуг	Целенаправленный; сопутствующий; дистанционный	Деградационный; модифицирующий; поддерживающий; управляющий	Разработка мер по: - обеспечению безопасности питьевого водоснабжения населения; - обеспечению объема водозабора для нормальной работы СТВ; - сохранению водных биологических ресурсов; - сохранению охотничье-промысловых ресурсов пойменных и прибрежных зон..

Продолжение таблицы 3.4.

1	2	3	4
Аспекты техногенеза реципиента			
Организация новых	Целенаправленный	Креативный;	Планирование и осуществление мер по

водных объектов		поддерживающий; Управляющий	устранению причин экологической деградации новых водных объектов на основе их включения в структуру управляемой ПТС
Биотический техногенез рек-реципиентов	Сопутствующий; дистанционный	Модифицирующий	Инженерно-экологическое обустройство водотока-реципиента с целью сохранения или искусственного воссоздания его биотопической структуры и биоразнообразия. Создание преград на пути распространения нежелательных видов (биологических инвазий)
Изменение путей распространения загрязнителей и процесса их депонирования	Сопутствующий; дистанционный	Деградационный	Предварительная идентификация депозитариев загрязнителей на трассе проектируемого водока-реципиента и выбор варианта с минимально возможным их воздействием. Ликвидация депозитариев загрязнителей. Мероприятия, не допускающие возникновения новых депозитариев.

Окочание таблицы 3.4.

1	2	3	4
Создание новых путей распространения инфекционных заболеваний и их переносчиков	Сопутствующий; дистанционный	Деградационный	Ликвидация на трассе переброски вод потенциальных источников распространения кишечных инфекций и гельминтозов. Разработка инженерно-технических решений, минимизирующих возможность развития очагов заболеваний человека и

			животных
Изменение экологических условий на наземных территориях в бассейнах рек-реципиентов	Целенаправленный сопутствующий;	Поддерживающий; управляющий; модифицирующий; деградационный	Создание специальной системы инженерно-экологического обустройства территорий, окружающих водотоки-реципиенты, и включение их в качестве одного из компонентов управляемой ПТС, объединяющей всю систему перераспределения стока
Изменение характера водопользования и экосистемных услуг	Целенаправленный сопутствующий;	Поддерживающий; управляющий; модифицирующий; деградационный	Организация процесса получения экосистемных услуг всех видов как форм регулируемой эксплуатации ресурсов управляемой ПТС

Особого внимания заслуживает изучение этих проблем при организации бессточных антирек, когда переброска вод осуществляется в регионы, где в результате реализации проекта количество открытых водных объектов резко возрастет, а жаркий климат (обычно свойственный засушливым регионам) будет способствовать сохранению и даже развитию возбудителей инфекций в водной среде[86].

Именно поэтому оценке возможности распространения инфекций и инвазий, спровоцированного техногенезом водных систем, придавалось важное значение уже при разработке первых отечественных проектов межрегиональной переброски речного стока (Временные…, 1978).

Эти явления могут проявляться как непосредственно в районе, анализируемом данным проектом, то есть в границах «проектируемой территории», так и далеко за его пределами. В соответствии с этим их следует рассматривать как проявления форм сопутствующего и дистанционного техногенеза (табл. 3.4). Процесс ухудшения санитарно-эпидемиологического состояния водного объекта и/или окружающей его территории, спровоцированный созданием ИТС, является одним из механизмов техногенной экологической деградации.

Экологическая оптимизация данного аспекта техногенеза может осуществляться по следующим направлениям:

✓заблаговременная ликвидация на трассе переброски вод потенциальных источников распространения кишечных инфекций и гельминтозов;

✓разработка специальных инженерно-технических решений по модификации узлов ИТС, минимизирующих возможность развития очагов инфекционных заболеваний человека и животных (отсутствие прогреваемых застойных участков в проектируемых водотоках, учет данного фактора при проектировании водозаборов и систем водоочистки и др.).

❖**Изменение экологических условий на наземных территориях в бассейнах рек-реципиентов.** Этот аспект может проявляться как в форме целенаправленного техногенеза

[86]Имеется в виду явление «вторичного роста» патогенных микроорганизмов при повышенной температуре среды, рассмотренное нами ранее в разделе 3.2.2.2.

окружающей среды, так и сопутствующего. В первом случае перебрасываемый сток используется для орошения земель. В идеальном варианте результатом этой деятельности является формирование экосистем с высоким биоразнообразием, обладающих рекреационным и хозяйственным значением. Подобные проекты весьма востребованы в засушливых регионах. Целью подвода к ним бессточных антирек является не только увеличение сельскохозяйственных угодий, но и создание новых участков для комфортного проживания людей. В связи с обострением демографической проблемы данная мотивация приобретает все большую значимость. Как правило, обе указанных цели рассматриваются в проектах в форме единого комплекса инженерно-технических и компоновочных решений.

Однако целенаправленный техногенез наземных территорий, окружающих водотоки-реципиенты, не всегда приводит к изменениям окружающей среды, которые с экологической точки зрения можно однозначно рассматривать как позитивные. Во-первых, аридные области отнюдь не являются безжизненными. В них существуют свои специфические экосистемы, которые при ирригации земель подвергаются существенной трансформации или уничтожаются. Во-вторых, как показывает практика, непродуманное создание оросительных систем может вызвать экологическую деградацию обширных участков суши. Так, смыкание почвенных поливных земель с линзами подземных соленых вод приводит к образованию солончаков, непригодных для выращивания сельскохозяйственных культур. Засоление почв происходит и при орошении водами с относительно высоким уровнем минерализации без организации специальных мер по дренированию почв. В этих случаях осолонение плодородного слоя возникает вследствие аккумуляции солей, привносимых с поливными водами. В-третьих, позитивные изменения состояния наземных участков, как правило, наблюдаются до тех пор, пока соответствующая ИТС (например, ирригационная система) функционирует в определенном режиме. Если же ее работа, предусмотренная проектом, нарушается в каком-то аспекте (часто второстепенном с точки зрения основных целей ее создания), велика вероятность развития процессов экологической

деградации (например, заболачивание территорий вокруг спонтанно возникших техногенных скоплений вод).

Таким образом, экологический механизм изменения состояния наземной среды в районах водотоков-реципиентов даже при ее целенаправленном техногенезе может принципиально различаться (табл. 3.4).

Сопутствующий техногенез территорий, окружающих водотоки-реципиенты, также носит как позитивный, так и негативный характер. При этом граница между целенаправленной и сопутствующей формами техногенеза в большинстве случаев носит условный характер. Дефицит водных ресурсов обычно рассматривается как фактор, лимитирующий развитие наземных экосистем. Следовательно, его устранение (даже когда это побочный эффект) априорно считается позитивным моментом деятельности. Различия в целенаправленном и сопутствующем техногенезе участков суши вокруг водотоков-реципиентов заключаются главным образом в том, что в первом случае проектом предусматриваются специальные меры по инженерно-экологическому обустройству этих территорий и/или их благоустройству (например, в рекреационных целях).

Значимыми факторами сопутствующего техногенеза участков, окружающих водотоки-реципиенты, являются:

✓затопление и подтопление территории;
✓изменение микро- мезоклиматических условий;
✓изменение характера почвенно-растительного покрова;
✓трансформация местообитаний животных.

Эти факторы могут способствовать как улучшению состояния этих территорий, так и их экологической деградации. Например, подтопление в районах рек-реципиентов, протекающих через залесенные участки, с высокой долей вероятности вызовет деградацию лесов. Причем, поскольку увеличение водности реки-реципиента может вследствие подпора вод повысить уровень воды в ее притоках, подобные явления способны достигать весьма значительных масштабов. Тот же фактор на опустыненных участках, если он не сопровождается рассмотренным выше засолением почв, может

способствовать развитию и увеличению площади тугайных лесов, обычно характеризующихся высокой степенью биоразнообразия и являющихся местообитанием многих редких и хозяйственно-ценных видов.

Экологическая оптимизация данного экологического аспекта техногенеза, как и при целенаправленной форме техногенеза, заключается в разработке специальной системы инженерно-экологического обустройства территорий, окружающих водотоки-реципиенты, которая позволила бы включить их в качестве одного из компонентов управляемой ПТС, объединяющей всю систему перераспределения стока.

❖**Изменение характера водопользования и экосистемных услуг.** Данный аспект техногенеза также во многих случаях носит противоречивый характер. В соответствии с международными стандартами (МФК…, 2012) под термином «Экосистемные услуги» понимается получение выгод и благ населением и предприятиями в результате использования экосистем. Экосистемные услуги подразделяются на четыре вида:

➢обеспечивающие услуги – продукты, получаемые от экосистем. Они могут включать обеспечение пищей (рыболовство), пресной водой, лесным и лекарственным сырьем.

➢регулирующие услуги – выгоды, получаемые от регулирования экосистемных процессов. В контексте рассматриваемых стандартов (Руководства…, 2012) основное значение в данном случае имеет регулирование водопользования и водопотребления, а также защита от опасных природных явлений гидрометеорологического характера;

➢культурные услуги – нематериальные блага, которые люди получают от пользования и общения с природной средой. Они включают природные районы, имеющие рекреационное и эстетическое значение, а также территории, представляющие собой мемориалы и места отправления религиозных культов.

➢поддерживающие услуги – естественные процессы, которые поддерживают остальные услуги. В их число, согласно международным стандартам, входят почвообразование,

круговорот питательных веществ, производство первичной продукции.

Пользуясь терминологией, принятой в сфере экологического менеджмента, всю совокупность физических и юридических лиц, пользующихся экосистемными услугами, можно обозначить понятием «стейкхолдеры» (точнее – стейкхолдеры, связанные с использованием ресурсов водотока-реципиента и региона, в формировании условий которого он играет значимую роль).

Осуществление перечисленных экосистемных услуг непосредственно связано с рассмотренными выше аспектами техногенеза водотока-реципиента. В большинстве случаев увеличение его водности ведет к расширению и увеличению объема этих услуг (увеличение рыбохозяйственого потенциала и возникновение рекреационных зон за счет создания новых водных объектов; увеличение биопродуктивности и улучшение водоснабжения и т.п.). Вместе с тем, могут иметь место и различные негативные последствия, затрудняющие доступ к экосистемным услугам или делающие невозможным их осуществление (засоление почв, затопление территорий, имеющих историческое и/или религиозно-обрядовое значение и т.п.).

Техногенез окружающей среды, изменяющей степень доступности и характер экосистемных услуг, может проявляться как в целенаправленной, так и сопутствующей формах. При этом в обоих случаях возможен широкий спектр экологических механизмов – от деградационного до управляющего (табл. 3.4). Например, как целенаправленную экологическую деградацию следует рассматривать случаи запланированного затопления природных экосистем, характеризующихся высоким уровнем биоразнообразия и биопродуктивности. Деградацию подобных экосистем вследствие подтопления скорее можно отнести к сопутствующему техногенезу.

Рассматривая данный аспект техногенеза, нельзя забывать о главной цели деятельности по межбассейновому (межзональному) перераспределению стока – созданию благоприятных условий для экономического развития

конкретных регионов. Иными словами, это создание условий для хозяйственного освоения регионов, сопровождающегося, как правило, частичной урбанизацией их территорий. Однако эти явления нельзя безоговорочно рассматривать как фактор негативного воздействия на экосистемные услуги. Во многих случаях именно хозяйственное освоение региона и развитие сопутствующей инфраструктуры создают необходимую базу для рационального пользования природными ресурсами и прекращают их неконтролируемое хищническое потребление.

Значительную часть негативных последствий можно уменьшить или свести к малозначимому минимуму, установив определенный баланс между потребностями в водоснабжении (водопользовании), способами их удовлетворения и механизмами получения экосистемных услуг. Как и в случае с реками-донорами, для этого, прежде всего, необходима разработка экологически ориентированного режима попусков воды в водотоках-реципиентах. Таким образом, перспективным направлением экологической оптимизации в данном случае является организация процесса получения экосистемных услуг всех видов как форм регулируемой эксплуатации ресурсов управляемой ПТС. В свою очередь, это подразумевает включение в нее в качестве элементов всех стейкхолдеров водотока-реципиента.

Обобщая рассмотренные выше материалы, можно сделать следующие заключения:

- Разделение понятий «антирека» и «межбассейновое (межзональное) перераспределение стока» с экологической точки зрения нецелесообразно. Разобщение этих терминов отражает только специфику инженерно-технических решений, направленных на достижение одних и тех же конечных результатов, главным из которых в современном мире становится создание международного рынка водных ресурсов[87].

[87]В предшествующие исторические эпохи, вплоть до средины XX века, соединение речных бассейнов проводилось, главным образом, с целью образования новых водных путей (судоходства).

• Непредвзятый и полноценный анализ экологических последствий реализации проектов антирек возможен только в том случае, если предметом изучения является ПТС, возникающая в результате этой деятельности. Изучение значимых аспектов техногенеза следует проводить как исследование процессов, протекающих в данной системе на базе изучения взаимодействия природных и техногенных факторов. Обязательным элементом оценки каждого аспекта должно являться определение путей и возможностей его экологической оптимизации. Следует подчеркнуть, что авторы монографии рассматривают в качестве одного из видов экологической оптимизации разработку обоснованного отказа от реализации проектов (их запрета), способных повлечь экологические катастрофы, при условии замены на альтернативные варианты, экологические риски которых можно рассматривать как допустимые.

• Антиреки изначально создаются как управляемые ПТС. Однако сам этот факт в настоящее время в полной мере не осознан. По этой причине данные проекты рассматриваются как сугубо технические. На практике возможность их реализации оценивается с позиций экономической (а в скором времени, вероятно, и геополитической) выгоды. Экологическая составляющая данных проектов рассматривается как побочный эффект. Причем подобный взгляд на проблему свойственен как технократам, так и защитникам окружающей среды. Различие в занимаемых ими позициях заключается лишь в том, что первые пытаются принизить роль экологических последствий (или отчасти игнорировать их), а вторые – обосновать их значимость и добиться запрещения реализации проекта. Опираясь на исторический опыт, можно с большой долей уверенности прогнозировать, что победа «экономической» и тем более «геополитической целесообразности» – это лишь вопрос времени. Поэтому возникает необходимость выработки конструктивного подхода к решению проблемы экологической оптимизации значимых аспектов техногенеза межбассейнового (межзонального) перераспределения

речного стока, опережающего по времени реализацию этих проектов. Подобный подход, помимо прочего, позволяет использовать антиреки и для решения экологических проблем, например, сохранения природных экосистем в регионах опустынивания, обусловленного развитием парникового эффекта.

- Как показано в вводной части работы, на современном этапе биосфера Земли трансформировалась в биотехносферу. Остановить этот процесс нереально. В этих условиях единственным путем предотвращения глобальной экологической катастрофы является разработка механизмов управления им. Очевидно, что это управление будет достаточно результативным только в том случае, если оно будет осуществляться системно, а не проводиться в виде частных по своим задачам мероприятий по защите отдельных фрагментов окружающей среды. Поэтому создание управляемых ПТС[88] на базе реализации экологически оптимизированных проектов перераспределения речного стока – это один из реальных путей формирования управляемой биотехносферы.

3.2.4. Инженерно-экологическое обустройство малых городских водных объектов

3.2.4.1. Общая характеристика

Под **малым городским водным объектом (МГВО)** мы понимаем любой водоем или водоток, частично или полностью расположенный на урбанизированной территории, размеры которого сопоставимы с основными элементами городской застройки (зданиями, сооружениями, транспортными магистралями) (Безносов и др., 2006а). Поскольку урбанизация территории ведет к необратимой трансформации существовавших на этих участках водосборных бассейнов, все МГВО представляют собой ПТС. В большинство из них технические компоненты вводятся и в ходе городского

[88]На территории РФ они, в соответствии с действующим законодательством, могут рассматриваться как один из видов ВХС (межбассейновые или межзональные ВХС).

благоустройства (облицовка берегов и др.). Нередок и биотический техногенез, осуществляемый в виде целенаправленно изменения биоты этих объектов (посадка декоративных водных растений и др.). Благополучное состояние МГВО поддерживается проведением технических мероприятий или даже созданием специальных ИТС (отвод загрязненных притоков в канализационную сеть, создание инженерно-мелиоративных устройств и многое другое) (Рябов, Сиренко, 1982; Хендерсон-Селлерс, 1987; Волшаник и др., 2003). Таким образом, любой МГВО является продуктом техногенеза того или иного вида, а чаще – комплекса нескольких видов техногенной трансформации.

Спектр экологических механизмов техногенеза МГВО весьма широк. Без принятия специальных мер, окруженные урбанизированной территорией, эти водные объекты неминуемо деградируют. Это происходит даже в том случае, когда они защищены от попадания в них сточных вод. Примером являются многие пруды в московских дворах, которые при прекращении специальных мер по их содержанию быстро замусориваются и начинают представлять угрозу для здоровья населения (особенно детей).

Отличительной чертой данного типового варианта техногенеза являются небольшие размеры водных объектов. Если в предшествующих разделах мы рассматривали, главным образом, процессы регионального и межрегионального техногенеза, то в данном случае эти процессы носят точечный характер. Вместе с тем, это утверждение справедливо только в отношении единичного МГВО и не в полной мере отражает реальную ситуацию. Многие МГВО являются частями гидрографической сети города, принимающей его стоки и транспортирующей их в определенный речной бассейн[89]. Другие можно рассматривать как часть городских систем водоснабжения или водоотведения. Например, многие исследовавшиеся нами МГВО г.Москвы наполняются из городского водопровода, а слив вод осуществляется в

[89]Так, согласно официальным документам, основной функцией гидрографической сети г. Москвы является отвод сточных вод с ее территории.

городскую канализацию. МГВО принципиально различаются и по своему генезису. В эту категорию входят как трансформированные природные водные объекты, так искусственно созданные, организация которых служит примером креативного техногенеза. Кроме того, современные МГВО являются одним из компонентов урбосистемы[90]. Их состояние во многом определяет социальную привлекательность того или иного района городской застройки, ее так называемую «видеоэкологию» (Филин, 1997). МГВО играют существенную роль в формировании санитарно-гигиенических условий в городах и могут даже служить источниками распространения инфекционных заболеваний.

При обсуждении масштабности техногенеза МГВО следует также учитывать, что общее количество малых водных объектов в крупных городах, как правило, всегда было весьма значительно. Например, существуют данные, что в 1872 г. в городской черте Москвы, занимавшей пространство, приблизительно ограниченное Садовым кольцом, их насчитывалось около 200 (Шамаро, 1988). В настоящее время на территории Москвы насчитывается около 350 водоемов с площадью более 0,01 га и порядка 100 малых рек и ручьев общей протяженностью 492,568 км (из них 313, 98 км речных коллекторов и 178,60 км открытых участков) (Пальгунов и др., 1997). На территории столицы осталось всего 9 рек и ручьев, имеющих открытое русло, 57 водотоков полностью заключены в коллекторы. 28 рек и 79 водоемов расположено на особо охраняемых территориях архитектурно-парковых ансамблей. Долины 12 рек и 13 водоемов сами являются уникальными памятниками природы. Однако еще в конце XIX века количество рек, протекавших по территории современной Москвы, было на 25-30% больше. Около 90 малых рек г.Москвы заключены в подземные трубы. В ходе урбанизации на территории города за последнее столетие полностью исчезло более 100 рек и ручьев, более 700 озер, болот и прудов.

[90]Под термином «урбосистемы» мы понимаем динамично развивающиеся природно-антропогенные системы, состоящие из архитектурно-строительных объектов и трансформированных компонентов природной среды (Калабеков, 2003).

Рассматривать МГВО как отдельные объекты техногенеза некорректно. Этот процесс происходит в ходе урбанизации территории или в более широком понимании (особенно в отношении предшествующих эпох) – при трансформации ее из природной территории в селитебную. Вместе с тем, экологические механизмы, определяющие состояние водных объектов, принципиально отличны от процессов формирования окружающих ее других компонентов урбосистемы. Единство и разобщенность процессов техногенеза МГВО и окружающих их территорий целесообразно рассмотреть в контексте их исторического развития.

Несмотря на то, что городские водоемы и водотоки имеют различное происхождение, в их историческом развитии (эволюции) существуют определенные закономерности, обусловленные общим характером изменения экологической и социальной обстановки в процессе урбанизации территории. На основе изучения этих закономерностей нами разработана схема эволюции городских малых водных объектов (Безносов и др., 2006а), представленная на рисунке 3.2 Очевидно, что она отражает лишь наиболее типичные пути развития МГВО, когда процесс урбанизации идет поэтапно и происходит в течение относительного длительного исторического периода. Например, именно так развивалась ситуация в центральной части московского мегаполиса (Забелин, 1990; Малиновский, 1992; Кондратьев, 1997). Первоначально здесь существовали лишь отдельные поселения. Еще в XIII веке современный центр Москвы представлял собой группу деревень, разделенных перелесками, речками и болотами (Бойцов и др., 1993). Даже в XVII веке Москва – большое поселение сельского типа, состоящее из отельных личных хозяйств (Молева, 1997). В других случаях, когда строительство современного города осуществляется на ранее неосвоенной территории, этот этап эволюции выпадает – природные водные объекты сразу оказываются в зоне урбанизации. В связи с этим в их историческом развитии отсутствует период хозяйственно-бытового водопользования.

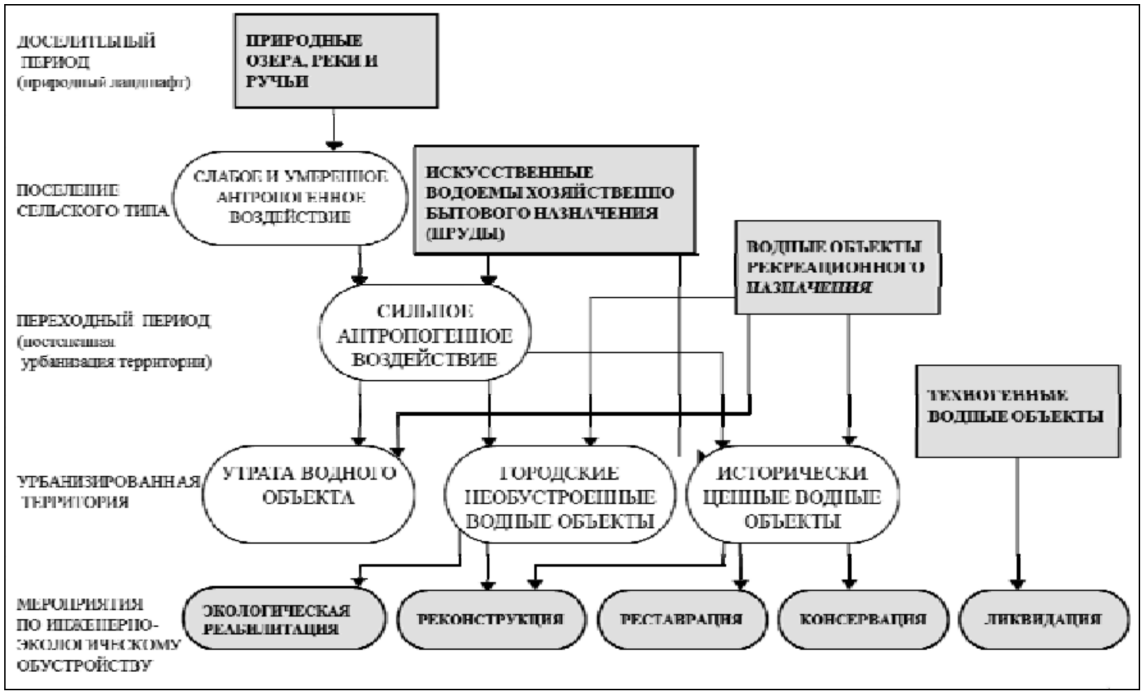


Рис. 3.2. Схема эволюции малого городского водного объекта

МГВО по происхождению и первоначальному предназначению можно разделить на четыре основных типа:

✓природные водоемы и водотоки;

✓искусственные водоемы хозяйственно-бытового назначения;

✓водные объекты рекреационного назначения;

✓техногенные водные объекты.

Каждый из этих типов появляется на определенном этапе исторического развития города. Дальнейшая эволюция водных объектов, относящихся к одному типу, также носит, как правило, сходный характер.

❖**Природные водные объекты**, оказавшись в пределах человеческих поселений сельского типа или вблизи них, начинают интенсивно использоваться в хозяйственных целях. С этого момента происходят изменения в структуре водных экосистем, в результате бытового загрязнения и эвтрофирования постепенно снижается качество вод (физико-химический и биотический виды техногенеза). На определенном этапе возникает необходимость природообустройственного техногенеза этих объектов, проводимого в целях обеспечения нормальных условий водопользования (периодическая очистка прудов, контроль за сбросом в воду нечистот и др.). Вода из таких водных объектов используется населением, главным образом, в питьевых целях. На современном этапе в подобном состоянии находятся небольшие озера и речки, расположенные или протекающие поблизости от достаточно крупных поселений сельского типа.

В следующий, переходный период, когда территория сельского поселения постепенно урбанизируется, как правило, наблюдается сильная антропогенная деградация малых водных объектов, при которой они переходят в «**катастрофическое состояние**», для которого характерно резкое ухудшение качества вод (они уже не могут быть использованы в питьевых целях). Многие небольшие водоемы и водотоки полностью исчезают. Социальная привлекательность и рекреационный потенциал окружающих МГВО территорий в значительной мере утрачивается. Происходит это главным образом вследствие двух причин. Во-первых, в период интенсивного градостроительства

и промышленного освоения территории антропогенное воздействие на малые водные объекты многократно усиливается. Оно заключается не только в бытовом загрязнении, засорении и эвтрофировании, как на предшествующем этапе. Практически всегда происходит принципиальное изменение характера водосборного бассейна. Во многих случаях русла рек частично заключаются в трубы. Во-вторых, потеря хозяйственного значения водного объекта на этом этапе практически всегда ведет к ослаблению государственного и общественного контроля за качеством его вод. Кроме того, в переходный период инфраструктура города еще развита не в полной мере.

МГВО по происхождению и первоначальному предназначению можно разделить на четыре основных типа:

✓природные водоемы и водотоки;
✓искусственные водоемы хозяйственно-бытового назначения;
✓водные объекты рекреационного назначения;
✓техногенные водные объекты.

Каждый из этих типов появляется в определенном этапе исторического развития города. Дальнейшая эволюция водных объектов, относящихся к одному типу, также носит, как правило, сходный характер.

❖**Природные водные объекты**, оказавшись в пределах человеческих поселений сельского типа или вблизи них, начинают интенсивно использоваться в хозяйственных целях. С этого момента происходят изменения в структуре водных экосистем, в результате бытового загрязнения и эвтрофирования постепенно снижается качество вод (физико-химический и биотический виды техногенеза). На определенном этапе возникает необходимость природообустройственного техногенеза этих объектов, проводиього в целях обеспечения нормальных условий водопользования (периодическая очистка прудов, контроль за сбросом в воду нечистот и др.). Вода из таких водных объектов используется населением, главным образом, в питьевых целях. На современном этапе в подобном состоянии находятся небольшие озера и речки, расположенные

или протекающие поблизости от достаточно крупных поселений сельского типа.

В следующий, переходный период, когда территория сельского поселения постепенно урбанизируется, как правило, наблюдается сильная антропогенная деградация малых водных объектов, при которой они переходят в «**катастрофическое состояние**», для которого характерно резкое ухудшение качества вод (они уже не могут быть использованы в питьевых целях). Многие небольшие водоемы и водотоки полностью исчезают. Социальная привлекательность и рекреационный потенциал окружающих МГВО территорий в значительной мере утрачивается. Происходит это главным образом вследствие двух причин. Во-первых, в период интенсивного градостроительства и промышленного освоения территории антропогенное воздействие на малые водные объекты многократно усиливается. Оно заключается не только в бытовом загрязнении, засорении и эвтрофировании, как на предшествующем этапе. Практически всегда происходит принципиальное изменение характера водосборного бассейна. Во многих случаях русла рек частично заключаются в трубы. Во-вторых, потеря хозяйственного значения водного объекта на этом этапе практически всегда ведет к ослаблению государственного и общественного контроля за качеством его вод. Кроме того, в переходный период инфраструктура города еще развита не в полной мере.

На следующем этапе водный объект оказывается в пределах окончательно сформировавшейся городской территории. В отличие от переходного периода, он становится элементом городского пейзажа, улучшающего или ухудшающего видеоэкологию данного района. Принципиально изменяется характер использования водного объекта. Если раньше он удовлетворял, главным образом, хозяйственно-бытовые потребности населения, то теперь его основное назначение – рекреационное. Когда специальных мер по инженерно-экологическому обустройству МГВО не проводится, водоем практически всегда не удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям и не должен использоваться для отдыха населения. Однако проведенные нами исследования (Суздалева и др., 2012)

показали, что вблизи таких МГВО почти всегда стихийно формируются неорганизованные места массового отдыха (стихийные резорты), часто представляющие опасность для здоровья городского населения. В ряде случаев неконтролируемая рекреационная нагрузка приводит к дальнейшему ухудшению экологического состояния МГВО. Улучшить его состояние в условиях принципиального изменения окружающей территории (водосборного бассейна) можно только путем целенаправленного природообустройственного техногенеза, в ходе которого водный объект подвергается еще более глубокой трансформации, превращаясь в управляемую ПТС[91] (механизмы ее управления будут рассмотрены дальше).

❖Возникновение городских водных объектов следующего типа – «**искусственных водоемов хозяйственно-бытового назначения**» – обычно происходит на этапе развития поселений сельского типа (рис. 3.2). Они являются примером примитивного креативного техногенеза водных объектов. В переходный период такие водоемы подвергаются сильной антропогенной деградации и теряют свое водохозяйственное значение. Затем они либо ликвидируются, либо используются в рекреационных и видеоэкологических целях, для чего, также как и в предшествующем случае, необходимо осуществление целенаправленного природообустройственного техногенеза, в результате которого возникает управляемая ПТС.

❖**Городские водные объекты,** изначально **создававшиеся в рекреационных целях** (рис. 3.2), согласно классификации, приведенной в таблице 1.2, также можно рассматривать как пример креативного рекреационного техногенеза водных объектов. Подобные МГВО возникают либо в переходный период как водоемы, украшающие пригородные усадьбы и парки, либо на территории парковых комплексов, создаваемых уже на территории города и окруженных полностью урбанизированной территорией. Отличительной чертой данной категории водных объектов является то, что их состояние,

[91]Следует подчеркнуть, что технические компоненты данной системы (элементы инженерно-экологического обустройства) вводятся в нее с целью поддержания благополучного состояния природных компонентов.

обеспечивающее надлежащий рекреационный потенциал, поддерживается искусственно мерами по их инженерно-экологическому обустройству. Оставленные без ухода, такие водоемы постепенно деградируют или исчезают.

❖Возникновение последней категории – «**техногенных водных объектов**» – как правило, приурочено к переходному периоду (постепенной урбанизации) (рис. 3.2). На полностью освоенной городской территории в современных условиях такие водоемы и водотоки возникают значительно реже вследствие усиления контроля за использованием земель и сбросами предприятий. Техногенный МГВО возникает как побочный продукт производства (технической деятельности) и как таковой изначально не предназначен для какого-либо вида водопользования. Существует два основных вида техногенных водных объектов. Первый из них – это открытые потоки сточных вод с производственных и коммунально-бытовых объектов, проходящие через городскую территорию. Второй вид городских техногенных водных объектов представляет собой «техногенные скопления вод» (см. разд. 2.3). Они образуются как спонтанно, например, в результате скопления стоков с городской территории у железнодорожных насыпей и иных подобных сооружений, так и создаются целенаправленно, как пруды для накопления жидких отходов. Как показали проведенные нами исследования (Суздалева и др., 2012), многие из них (несмотря на свое происхождение) также интенсивно используются в рекреационных и иных целях (например, для полива огородов, несанкционированно создаваемых горожанами в полосах отчуждения). Мы неоднократно обнаруживали стихийные резорты, оборудованные местным населением для пикников, на берегах открытых участков стоков городской ливневой канализации. Опасность подобного времяпрепровождения очевидна. Но даже и само по себе наличие таких объектов на городской территории ухудшает санитарно-эпидемиологическую ситуацию и представляет собой опасность для здоровья жителей, особенно детей. Поэтому проблема инженерно-экологического обустройства техногенных водных объектов также весьма актуальна. Однако в данном случае инженерно-экологическое обустройство заключается не

в восстановлении водных объектов, а в разработке и осуществлении проектов их ликвидации (отвод стоков в канализационные системы, засыпка впадин, где скапливаются стоки и др.).

3.2.4.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации

Несмотря на то, что по своему происхождению и другим особенностям **МГВО образуют весьма разнородную группу объектов, им всем присущ ряд общих черт, большинство из которых можно рассматривать как экологические аспекты техногенеза.** Это не только позволяет изучать их в качестве отдельной специфической категории компонентов окружающей среды, но и разрабатывать единые концептуально-методологические принципы их экологической оптимизации. К числу значимых аспектов техногенеза МГВО относятся (табл. 3.5):

❖**Видеоэкологический потенциал МГВО**, то есть его роль как элемента городского пейзажа, оказывающего влияние на социальную привлекательность водного объекта. В настоящее время практическое значение данного аспекта весьма велико, поскольку он, помимо прочего, является фактором формирования цен на жилье и земельные участки городских территорий. Во многом именно по этой причине и осуществляется благоустройство МГВО, попадающих в черту городской застройки, а также создание новых объектов, призванных улучшить ее пейзажность. Однако эти усилия зачастую дают лишь временный эффект. В определенный момент благоустроенные объекты начинают быстро деградировать. Для исправления ситуации проводится их повторное (иногда – многократное) благоустройство или проблема решается раз и навсегда в виде их ликвидации.

Основная причина неудач заключается в отсутствии научно-обоснованного подхода к этой деятельности.

Таблица 3.5. **Основные пути экологической оптимизации МГВО и окружающей их территориии**

Значимые аспекты техногенеза	Форма техногенеза	Механизм техногенеза	Основные пути и ожидаемые результаты экологической оптимизации
1	2	3	4
Видеоэкологический потенциал МГВО	Целенаправленный; сопутствующий; неконтролируемый	Поддерживающий; управляющий; деградационный	Разработка проектов благоустройства МГВО и окружающей территории на основе обоснованного выбора их историко-экологического прототипа, способного реально улучшить социальную привлекательность района городской застройки
Формирование участков массового отдыха городского населения на базе МГВО	Целенаправленный; сопутствующий; неконтролируемый	Поддерживающий; управляющий; деградационный	Инженерно-экологическое обустройство МГВО с целью сохранения или повышения их рекреационного потенциала
Формирование на урбанизированных территориях биотопов растений и животных	Неконтролируемый; сопутствующий; целенаправленный	Поддерживающий; креативный; управляющий; деградационный	Сохранение и создание рефугимов с целью повышения биоразнообразия городской биоты. Мероприятия по борьбе с массовым развитием нежелательных организмов и ограничению численности отдельных видов.

Окончание таблицы 3.5.

1	2	3	4
Формирование городского климата	Сопутствующий; целенаправленный	Модифицирующий;под держивающий;	Мероприятии по улучшению климатогенной функции:

		креативный; управляющий	- ПТС, формирующихся на базе отдельных МГВО; - урбосистемы в целом, на основе организации комплекса МГВО в ее пределах
Отвод стоков с городской территории и аккумуляция загрязнителей	Неконтролируемый; сопутствующий; целенаправленный	Деградационный; поддерживающий; креативный; управляющий	Отвод поверхностного стока и сбросов сточных вод на очистные сооружения. Создание специальных ИТС, позволяющих интенсифицировать процессы самоочищения и изымать загрязнители из водных объектов. Ликвидация техногенных скоплений вод, аккумулирующих загрязнители.

В ряде предшествующих наших работ был разработан методологический подход, позволяющий решить данную проблему (Родионов и др., 2004; Суздалева, Горюнова; 2004; 2005; Безносов и др., 2006а; 2007; Горюнова и др., 2009). Основанием послужили многолетние исследования МГВО и участие авторов в разработке проектов их инженерно-экологического обустройства.

В большинстве случаев в качестве конечной цели проекта инженерно-экологического обустройства водного объекта предлагается восстановление его облика, соответствующего тому или иному историческому периоду. Степень исторической достоверности этого облика может быть разной. При разработке проекта реабилитации – это лишь общие черты, свойственные городским водоемам определенной эпохи. Как показывает анализ опыта различных стран, наиболее удовлетворительные результаты (с точки зрения социальной привлекательности) дает восстановление водных объектов в том облике, который им был свойственен в XVII-XIX в.в. Он часто выдается за «естественный» или «изначально им присущий», но, как правило, таковым не является. В настоящее время подобный облик придается и многим МГВО, искусственно создаваемым в период застройки территории.

Однако, если реконструкция МГВО в большинстве случаев весьма условна, то проект их реставрации подразумевает полное исторически достоверное восстановление водного объекта. Подобные программы восстановления МГВО включают не только мероприятия, направленные на улучшение качества вод, но также и строительство объектов, имитирующих некоторые ГТС, традиционных для этого периода. Примерами могут служить модели водяных мельниц и мельничные пруды (Родионов и др., 2004).

Вместе с тем, выбор подлинного «исторического прототипа» на практике довольно сложен. Если речь идет о малой городской реке, то в идеальном случае реку, казалось бы, следовало восстановить в первозданном виде. Но здесь возникает вопрос: что собственно под этим понимать? Наиболее сложна проблема выбора облика при инженерно-экологическом обустройстве городских прудов. Большинство из них в

первоначальный период своего существования представляли собой интенсивно загрязняемые водоемы с низким видеоэкологическим потенциалом. Например, Чистые пруды, расположенные в центре г.Москвы, стали так называться только после их очистки, предпринятой в XVII веке по требованию Александра Меньшикова, купившего неподалеку от них земельный участок. До этого они именовались Погаными прудами, поскольку в них сбрасывались отбросы со скотобоен (Федосюк, 1983). Таким образом, в качестве прототипа выбирается не столько исторический облик, сколько укоренившееся в сознании современных людей представление о нем.

Однако восстановление внешнего облика с той или иной степенью его историчности не подразумевает восстановление экосистемы МГВО, существовавшей в ту историческую эпоху. Последнее практически невозможно вследствие необратимой трансформации водосборного бассейна. Вместе с тем, обеспечение хорошего экологического и санитарно-гигиенического состояния водного объекта не менее важно, чем воссоздание его исторического облика. При создании проекта необходимо предусматривать условия существования обустроенного водного объекта, при которых его экологическое состояние будет поддерживаться на достаточно высоком уровне в течение длительного времени. В противном случае, после окончания инженерно-технических работ, водный объект быстро деградирует и его рекреационный потенциал повторно утрачивается. Связано это с тем, что в условиях современного города интенсивность процессов самоочищения и самовосстановления водоемов и водотоков несопоставима с количеством поступающих в них загрязнителей. Так, миллионный город сбрасывает ежегодно 360-450 млн $м^3$ сточных вод (Владимиров и др., 1986). Для их регенерации необходима площадь водосборного бассейна не менее 20 тыс. $км^2$. Реальная же площадь города с населением 1 млн человек во много раз меньше – в среднем 20 тыс. га (Маслов и др., 2002). Значительная часть городских стоков сбрасывается не на очистные сооружения, а непосредственно в водные объекты. По этой причине хорошее экологическое состояние малых водных

объектов может быть достигнуто только в том случае, если они представляют собой природно-техногенные или полностью техногенные системы, существование которых поддерживается работой специальных устройств (аэраторов, циркуляционных систем и др.).

Учитывая изложенное выше, для обозначения предполагаемого состояния водного объекта, которое является целью его инженерно-экологического обустройства, был предложен термин «историко-экологический прототип» (Суздалева, 2005), под которым подразумевается внешний вид водного объекта или его фрагмента, свойственный водоемам определенной эпохи, надлежащее экологического состояние которого обеспечивается проведением специальных инженерно-технических мероприятий. Следовательно, выбор историко-экологического прототипа, с одной стороны, заключается в определении желаемого исторического облика, а с другой стороны, в разработке инженерно-экологического обустройства данного объекта, позволяющего сохранить этот облик в современных условиях. Как показывает опыт, нарушение работы ИТС, поддерживающей благополучное состояние МГВО, приводит к их быстрой экологической деградации. Таким образом, эти объекты могут обладать социальной привлекательностью только в том случае, когда они представляют собой управляемую ПТС. При этом их технические компоненты по возможности маскируются с целью создания иллюзии «естественного облика».

❖**Формирование участков массового отдыха городского населения.** Как уже рассматривалось в предшествующем разделе, этот процесс может происходить как в форме целенаправленного или сопутствующего[92] рекреационного, так и прямого неконтролируемого техногенеза (самовольная организация городских резортов, неудовлетворяющих санитарно-гигиеническим требованиям). Различие форм

[92]Примером является большинство сохраняемых в пределах городской застройки небольших открытых водотоков. Их основное назначение – водоотведение поверхностного стока, а их необходимое с санитарно-гигиенической и видеоэкологической точек зрения благоустройство является примером сопутствующей формы техногенеза.

техногенеза обусловливает различие его экологических механизмов. При целенаправленном формировании резортов на базе МГВО в большинстве случаев наблюдается поддерживающий механизм техногенеза. Значительно реже, когда инженерно-экологическое обустройство водного объекта включает создание постоянно действующих специальных ИТС, эти меры по сохранению экологически благополучного его состояния можно рассматривать как управляющий экологический механизм. При стихийном возникновении городских резортов антропогенное воздействие, оказываемое на близлежащие МГВО, как правило, усиливается, что, в свою очередь, обуславливает их экологическую деградацию. Таким образом, в зависимости от складывающейся ситуации данный аспект техногенеза можно рассматривать и как позитивный, так и негативный.

Особый случай – это добровольное, несанкционированное властями сохранение благополучного состояния МГВО населением. Примером является обустройство (в том числе с элементами простейших технических приспособлений) некоторых родников, расположенных в черте городской застройки. Не рассматривая санитарно-гигиеническую сторону этого феномена, такую деятельность можно считать одной из разновидностей поддерживающего экологического механизма техногенеза.

Экологическая оптимизация резортологического аспекта техногенеза МГВО осуществляется в виде использования одной из форм инженерно-экологического обустройства этих объектов. На практике решение данного вопроса осложняется тем, что многие из МГВО формируют исторический облик города и их ликвидация или трансформация (даже в тех случаях, когда с санитарно-гигиенической точки зрения она вполне оправдана) ведет к частичной его утрате. Анализ этой проблемы облегчается при ранжировании МГВО на ряд групп по их рекреационному потенциалу и значению, которое они играют (Безносов и др., 2007в):

➢***Полностью утраченный МГВО.*** Восстановление этих водных объектов в современных городских условиях нереально. Необходимость их включения в классификацию обусловлена

тем, что решение о возможности или невозможности инженерно-экологического обустройства водного объекта должно основываться на результатах исследований. Введение этой категории необходимо и в качестве альтернативы при анализе следующей категории МГВО.

➢***Временно утраченный МГВО.*** К данной категории относятся объекты, в настоящее время не существующие, но подлежащие восстановлению путем реализации проектов реабилитации, реконструкции, реставрации.

➢***Фрагментарно сохранившийся МГВО.*** Их примером являются городские водоемы, сохранившиеся в виде отдельных фрагментов ранее существовавших водотоков (речек и ручьев). В данном случае полностью воссоздать водоток уже нельзя. Вместе с тем, можно восстановить его отдельные фрагменты, сохранившиеся, например, в пределах территории культурно-исторических объектов и рекреационных зон. В г. Москве примерами таких объектов могут служить пруды Московского зоопарка, первоначально образовавшиеся в русле р.Пресни (Авилова и др., 1994) и Чистые пруды, созданные в результате запруживания р.Рачки, когда-то протекавшей вдоль стены Белого города (Федосюк, 1983). В некоторых случаях фрагментарно сохранившиеся участки городских малых рек, расположенные в пределах парковых территорий, можно превратить в водоемы рекреационного назначения. Для этого необходимо проведение следующих инженерно-технических, гидромелиоративных и экологических мероприятий (Горюнова, Суздалева, 2005):

✓изоляция реабилитируемого фрагмента речного русла от потока загрязненных вод, поступающих из закрытого участка реки, путем его отвода в систему городской ливневой канализации;

✓заполнение образовавшегося изолированного фрагмента русла (после его предварительной расчистки) чистой водой и создание циркуляционной системы, в которой вода движется по замкнутому контуру. В закрытую часть контура встраиваются узлы по очистке и кондиционированию водной среды;

✓разработка экологического дизайна нового водоема и формирование биотического комплекса (создание зарослей

прибрежной растительности на открытых участках контура, зарыбление, организация водопадов-аэраторов и др.). Возможно частичное восстановление (реконструкция) некоторых природно-ландшафтных особенностей этого участка.

Несомненно, что водоем, возникающий в результате реализации подобной программы, не является восстановленным водотоком, а представляет собой природно-техногенный водный объект, существование которого поддерживается благодаря постоянной или периодической работе циркуляционной системы и водоочистных устройств. В связи с этим, для обозначения подобных проектов нами предложен специальный термин – «имитационные водоемы» (Суздалева, Горюнова, 2004).

Таким образом, инженерно-экологическое обустройство фрагментарно сохранившихся водных объектов может осуществляться в виде реабилитации и реконструкции их отдельных изолированных частей.

➢***Рекреационно незначимый водный объект.*** Данная категория включает городские водные объекты и техногенные скопления вод, берега которых не используются населением в качестве мест отдыха. Наличие такого водоема и водотока на городской территории только ухудшает ее видеоэкологические характеристики. Сюда же можно отнести водоемы, неблагополучные с санитарно-гигиенической точки зрения, сильно замусоренные, загрязненные, от вод которых исходит неприятный запах. Иными словами, «рекреационно незначимый водный объект» – это такой водный объект, который люди не хотели бы иметь в районе своего проживания.

Инженерно-экологическое обустройство рекреационно незначимых водных объектов может осуществляться в виде реабилитации. В тех же случаях, когда подобные водные объекты представляют собой опасность для здоровья населения, а проведение мероприятий по улучшению их состояния невозможно или нецелесообразно, их инженерно-экологическое обустройство заключается в разработке и осуществлении проектов их ликвидации.

➢***Рекреационно малозначимый водный объект*** – городской водоем или водоток, который в силу своего плохого экологического и санитарно-гигиенического состояния не может использоваться для организации рекреационных зон. Видеоэкологическую ситуацию наличие таких объектов на городской территории также не улучшает. Вместе с тем, население использует прибрежную зону, а иногда и сам водный объект, как место отдыха (иногда даже массового) или в иных целях. Во многих случаях неконтролируемое использование таких водных объектов представляет опасность для здоровья людей. В качестве рекреационно малозначимых водных объектов можно также рассматривать упоминавшиеся ранее открытые участки систем городских ливневых канализаций, поскольку они также иногда используются населением как места отдыха. Очевидно, что в последнем случае программа инженерно-экологического обустройства должна заключаться не в реабилитации этих водотоков, а в их ликвидации путем отвода канализационных стоков, исключающем использование потоков сточных вод в рекреационных целях.

➢***Рекреационно значимый водный объект***, то есть городской водный объект, находящийся в удовлетворительном экологическом и санитарно-гигиеническом состоянии и использующийся населением в рекреационных целях. Эти объекты всегда являются важным видеоэкологическим фактором, формирующим позитивное восприятие от данного участка городской территории в целом.

В отличие от предшествующей категории, отдых в прибрежной зоне таких водных объектов не представляет собой прямой угрозы для здоровья людей. Вместе с тем, говоря об удовлетворительном состоянии рекреационно значимых водных объектов, мы отнюдь не подразумеваем отсутствие необходимости в его улучшении. Напротив, исходя из полученных результатов, рекреационная значимость не свидетельствует о хорошем экологическом и санитарно-гигиеническом состоянии водного объекта. Как показывает анализ имеющихся материалов, большинство рекреационно значимых городских водоемов в условиях возрастающей

антропогенной нагрузки без проведения специальных мероприятий (реабилитации, экологической защиты и охраны) быстро деградирует. Поэтому главная задача инженерно-экологического обустройства заключается в достижении соответствия между качеством вод и характером использования данных объектов.

➢***Исторически ценный водный объект.*** К данной категории мы относим все городские водные объекты, обладающие, помимо рекреационного потенциала, несомненной культурно-исторической ценностью, а в ряде случаев имеющих и религиозно-культовое значение. Как показывает практика, их современное экологическое и санитарно-гигиеническое состояние может быть различным, в том числе и неудовлетворительным. Особенность программ инженерно-экологического обустройства таких водоемов и водотоков заключается в том, что их целью является не реабилитация, а реконструкция или даже реставрация исторического облика водного объекта. Иногда инженерно-экологическое обустройство исторически ценных водных объектов осуществляется для их консервации.

❖**Формирование на урбанизированных территориях биотопов растений и животных.** Биотический компонент ПТС, формирующихся на базе МГВО, часто достаточно разнообразен. Некоторые исследователи рассматривают территории вокруг этих объектов как своеобразные рефугиумы (убежища), в которых на урбанизированных территориях сохраняются многие виды растений и животных (Авилова, 2000). Многие из них имеют статус охраняемых (например, занесены в Красную книгу г. Москвы). Например, анализ материала, собранного 1991-1998 гг. на 21 московской речке (Чичев, 2000) показывает, что, несмотря на значительные нарушения, а нередко и полное уничтожение отдельных пойменных и приречных участков, на обследованных территориях встречается более 445 видов высших растений (более 40% видов московской флоры).

Вместе с тем, следует особо подчеркнуть, что формирование этих рефугиумов является продуктом техногенеза (точнее – урбанизации). В пределах городской застройки каких-либо

природных экосистем существовать не может. Как уже рассматривалось ранее, все виды МГВО – это части урбосистемы, эволюционировавшие в ее составе. Следовательно, как это ни парадоксально звучит, формирование местообитаний для живых организмов в водной среде МГВО и на территории, их окружающей, представляет собой один из аспектов техногенеза. Представление о данных рефугиумах как об «островках» природной среды неправомерно и может стать причиной некорректной интерпретации наблюдаемых явлений. Так, многие МГВО в зимний период имеют температуру воды, значительно превышающую естественный уровень. Именно тепловое загрязнение, вызванное как отепляющим эффектом самого города, так и сбросом подогретых стоков, обуславливает возможность зимовки в МГВО ряда видов водоплавающих птиц (Авилова и др., 1994). Существеннейшим образом отличается и видовой состав водных сообществ. Причем это не обедненный вариант биоты природных водоемов небольшого масштаба. Зачастую в МГВО доминируют иные виды, попавшие в результате их целенаправленной интродукции или биологических инвазий, сопутствующих человеческой деятельности[93]. В обоих случаях эти процессы можно рассматривать как биотический техногенез (целенаправленный или стихийный). Почвенный покров, окружающий МГВО, как правило, представлен специфическими городскими почвами – урбоземами (Герасимова и др., 2003). В произрастающей на них флоре также значимую роль могут играть различные вселенцы.

В то же время местообитания, формирующиеся благодаря существованию МГВО, являются важнейшим фактором, определяющим уровень биоразнообразия городской биоты. Показателен такой пример: на базе некоторых технологических водоемов и очистных сооружений искусственно возникают водно-болотные массивы, уровень биоразнообразия которых чрезвычайно высок (Авилова, 2000). На одном из таких объектов, образовавшихся благодаря функционированию одной

[93]Так, типичными массовыми формами городских прудов являются элодея канадская и бычок ротан-головешка. Эти виды проникли и в естественные водные объекты европейской части России, но их значение в них, как правило, не столь велико, как в МГВО.

из очистных канализационных станций Москвы, за 10 лет наблюдений зарегистрировано 164 вида птиц (65% всей орнитофауны Московской области), из которых 58 видов гнездились, 42 – регулярно и подолгу обитали на территории во время сезонных миграций (Еремкин, 1997а).

Однако экологическая значимость техногенных местообитаний далеко не всегда может рассматриваться как сугубо позитивный фактор. В этих биотопах создаются условия для жизни некоторых организмов, массовое развитие которых или несбалансированное повышение численности в городах нежелательно. Эти виды условно можно разделить на три группы:

- организмы, массовое развитие которых **ухудшает экологическое состояние** МГВО и их социальную привлекательность. Жизнедеятельность данных организмов ведет к экологической деградации водного объекта. Прежде всего, это синезеленные водоросли, «цветение» которых весьма характерно для интенсивно эвтрофируемых городских прудов, а также некоторые виды высшей водной растительности (например, ряски, покрывающие сплошным покровом поверхность воды). При отмирании и разложении этой растительности наблюдаются явления вторичного загрязнения. Вода начинает издавать неприятный запах. Цветение фитопланктона сопровождается гибелью других представителей водной биоты в результате отравления экзометаболитами и продуктами разложения водорослей. Подобные явления могут наблюдаться и в последующий период при возникновении заморов при разложении отмерших организмов. Интенсивное зарастание МГВО приводит к их обмелению за счет накопление донных отложений, в результате чего деградация такого объекта может закончиться его исчезновением. К рассматриваемым явлениям можно отнести и чрезмерное развитие на МГВО водоплавающих птиц, что в ряде случаев обусловливает их так называемое «зоогенное загрязнение» (Авилова и др., 1994), ведущее к существенному ухудшению качества воды;
- организмы, развитие которых **ухудшает санитарно-эпидемиологическую обстановку**. К ним относятся кровососущие насекомые, личиночная стадия которых

развивается в водной среде, а также другие организмы-переносчики инфекционных заболеваний (птицы, грызуны), размножающиеся или находящие пищу вблизи МГВО. Тепловое загрязнение, характерное для некоторых из этих объектов, может сопровождаться явлением «вторичного роста» патогенных микроорганизмов в водной среде (см. раздел. 3.2.2.2);

➢организмы, чрезмерное увеличение численности которых может привести **к снижению уровня биоразнообразия городской биоты.** Примером является увеличение количества ворон, наблюдавшееся на территории Курьяновской станции аэрации (которую можно было рассматривать и как систему МГВО), которые интенсивно разоряли гнезда других птиц, обитавших в близрасположенном музее-заповеднике «Коломенское» (Цветков и др., 2002).

Формирование биотопов МГВО может происходить в различных формах и иметь принципиально отличные экологические механизмы (табл. 3.5). Характерными чертами МГВО являются их интенсивное эвтрофирование, загрязнение и замусоревание. Поэтому при стихийной форме техногенеза (отсутствие мер по их инженерно-экологическому обустройству) почти неминуемой является экологическая деградация водных объектов, распространяющаяся, как правило, и на окружающую территорию. Обычно это сопровождается снижением биоразнообразия на данных участках и вспышками развития нежелательных организмов («цветений» фитопланктона и др.). При целенаправленной организации специальной инженерно-технической системы (при обустройстве уже существующих объектов или создании новых), выполняющей функцию регулятора их экологического состояния, возникает управляемая ПТС. На практике чаще встречаются промежуточные варианты (частичное и/или периодическое управление экологическим состоянием МГВО), которые можно рассматривать как сопутствующую форму техногенеза, а экологический механизм формирования их состояния – как поддерживающий.

Специфичность роли отдельных групп биоты ПТС, формирующихся на базе МГВО, обусловливает разнородность возможных путей экологической оптимизации данного аспекта техногенеза. С одной стороны, это разнообразные мероприятия по сохранению и целенаправленному созданию биотопов, служащих рефугимами для различных видов, обитающих в пределах урбанизированной территории. Сюда же можно отнести и интродукцию растений и животных, обогащающих городскую биоту и повышающих социальную привлекательность территории. С другой стороны, это меры по борьбе с массовым развитием нежелательных организмов и ограничению численности отдельных видов. Основной акцент следует делать не на различные способы по уничтожению этих организмов, а на создание условий, не допускающих их развития. Например, при формировании городских прудов желательно придание им корытообразной формы, при которой отсутствуют значительные по площади участки зарастающих мелководий. Одновременно подобные проекты могут включать организацию специальных подводных террас для высадки пояса макрофитов, задерживающих значительную часть эвтрофикантов, содержащихся в поверхностном стоке с окружающей территории.

❖**Формирование городского климата.** Любой водный объект может рассматриваться как климатообразующий фактор того или иного масштаба. В полной мере это относится и к небольшим водоемам, вблизи которых формируется особый микроклимат.

Влияние МГВО как климатообразующего фактора городской среды может проявляться двумя различными путями:

➢непосредственно изменяя физико-химические параметры воздушной среды у водной поверхности. Вблизи МГВО происходит увлажнение воздуха вследствие испарения воды, поглощение из него аэрозолей и ряда других компонентов (в т.ч. и вредных примесей) и т.п.). Не случайно, что еще в глубокой древности благоустройство дворцовых территорий в южных странах в большинстве случаев включало организацию небольших водных объектов (прудов, бассейнов, ручьев).

Вместе с тем, данный аспект далеко не всегда носит однозначно позитивный характер. При определенных условиях (расположение жилых построек в котловинообразных формах рельефа) близость МГВО может обусловить избыточную влажность воздуха («сырость») в помещениях.

➢косвенно, благодаря жизнедеятельности организмов (главным образом, растений), существование которых связано с наличием МГВО. Речь идет, скорее, о климатогенной роли ПТС, складывающейся на базе этих объектов. В вегетационный сезон эти объекты являются донорами кислорода. Как уже указывалось в предшествующем разделе, в большинстве случаев вокруг них формируются островки растительности. Высшая водная растительность и фитопланктон развиваются и в самих МГВО. Следует вспомнить, что город с населением в 1 млн чел., занимающий условно площадь более 20 тыс. га и хорошо озелененный, производит на своей территории менее 30 тыс. т кислорода, однако его потребление достигает 10 млн т. (Владимиров, 1986). Возникающий дисбаланс компенсируется в основном за счет притока воздуха с окружающих город территорий. Если вследствие гидрометеорологических условий такого поступления не происходит, городское население начинает ощущать духоту, наблюдается массовое обострение ряда заболеваний. Причем, как правило, подобная ситуация складывается именно в летний (т.е. вегетационный) период, когда роль МГВО как фактора микроклимата наиболее значима.

Объективная **оценка МГВО как климатообразующего фактора**, на наш взгляд, должна рассматриваться в двух направлениях:

➢оценка роли отдельных МГВО в формировании микроклимата близлежащей территории и их воздействия на качество среды обитания населения;

➢оценка совокупного воздействия на городской климат всех МГВО, расположенных на его территории. Результаты подобных исследований могли бы значительно уточнить ответ на вопрос: сколько и каких МГВО необходимо планировать при застройке (реконструкции) современной городской территории?

Любые мероприятия по улучшению каждого из перечисленных видов воздействия можно рассматривать как экологическую оптимизацию. В первом случае она будет идти по пути повышения управляемости ПТС отдельных МГВО, во втором – по пути повышения управляемости урбосистемы в целом.

В зависимости от меры и пути воздействия МГВО на климат, точнее, воздействия сложившейся на его основе ПТС, можно рассматривать его как форму сопутствующего или целенаправленного техногенеза (табл. 3.5). Это определяет и характер экологического механизма (при создании МГВО, когда одной из преследуемых целей является улучшение климатических характеристик – это разновидность креативного механизма техногенеза окружающей среды).

❖**Отвод стоков с городской территории и аккумуляция загрязнителей.** Гидрографическая сеть, сохраняющаяся на урбанизированной территории, практически всегда служит основным путем транзита различных загрязнителей. Таким образом, оценка данного аспекта техногенеза носит двоякий характер. С одной стороны, благодаря наличию водотоков (в т.ч. и заключенных в подземные трубопроводы) с территории города удаляется значительная часть загрязнителей. До последнего времени во многих российских городах большая часть убираемого с их территории загрязненного снега сбрасывалась в реки. Этот процесс долго рассматривался если не как позитивный, то как функционально оправданный. Именно благодаря отводу нечистот в гидрографическую сеть городов в предшествующие эпохи поддерживалось приемлемое санитарно-гигиеническое состояние их территорий. В зависимости от организации данного процесса форма техногенеза МГВО с этой точки зрения может рассматриваться и как неконтролируемая, и как целенаправленная (при официальном признании факта использования городской гидрографической сети для отвода стоков).

С другой стороны, практически неконтролируемое распространение загрязнителей по городской гидрографической сети – это один из главных факторов экологической деградации

водных бассейнов, принимающих эти воды. Оценка этих явлений с экологической точки зрения может быть только негативной. Аналогичным образом оценивается и накопление загрязнителей в изолированных МГВО (например, в прудах, не сообщающихся с другими водными объектами).

Сложность разработки эффективных мер по предотвращению загрязнения МГВО и аккумуляции в них загрязнителей во многом связана с разнородностью процессов, обусловливающих данные явления. Загрязнители поступают в МГВО различными путями, главными из которых являются сброс сточных вод с различных хозяйственно-бытовых объектов и поверхностный сток с окружающей территории. При этом сброс в МГВО поверхностного стока может осуществляться как организованно, через городскую систему ливневой канализации, так и неорганизованно, стекая в них по поверхности окружающих участков в периоды обильных атмосферных осадков и снеготаяния. В соответствии с нормативной базой, действующей в РФ, очистка вод поверхностного стока перед их сбросом в водные объекты не требуется. Вместе с тем, практически всегда уровень загрязненности этих вод весьма высок (Янин, 2002). Причем это касается не только химического, но и микробиологического загрязнения (Митяева, 2013). Следует также отметить, что сам объем поверхностного стока на урбанизированных территориях существенно возрастает за счет их покрытия водонепроницаемыми материалами (асфальтирование и др.). В условиях современного города интенсивное загрязнение водной среды может быть обусловлено и осаждением на поверхность воды атмосферных аэрозолей (Хват и др., 1991; Митяева, 2013).

Вследствие многофакторности и разнородности процессов, вызывающих ухудшение состояния МГВО, **единого подхода к их экологической оптимизации существовать не может.** Эти меры необходимо разрабатывать, исходя из конкретных условий. На практике **наиболее распространенными способами являются:**

✓защита путем отвода сбросов сточных вод и организованного сброса поверхностного стока на очистные сооружения;

✓кондиционирование вод на основе создания специальных ИТС, повышающих интенсивность процессов физико-химического и биологического самоочищения (от простейших аэраторов до систем замкнутой циркуляции вод) (Рябов, Сиренко, 1982; Хендерсон-Селлерс, 1987; Волшаник и др., 2003);
✓регулярная очистка МГВО от мусора и наносов.

Однако, несмотря на различие способов решения проблемы, во всех перечисленных случаях ощутимый эффект достигается только тогда, когда эта деятельность осуществляется систематически. Иными словами, МГВО включается в состав управляемой ПТС, основу которой составляют специальные инженерно-технические устройства и их системы. Решение проблемы обеспечения благополучного состояния МГВО одними биомелиоративными мероприятиями в условиях современных городов практически невозможно[94].

В противном случае наблюдается явление, которое можно назвать «**циклической деградацией**», которую можно рассматривать как один из видов деградационного экологического механизма техногенеза. После проведения разовых мероприятий по очистке МГВО (или первичного благоустройства в период его создания), он, подвергаясь интенсивной антропогенной нагрузке, постепенно деградирует. В определенный момент состояние МГВО достигает какого-то критического уровня, вынуждающая городские власти провести его очередную очистку. После чего ситуация повторяется вновь. Значительную часть времени своего существования подобные МГВО имеют малую рекреационную значимость, снижают социальную привлекательность района городской застройки и создают угрозу для здоровья населения.

Особую проблему создает накопление загрязнителей в образованиях, которые мы обозначаем как «**техногенные скопления вод**» (см. разд. 2.3). Единственным путем экологической оптимизации таких водных объектов является их

[94]Данное суждение не следует трактовать как отказ от методов биомелиорации МГВО. В комплексе с инженерно-техническими мероприятиями эти меры могут быть весьма эффективны.

ликвидация. В отличие от рассмотренных выше случаев, в подобной ситуации объектом оптимизации является не МГВО, а участок городской территории.

В краткой форме **материалы настоящего раздела можно резюмировать** следующим образом:

- Все существующие на урбанизированной территории МГВО (включая «техногенные скопления вод») представляют собой ПТС. Степень управляемости этих систем различна и ее повышение является главной задачей экологической оптимизации техногенеза данной категории объектов. В большинстве случаев в состав этих ПТС в качестве компонентов входят:

- непосредственно прилегающие к МГВО земельные участки, экологическая ситуация в которых зависит от состояния данного водного объекта и/или, наоборот, на состояние МГВО ситуация, складывающаяся на этих участках, оказывает значимое влияние;
- элементы инженерно-экологического обустройства (более широко – объекты природообустройственного техногенеза) на территории, экологическая ситуация на которых оказывает влияние на состояние МГВО.

- Фомирующиеся на основе подобных ПТС экологические рефугиумы являются продуктами техногенеза. Рассматривать их как «островки» природной среды, сохранившейся в пределах урбанизированной территории, некорректно. Подобная неадекватная оценка данных объектов окружающей среды затрудняет разработку эффективных мер по созданию благоприятных экологических условий в городах.
- Влияние МГВО на состояние городской среды целесообразно анализировать на трех разномасштабных уровнях:
  - отдельного водного объекта;
  - ПТС, формирующейся на его основе, которая должна рассматриваться как отдельный компонент урбосистемы;
  - всей совокупности МГВО[95], входящих в состав урбосистемы.

[95]Внутри данной категории объектов целесообразно выделять МГВО, входящие в состав гидрографической сети и изолированные от нее.

Выделение перечисленных уровней анализа экологических проблем необходимо для полной и комплексной оценки рассмотренных в настоящем разделе различных аспектов техногенеза МГВО и разработки эффективных мер по их экологической оптимизации.

IV. ПРОЦЕСС ТЕХНОГЕНЕЗА МИРОВОГО ОКЕАНА

4.1. СОВРЕМЕННЫЙ ХАРАКТЕР ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МИРОВОГО ОКЕАНА

К настоящему времени процессы техногенеза морских водных объектов принципиально изменились, приобретя следующие особенности, не наблюдавшиеся в предшествующие эпохи:

❖**Изменился характер пространственной локализации техногенных воздействий** и, что еще более важно, **их масштаб**. Приблизительно до середины XX века значимое влияние человеческой деятельности наблюдалось лишь на отдельных прибрежных участках. В период, который мы в разделе 1.3 обозначили как «индустриальный этап развития техногенеза», результаты этих процессов в морской среде носили локальный характер. Лишь в редких случаях они достигали регионального масштаба. Причем подобные явления наблюдались, главным образом, в морских водных объектах[96], имевших ограниченный водообмен с другими частями Мирового океана, например, во внутреннем Японском море. В ряде случаев воздействие временно выходило за рамки локального при авариях (например, разливах нефти при разгерметизации перевозивших ее танкеров).

В последние десятилетия процессы техногенеза Мирового океана стали происходить в региональном, межрегиональном и глобальном масштабах. Процессами, обусловившими изменение масштабов техногенеза, явились:

➢зарегулирование стока рек, спровоцировавшее в ряде случаев устойчивое изменение гидрохимического и гидрологического режимов обширных морских акваторий. Примером может являться трансформация структуры водных масс Черного моря (Виноградов, 1987). По мнению некоторых специалистов, именно эти процессы вызвали подъем в нем уровня

[96]В соответствии со статьей 7 Водного кодекса РФ, под морским водным объектом мы подразумеваем «моря или их отдельные части (проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы и другие)».

сероводородного слоя, приведшего к катастрофическим экологическим последствиям (уничтожению значительной части так называемого «филлофорного поля» Зернова и ряда других биоценозов бентали Черного моря);

➢засорение Мирового океана, проявляющееся в форме неконтролируемого потока сбрасываемых в него в течение длительного времени неразлагающихся в воде различных предметов (от консервных банок до затапливаемых плавсредств). Масштабы этого процесса в настоящее время оценить сколько-нибудь точно нельзя. Но можно обоснованно утверждать, что он уже давно приобрел глобальный масштаб. Суммарная поверхность этих антропогенных субстратов огромна. Как осевшие на дно, так и длительно плавающие предметы интенсивно заселяются некоторыми группами гидробионтов (так называемыми организмами-обрастателями), биомасса которых достигает килограммов на $м^2$ (Резниченко и др., 1976). Их развитие способно привести к значимому изменению облика и трофической структуры как бентических, так и пелагических экосистем. Причем засорению подвергаются и самые глубокие участки Мирового океана, в которых осуществление целенаправленной человеческой деятельности при современном уровне технического развития невозможно. В данном случае мы наблюдаем особый вид дистанционной формы техногенеза;

➢глобальные климатические изменения, в основе которых лежат процессы техногенеза биосферы. Они обуславливают изменение характера океанической циркуляции. Известно, что потепления климата, связанные с повышением содержания в атмосфере парниковых газов, периодически наблюдались в истории Земли. В палеоклиматологии они получали названия «термоэры» и их суммарная продолжительность составляла более 70% фанерозоя[97] (Чумаков, 1993; 1995), то есть по сути всего времени существования на планете высокоорганизованных форм жизни. Поэтому прогнозировать некоторые экологические последствия этих явлений можно на основе геологических и палеонтологических материалов. Так, в

[97]То есть палеозойской, мезозойской и кайнозойской эр.

эти экологические эпохи отмечалось значительное ослабление вертикальной циркуляции вод и накопление на обширных участках придонных слоев сероводорода. Так, значительные части океанов Юрского периода, часто приводимого как пример развития парникового эффекта, по своей структуре напоминали современное Черное море (Несов, 1995). Существование высокоорганизованных форм жизни в их зараженных сероводородом глубинах было невозможно. В современных условиях замедление вертикальной циркуляции вод Мирового океана в результате развития парникового эффекта (т.е. одного из проявлений техногенеза) будет иметь аналогичные последствия как по масштабам, так и по степени катастрофичности наблюдаемых явлений.

❖Изменение масштабности техногенных воздействий и обусловленных ими экологических последствий вызывает **необходимость изменения уровня анализа процессов техногенеза морских водных объектов**. Специалисты, занимающиеся проблемами их техногенной трансформации, как правило, рассматривают происходящие процессы на уровне экосистемы, для обозначения которой был предложен термин «техноэкосистема» (Звягинцев, Мощенко, 2010). Однако подобный подход, в ряде случаев, несомненно, продуктивный, не позволяет анализировать ряд современных аспектов техногенеза Мирового океана, ограничивая их областью химического и физического загрязнения водной среды. В этой связи следует отметить, что еще в 80-е годы XX века известный советский гидробиолог О.Г. Резниченко (1978) предлагал рассматривать эти явления на значительно более высоком уровне, которого они уже тогда достигли. Так, он квалифицировал совокупную роль искусственных субстратов, целенаправленно и спонтанно вводимых человеком в морскую среду, как отдельный суббиоцикл биосферы – «мезаль» или «антропаль»[98], роль и пространственные масштабы которого

[98]Термин «мезаль» имеет более широкое значение, поскольку включает также инородные предметы, поступающие в морскую среду в результате естественных процессов (например, плавник из отмершего древесного материала, выносимого в моря из рек). Однако в настоящее время доля подобных субстратов в составе мезали незначительна и они относительно недолговечны.

уже достигали других аналогичных структурных подразделений биосферы – бентали и пелагиали. В качестве примера, обосновывающего высказанную идею, О.Г. Резниченко приводил расчеты, свидетельствующие о том, что суммарная поверхность только одного из выделенных им типов антропогенных субстратов – подводная часть корпусов плавсредств – по площади превышала верхнюю часть сублиторали[99] Черного, Азовского и Каспийского морей. В соответствии с этим он предлагал и рассматривать роль этого фактора (по своей сути, один из аспектов техногенеза Мирового океана). В реальности, масштаб этих процессов значительно больше, поскольку материалы, необходимые для оценки большинства других типов антропогенных субстратов (например, количество упоминавшегося нами ранее техногенного мусора, скопившегося в морских водах), в настоящее время отсутствуют.

❖**Произошла смена доминирующих форм техногенеза**. В предшествующую индустриальную эпоху техногенез морских водных объектов достигал наиболее значимых последствий, когда был либо целенаправленным (строительство портов, обустройство морских курортов и т.п.), либо сопутствующим (осуществление в той или иной степени контролируемого сброса сточных вод в море). Как ни странно это звучит, в постиндустриальную эпоху, отличительной чертой которой стало осознание необходимости контроля за воздействием производства на окружающую среду, основную роль начал играть неконтролируемый дистанционный техногенез. Он проявляется не только в изменениях гидрологической циркуляции, обусловленных техногенным изменением состава атмосферы (парниковых газов), но и в трансграничном переносе загрязнителей как морскими течениями, так и воздушными массами. Несмотря на многочисленные декларативные заявления, принимаемые на самом высоком уровне, эти процессы в настоящее время в действительности являются неконтролируемыми. Их интенсивность растет с ростом

[99]Точнее, прибрежную полосу, распространяющуюся по вертикали приблизительно на тот же горизонт воды, что и подводная часть плавсредств.

мирового производства и народонаселения планеты. Собственно, глобализация техногенного загрязнения стала возможной тогда, когда количество загрязнителей, выбрасываемых в окружающую среду, достигло уровня, при котором их концентрация за пределами локальных зон вокруг источников их поступления перестала снижаться до фонового уровня в результате дисперсии агентов загрязнения (их распыления в атмосфере или разбавления в водных объектах). С точки зрения процесса эволюции техногенеза (1.3), это ни что иное, как один из аспектов трансформации биосферы в неуправляемую биотехносферу, которая формируется на современном этапе.

❖**Изменяется и значимость отдельных видов техногенеза**. В предшествующей истории основными видами техногенеза морских водных объектов были биотический (последствия хищнической добычи водных биологических ресурсов с использованием новых технических возможностей) и физико-химический (проявляющийся, главным образом, как загрязнение отдельных морских акваторий). На современном этапе приоритетное значение по масштабам возможных негативных последствий приобретает гидрологический техногенез[100]. Провоцируемые развитием парникового эффекта изменения исторически сложившейся системы циркуляции Мирового океана уже вызвали увеличение частоты и масштабов гидрометеорологических флуктуаций. Практически каждое из таких явлений имеет значимые экологические последствия регионального и межрегионального масштаба. Еще большую опасность представляют устойчивые климатические изменения, обусловленные техногенной трансформацией гидрологической структуры Мирового океана. Они неизбежно будут сопровождаться коренной трансформацией не только водных, но и наземных экосистем на обширных участках планеты (климатогенными сукцессиями), что повлечет за собой

[100]Это не следует понимать как утрату значимости хищнической добычи водных биологических ресурсов или роста уровня загрязненности водной среды. В данном случае речь идет исключительно о сравнительной тяжести возможных экологических последствий.

необходимость изменения характера природопользования (экосистемных услуг) и смены традиционных форм сельского хозяйства. Эти процессы наблюдаются в настоящее время в виде опустынивания некоторых регионов.

Крупномасштабный гидрологический техногенез на современном этапе может осуществляться целенаправленно или сопутствовать некоторым видам деятельности. Например, в настоящее время разработан и частично уже осуществлен ряд проектов, подразумевающих крупномасштабные подъемы глубинных океанических вод. По аналогии с природными восходящими океаническими течениями, эти техногенные образования получили название «искусственные апвеллинги» (Пшеничный, 1986). Цели их создания различны. В глубинных слоях моря накоплено значительное количество так называемых «биогенных элементов» или «биогенов», т.е. соединений азота и фосфора, дефицит которых ограничивает биологическую продуктивность морских экосистем. Большая часть водной оболочки Земли представляет собой «океаническую пустыню». По ориентировочным подсчетам, зоны естественных апвеллингов, составляющие доли процента площади Мирового океана, дают более 10-20% вылова рыбы. На участках прибрежных аппеллингов сосредоточены и наиболее продуктивные хозяйства морской аквакультуры, поэтому и возникла идея расширить размеры этих зон искусственным путем и многократно увеличить количество добываемых и выращиваемых водных биологических ресурсов.

Другой областью использования глубинных океанических вод является одно из направлений альтернативной энергетики – создание океанических термальных электростанций. Крупномасштабным подъемом глубинных вод неминуемо будет сопровождаться и добыча ряда полезных ископаемых в море (железомарганцевых конкреций, газогидратов и др.) (Ахмедов, 1985).

Значимые экологические последствия этой деятельности разнородны и могут носить как краткосрочный, так и длительный характер. Вода обладает высокой теплоемкостью и подъем к поверхности сколько-нибудь значительного количества холодных глубинных вод неминуемо вызовет

обширную гидрометеорологическую флуктуацию. Она может, например, проявиться в резком увеличении нормы осадков в районе, удаленном от искусственного апвеллинга на тысячи километров. Сходные явления, наблюдающиеся при изменении интенсивности естественных апвеллингов, получили название эффект «эль-ниньо». Некоторые из них имели катастрофические последствия. Подобное явление может сопутствовать деятельности, которая не предусматривает целенаправленного подъема глубинных вод, например, прокладка трубопроводов по дну моря. Подсчитано, что критический объем этих вод, способный вызвать гидрометеорологическую флуктуацию регионального масштаба, составляет всего несколько десятков км^3 (Бензосов, Железный, 2000). Причем подобный процесс может быть спровоцирован техногенным воздействием только на начальном этапе в форме локального разрушения пикноклина[101]. В последующий период подъем значительного количества холодных глубинных вод при определенных условиях происходит уже спонтанно (Stommel et al., 1956).

Последствия длительного характера связаны с неконтролируемым повышением биопродуктивности в районах искусственного подъема глубинных вод. Это может спровоцировать цветение фитопланктона в море (возникновение так называемых «красных приливов») и ряд других негативных экологических последствий. В глубинных морских водах могут также накапливаться и различные загрязнители, подъем которых в поверхностные слои, где они могут вызывать отравление организмов и накапливаться в потребляемых человеком водных организмах, весьма нежелателен. Для обозначения этих явлений и облегчения использования в отношении их природоохранных нормативов были предложены термины «дестратификационное эвтрофирование» и «дестрафикационное загрязнение» (Безносов и др., 1998/1999; Безносов, 2000б).

Чтобы более полно оценить опасность гидрологического техногенеза Мирового океана, следует обратить внимание на некоторые палеонтологические и геологические материалы,

[101]Слой воды, в котором наблюдается скачок значений плотности, вследствие резкого изменения температуры или солености. Существование пикноклинов препятствует перемешиванию различных слоев водной толщи.

описывающие ряд глобальных экологических кризисов, ранее происшедших в истории Земли. Многие из них ученые связывают именно с крупномасштабными нарушениями гидрологической структуры океана (Wilde, Berry, 1986; Schindler, 1990; Несов, 1995; Безносов, 2000в). Так, предполагается, что стартовой причиной массового вымирания биоты на границе мезозоя и кайнозоя (в этот период погибло около трех четвертей ранее существовавших животных (Russel, 1979), в том числе, и многочисленные виды динозавров), стало крупномасштабное нарушение стратификации океанических вод в результате падения метеорита. Последовавший подъем богатых биогенами глубинных вод спровоцировал «цветение» фитопланктона, охватившее в конце мелового периода значительную акваторию Мирового океана (Найдин и др., 1986), и изъятие в процессе фотосинтеза из атмосферы значительного количества углекислого газа. Нарушение баланса продукционно-деструкционных процессов, которыми сопровождались эти «океанические цветения» фитопланктона, вызвало интенсивное осаждение углеродсодержащего материала в донные осадки с их последующей трансформацией в осадочные горные породы. Значительное снижение содержания углекислого газа привело к глобальному похолоданию климата, что и явилось окончательной причиной исчезновения теплолюбивой мезозойской биоты. Как свидетельствует геологическая летопись, в этот период произошел процесс, обратный наблюдающемуся в настоящее время парниковому эффекту. Некоторые факты свидетельствуют о том, что такие явления происходили в истории биосферы неоднократно.

❖**Возникновение и развитие принципиально новых технологий освоения ресурсов Мирового океана.** Основные виды эксплуатации континентальных водоемов уже сложились, что создает основу для прогноза направлений их дальнейшего техногенеза. В отличие от этого, ресурсная база Мирового океана только начинает осваиваться. Особенно это касается его центральных и глубинных слоев. Существует много проектов, реализация которых, вероятно, будет сопровождаться крупномасштабным техногенезом морской среды. В качестве

примера можно привести планируемую добычу железомарганцевых конкреций из абиссальных, расположенных в зоне океанического ложа на глубинах 4-6 км, месторождений. Несмотря на то, что технически эта деятельность на современном этапе неосуществима, уже давно действуют международные соглашения, разделившие участки этих месторождений, лежащих в экстерриториальных зонах, между рядом развитых государств. В их число входит и РФ. Причем одним из условий сохранения права на данные запасы полезных ископаемых является периодическое предоставление участниками этих соглашений развернутого экологического обоснования предполагаемых способов их добычи, включая прогноз воздействия на окружающую среду (Пилипчук, 2003). Учитывая возрастающую потребность найти мощные и одновременно дешевые источники электроэнергии, можно предположить, что реализация проектов строительства термоядерных электростанций в ближайшем будущем более чем вероятна. Именно с этой целью и затрачиваются громадные средства на разработку управляемой реакции ядерного синтеза. Возможно, что объекты, работающие на этом принципе, будут обозначаться как-нибудь иначе, но одним из перспективных источников сырья для их работы являются глубокие слои Мирового океана, содержание дейтерия в которых хотя и ничтожно мало, но существенно выше, чем в поверхностных слоях (Ахмедов, 1985). Однако экологические последствия этих, пока фантастических, видов деятельности можно прогнозировать. Большую экологическую опасность представляют идеи техногенеза Мирового океана, которые еще не сформировались. Необходимо проведение своеобразного мониторинга подобных инноваций и их своевременного экологического осмысления (т.е. опережающего по времени реализацию). Подобный механизм в какой-то мере уже практикуется в некоторых странах в виде процедуры СЭО (стратегической экологической оценки), подразумевающей принятие во внимание воздействия на окружающую среду при принятии любых административных решений (Пособие…, 2011). Целью данной процедуры является приостановка экологически опасных проектов еще на самых ранних этапах их

реализации. Однако на практике эта процедура осуществляется функционерами-администраторами (т.е. чиновниками), как правило, не обладающими необходимой компетенцией. Здесь же важна не столько оценка декларируемых прямых последствий эксплуатации планируемого объекта (они в большинстве случаев очевидны), а косвенных, в т.ч. связанных с другими этапами его жизненного цикла (например, добычей сырья или утилизацией). Поэтому данная деятельность будет эффективна только в том случае, когда она будет выполняться при участии специалистов, получивших профессиональную подготовку в области техногенеза окружающей среды.

Однако в качестве примеров анализа аспектов техногенеза морских водных объектов (типовых вариантов техногенеза) и разработки способов их экологической оптимизации в монографии, по вполне понятным причинам, рассмотрены виды деятельности, для объективной оценки воздействия на окружающую среду которых уже накоплен достаточный материал. Кроме того, при выборе типовых вариантов мы исходили из наличия личного опыта, полученного в ходе исследований экологических последствий данных видов деятельности, а также при проведении инженерно-экологических изысканий по проектам строительства и реконструкции рассматриваемых ниже объектов.

4.2. Обзор типовых вариантов техногенеза морских водных объектов

4.2.1. Прибрежно-морские рекреационные зоны

4.2.1.1. Общая характеристика

Данный вариант техногенеза в настоящее время приобретает все больший масштаб и значение. Хотя точные данные отсутствуют, можно предположить, что уже сейчас прибрежно-морские участки рекреационного назначения по протяженности занятой ими береговой линии морей и океанов преобладают над портовыми акваториями. И, по-видимому, данная тенденция будет наблюдаться и в ближайшем будущем. Экономическая выгода от эксплуатации морских курортов и изменение

потребностей населения, вероятно, приведут к тому, что значительная часть береговой зоны тропических и субтропических морей будет трансформирована в места массового отдыха, для которых нами был предложен термин «резорты», уже ранее обсуждавшийся (см. раздел 3.2.4.2). Интенсивное развитие резотов происходит также на побережьях морей средних и даже полярных широт.

Рассматривая проблемы рекреационного техногенеза прибрежно-морских участков, необходимо обратить внимание на принципиальное отличие понятия «резорт» от термина «курорт». Его введение обусловлено необходимостью развития методологической основы изучения свойств и проектирования объектов массового отдыха (Суздалева и др., 2012; Суздалева, Безносов, 2012). Согласно официальному определению, приведенному в статье 1 ФЗ «О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах» 23.02.1995 г. №26-ФЗ, «курорт – освоенная и используемая в лечебно-профилактических целях особо охраняемая природная территория, располагающая природными лечебными ресурсами и необходимыми для их эксплуатации зданиями и сооружениями, включая объекты инфраструктуры». Значительная же часть объектов массового отдыха не обладает ресурсами (возможностями) для осуществления целенаправленного лечения конкретных заболеваний. Их основная цель – получение коммерческой выгоды от предоставления услуг по размещению туристов и их обслуживанию. Некоторые из этих объектов возникают стихийно. По этим причинам для обозначения в совокупности всех различных категорий мест массового отдыха целесообразно использовать другой термин – «**резорты**».

Исследования закономерностей рекреационного техногенеза прибрежно-морских рекреационных зон (далее – ПМРЗ) проводились нами в 80-е годы XX века в так называемой «курортной зоне г. Анапа» (Кавказское побережье Черного

моря)[102], с целью разработки комплекса мер по инженерно-экологическому обустройству, направленных на предотвращение ее деградации. С 2006 г. аналогичные исследования были продолжены на побережье Красного моря в провинции Red Sea Арабской Республики Египет в рамках работы по организации «Египетского научно-практического центра экологического менеджмента, экологического туризма и экологической резортологии».

Несмотря на значительный разрыв этих исследований по времени, принципиальные различия в социальной и экономической модели развития общества, а также менталитетных особенности как туристов, так и местного населения, наблюдавшиеся закономерности в обоих случаях носят весьма сходный характер. Отметим основные из них:

❖**Глубокая техногенная трансформация прибрежно-морских экосистем.** Все организованные резорты[103], составляющие основу структуры ПМРЗ, являются разновидностью управляемых ПТС локального масштаба. Их отличительными чертами выступают:

- высокая степень и оперативность управления ситуацией. Организованные резорты (курортные отели и др.) не допускают возникновения на своей территории дискомфортных условий, за исключением каких-то чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС);

- главной целью управления данными ПТС является поддержание комфортных условий для отдыха людей. Вместе с тем, следует отметить, что видение этих условий у администрации, управляющей резортом, субъективно и может в отдельных случаях существенно отличаться. Как правило, основной акцент в создании комфортных условий делается на их внешние проявления, которые могут быть непосредственно оценены их массовой клиентурой. Одновременно на территории

[102]Эти работы осуществлялись на хоздоговорной основе с Территориальным советом г.Анапа, в зону ответственности которого входила полоса береговой линии протяженностью более 30 км, включавшая, помимо курортных учреждений и многочисленные виды других различных объектов.

[103]Под ними мы подразумеваем любые резорты, создаваемые и функционирующие как постоянные учреждения.

(и/или в акватории) резорта, как мы рассмотрим ниже, могут присутствовать и негативные факторы, которые невозможно оценить не специалистам. Некоторые из них могут даже создавать угрозу для здоровья и жизни отдыхающих.

Компоненты природной среды (или их фрагменты) в организованных резортах сохраняются в двух случаях:
- на участках, непосредственно не затронутых организацией резортов и связанных с ними объектов инфраструктуры;
- в резортах как объектах, имеющих экскурсионную и/или видеоэкологическую ценность.

❖**Приоритет интересов организаций, эксплуатирующих организованные резорты, при планировании и осуществлении природоохранных и санитарно-гигиенических мероприятий**. Уровень антропогенного воздействия в ПМРЗ весьма высок. Так же как и в городах[104], естественные процессы самоочищения и самовосстановления экосистем не могут справиться с потоком автохтонных веществ, поступающих в окружающую среду. Значительную часть этих веществ составляют продукты жизнедеятельности человека. Однако рассматривать это явление как «антропогенез» или влияние «антропогенного фактора» в узком смысле этих понятий (см. раздел 1.1), на наш взгляд, некорректно. Удаление большей части этих продуктов из окружающей среды и их переработка на участках ПМРЗ осуществляется с помощью технических средств, даже в тех случаях, когда распространение загрязнителей носит неорганизованный характер. Воздействие продуктов жизнедеятельности человека в техногенизированной среде следует рассматривать как аспект техногенеза.

Подобный высокий уровень антропогенной нагрузки порождает необходимость проведения на участках ПМРЗ целенаправленных природоохранных и санитарно-гигиенических мероприятий.

Меры, направленные на сохранение компонентов природной среды и поддержание приемлемых санитарно-гигиенических

[104]Наземная часть многих ПМРЗ (или значительные участки их территории) и представляют собой ни что иное, как урбосистему. Однако другие участки ПМРЗ имеют принципиально иную структурно-функциональную организацию.

условий в районах ПМРЗ, осуществляются на двух различных уровнях:

✓общем, который осуществляет руководство административно-территориальной единицы, в состав которой входит данный район. Основной целью является поддержание позитивного имиджа данной территории в целом. В компетенцию этих административно-территориальных органов власти входит также предотвращение и борьба с негативными последствиями различных ЧС (разливы нефти, резкое обострение санитарно-эпидемиологической ситуации и т.п.), способными ухудшить условия отдыха. Таким образом, природоохранные и санитарно-гигиенические меры на общем (т.е. государственном, муниципальном) уровне в пределах ПМРЗ осуществляются, главным образом, в интересах организованных резортов.

✓частном, который осуществляется на территориях организованных резортов силами их руководства. Видение данной проблемы складывается у менеджеров, управляющих на основе приоритета успешности выполняемых ими функций. Так, участки коралловых рифов охраняются как туристический, а не как биологический объект. В данном случае – это скорее точечный или локальный природообустройственный техногенез, целью которого является поддержание комфортных условий для представителей организованного туризма в пределах данного резорта. Экологическая ситуация, складывающаяся за пределами его территории, вызывает интерес у менеджеров резортов только тогда, когда она создает реальную угрозу для их собственной деятельности. Например, нередки случаи сброса в моря сточных вод (в т.ч. с принадлежащих резортам и швартующихся в их пределах плавсредств), осуществляющиеся в расчете на то, что нечистоты будут унесены за пределы резорта.

❖**Высокая степень мозаичности условий среды.** Состояние окружающей среды в ПМРЗ отличается пространственной неоднородностью. В их пределах всегда существуют участки, благоустройству которых уделяется значительно меньшее внимание, чем рекреационным объектам. Многие из них превращаются в стихийные (неорганизованные)

резорты, служащие местом массового отдыха как местного населения, так и некоторых групп туристов («дикарей», «резидентов» и др.)[105]. Количество людей, посещающих эти участки в обеих исследовавшихся нами ПМРЗ, может быть чрезвычайно велико. По своей структуре неорганизованные резорты в большинстве случаев также представляют собой ПТС локального масштаба, но неуправляемые. Расположение между или вблизи рекреационных объектов и объектов инфраструктуры вызывает глубокую техногенную трансформацию их среды. Например, они служат местом накопления мусора (в т.ч. строительного). Через них проходят различные коммуникации. Лишенные объектов санитарной инфраструктуры, стихийные резорты зачастую проявляют тенденцию к экологической деградации, которая постепенно распространяется и на участки организованных резортов (Горюнова, Безносов, 2004а).

Промежуточное состояние между организованными и неорганизованными резортами в исследовавшихся нами ПМРЗ занимают городские (муниципальные) пляжи. С одной стороны, изначально они возникают как благоустроенные организованные резорты (т.е. управляемые ПТС). Меры по поддержке их инфраструктуры осуществляются и в последующий период. Однако недостаточная коммерческая выгода, приносимая данными объектами (или даже их финансовая затратность), зачастую обусловливает постепенную потерю управляемости этими ПТС. Поэтому их развитие происходит двумя основными путями:

✓постепенное превращение в неорганизованный резорт, что иногда сопровождается утратой их официального статуса городского пляжа;

✓периодическое повторное благоустройство после периода значительного снижения рекреационного потенциала. Иными словами, наблюдается явление «циклической деградации»,

[105]«Дикарями» или «дикими туристами» называют отдыхающих, самовольно размещающихся на неприспособленных для этого участках и объектах, включающих и постройки, сдаваемые в наем местным населением, которые не зарегистрированы (не аккредитованы) в качестве организованных резортов. «Резиденты» – это лица, приобретшие для отдыха в пределах ПМРЗ собственное жилье или снимающие его на длительный срок.

ранее описанное нами при анализе аспектов техногенеза малых городских водных объектов (см. раздел. 2.2.4.2).

Помимо резортов различного вида, в состав ПМРЗ входят объекты инфраструктуры, а также территории жилой застройки и административно-производственные объекты. Несмотря на то, что эти участки располагаются в непосредственной близости от резортов, подход к их содержанию принципиально отличен. Как правило, это ПТС[106] с той или иной степенью управляемости. В т.ч. эта управляемость осуществляется и в форме попыток контролировать негативное воздействие на прилегающие акватории рекреационного назначения. Вместе с тем, скапливающиеся здесь загрязнители иногда распространяются в акватории организованных резортов. Например, подобные явления наблюдались нами вблизи районов размещения морских вокзалов г.Анапа и г.Хургада.

❖**Тенденция к формированию многоуровневой ПТС на базе ПМРЗ**, которая, с одной стороны, обусловливается необходимостью централизованного управления состоянием ПМРЗ в целом (в масштабах региона), а с другой стороны, - спецификой мероприятий, направленных на формирование определенной среды в границах конкретных рекреационных объектов. Отдельные стороны данного процесса мы уже обсуждали в предшествующих абзацах. В идеальном варианте структурно-функциональная организация региональной ПМРЗ должна представлять собой иерархию управляемых ПТС. Одной из основных целей управления состоянием ПМРЗ на региональном уровне является снижение риска негативных воздействий на входящие в нее частные объекты. Одновременно управление резортами и иными объектами, входящими в региональную управляемую ПТС, должно осуществляться с учетом общих интересов, а не замыкаться на проблемах, связанных с эксплуатацией собственной территории.

---

[106]Перечисленные образования включают как природные, так и компоненты, которые могут на территории ПМРЗ приобретать особое значение. Например, характер озеленения жилой застройки и участков объектов инфраструктуры здесь является важным фактором восприятия качества расположенных в близи рекреационных объектов (их видеоэкологического потенциала).

Эта тенденция не просто существует, но и часто декларируется в различных официальных документах. Имеются и примеры успешной реализации этой, достаточно очевидной идеи. Однако в настоящее время они носят в основном эмпирический и несистемный характер в форме борьбы с отдельными негативными явлениями. Причем простая экстраполяция позитивного опыта в другие регионы зачастую не приносит ожидаемых результатов. Приведем характерный пример из нашей практики. Одним из наиболее значимых негативных воздействий на современные египетские ПМРЗ является их засорение синтетическим мусором (главным образом пластиковыми пакетами). С интервалом в 3 года египетскими властями для борьбы с этими явлениями были предприняты два вида мер, эффект от которых принципиально отличался. Первое из них заключалось в запрете на территории г.Хургада использования в розничной торговле пластиковых упаковок и замена их на быстроразлагающиеся бумажные. Этот опыт, заимствованный у западноевропейских стран, в Египте результатов не дал. Дело в том, что уровень экологического сознания европейцев позволял им терпеть определенные неудобства, связанные с переходом на менее прочную тару. В Египте, несмотря на ввод штрафных санкций, население всячески пыталось уклониться от использования этой упаковки. Люди стремились делать покупки в торговых точках, где нужная им тара «доставалась из-под прилавка». И в течение нескольких месяцев этот запрет был забыт. А вот другая мера, заключавшаяся в организации приема пластикового вторсырья у населения, дала хорошие результаты. Количество синтетического мусора на некоторых централизованно не убираемых участках побережья снизилось в несколько раз.

Очевидно, что степень успешности рассмотренных выше мероприятий определялась их соответствием менталитету населения. Однако в обоих случаях это была лишенная системности эмпирическая апробация отдельных способов. Остальные экологические проблемы сбор пластикового вторсырья не решил. Для создания региональных ПТС на базе ПМРЗ необходима разработка специальной научной базы, основанной на системном и комплексном изучении

экологических, медицинских, биологических, социальных и управленческих проблем в их взаимообусловленности и взаимодействии. Эта задача может быть решена путем дальнейшего развития новой научной дисциплины – резортологии (Суздалева и др., 2012; Суздалева, 2012).

4.2.1.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации

Исходя из предназначения ПМРЗ, процесс трансформации окружающей среды, сопровождающий их формирование, в целом можно было рассматривать как рекреационный вид техногенеза. Однако подобный взгляд приводил бы к неоправданному ограничению круга существующих проблем и неверной интерпретации наблюдающихся явлений. Мозаичность и многоуровневость структуры и многообразия ПМРЗ порождает разнообразие видов, форм и механизмов происходящих в них процессов техногенеза и, соответственно, возможных путей их экологической оптимизации. Основными аспектами техногенеза в данном случае являются:

❖**Загрязнение морской среды.** Морские водные объекты, на базе которых создаются ПМРЗ, как правило, характеризуются интенсивным водообменом с прилегающими акваториями. Поэтому, рассматривая данный аспект, необходимо различать две категории явлений: «внешнее загрязнение», заключающееся в приносе загрязнителей из других районов моря, и «внутреннее загрязнение», источники которого расположены в пределах данной ПМРЗ. Меры, направленные против первой категории явлений, применимы для защиты любых прибрежных участков. Поэтому мы ограничимся только рассмотрением проблем, связанных с внутренним загрязнением ПМРЗ. Данный процесс и возможные меры по его предотвращению имеют ряд особенностей.

Во-первых, поступление загрязнителей в данном случае носит диффузный характер. Поэтому идентификация источников загрязнения морской среды в ПМРЗ часто представляет собой сложную задачу (Горюнова, Безносов, 2004б). В пределах ПМРЗ нет крупномасштабных производственных объектов, нет района сброса сточных вод,

вокруг которых образуются легко идентифицируемые зоны повышенного загрязнения. Вместе с тем, ряд объектов пытается избавиться от ненужных им продуктов, различным образом маскируя эту деятельность или выводя ее из области контроля санитарно-эпидемиологических и природоохранных служб. Приведем только отдельные примеры. При исследовании источников загрязнения вод в районе г.Анапа было обнаружено, что несколько санаториев получили разрешение сбрасывать в море без предварительной обработки использованные лечебные грязи. Эти грязи добывались в лиманах, расположенных вблизи от ПМРЗ и рассматривались как естественные продукты, возвращаемые в природную среду. Оставляя без внимания вопрос об изменении состава этих грязей в процессе их использования в лечебных процедурах, отметим лишь, что под видом их сброса в этих учреждениях был организован вывод в море фекальных канализационных стоков. В некоторых туристических объектах египетских ПМРЗ имеются прогулочные суда, сброс сточных вод с которых осуществляется во время швартовки на их же территории. Интенсивное загрязнение моря происходит также благодаря деятельности множества мелких объектов, оказывающих различные услуги отдыхающим. Загрязнение, связанное с деятельностью каждого из них в отдельности, незначительно. Поэтому каких-либо мер по его предотвращению не принимается. Но в совокупности они образуют мощный поток загрязнителей в морскую среду. Особую проблему создает загрязнение, связанное с образованием участков стихийных резортов, где какая-либо инфраструктура отсутствует, а санитарное состояние практически не контролируется.

Во-вторых, состав загрязнителей морской среды на участках ПМРЗ имеет свою специфику. Концентрация больших людских масс неминуемо сопровождается поступлением в окружающую среду продуктов их жизнедеятельности. В организованных резортах их основная часть отводится в канализацию. Но полностью избежать попадания продуктов жизнедеятельности человека в морскую среду в местах массового отдыха невозможно. Например, известно, что человек, соблюдающий обычные гигиенические правила, при купании в течение 10

минут вносит в водную среду более 3 млрд. сапрофитных бактерий и от 100 тыс. до 10 млн. кишечных палочек (Чурбанова, 1987). В результате массовое купание может являться источником бактериального загрязнения вод. Особенно остро проблема загрязнения продуктами жизнедеятельности человека стоит в районах стихийных резортов и городских пляжей с деградировавшей инфраструктурой. Поскольку понятие «антропогенное загрязнение» трактуется весьма широко и в различных смыслах, мы предлагаем обозначить это явление термином «**физиологическое загрязнение**». Необходимость выделения и отдельного анализа возможной роли данного фактора объясняется тем, что он создает угрозу для жизни человека (например, как источник распространения инфекционных заболеваний).

В-третьих, загрязнению ПМРЗ, как правило, сопутствует их интенсивное эвтрофирование. Последствия этого явления проявляются в форме так называемых «красных приливов», т.е. вспышек массового развития фитопланктона, не только приводящих к массовой гибели водной биоты, но и создающих угрозу для здоровья купающихся (Hallegraeff, 1995). Негативные последствия могут быть связаны и с развитием вторичного загрязнения вод в последующий период, когда растительная масса начинает разлагаться, отравляя воду продуктами своего распада и уничтожающего социальную привлекательность морских резортов. Так, при исследовании прибрежной анапской бухты в летний период нами неоднократно наблюдалась следующая ситуация. Благодаря интенсивному эвтрофированию вод в бухте в начале лета в массовом количестве развивались слабоприкрепленные макрофиты (ульва, энтероморфа и др.). В последующий период во время волнения они отрывались от субстрата и выбрасывались на берег. В результате образовывался вал из гниющих водорослей. Продукты их разложения стекали в море, вызывая его сильное вторичное загрязнение. В августе иногда вдоль берега формировалась полоса шириной в несколько десятков метров, заполненная черно-бурой массой разлагающихся водорослей, распространявших неприятный запах. И в этих условиях продолжалось массовое купание отдыхающих, в т.ч. детей.

В-четвертых, диффузность распространения загрязнителей в морской среде и необходимость сохранения видеоэкологического потенциала ПМРЗ ограничивают возможности строительства специальных сооружений по очистке вод. В организованных резортах, а также на некоторых других объектах, включенных в состав ПМРЗ (административные здания, жилая застройка и др.), загрязнение моря в значительной степени может быть ограничено отводом вод на удаленные от береговой зоны очистные сооружения.

Однако, как это было показано выше, полностью таким образом проблема решена быть не может. По этим причинам было разработано несколько специальных способов инженерно-экологического обустройства ПМРЗ, которые можно рассматривать как методы экологической оптимизации техногенеза морской среды, обусловленного их эксплуатацией (табл. 4.1). Среди них наиболее перспективным представляется использование искусственных рифов, а также других объектов санационной и санитарной марикультуры. В настоящее время разработано много различных конструкций искуственных рифов (Искусственные рифы…, 1987; 1990; Пупышев, 1998; Александров, 2008), часть которых предназначена именно для мелиорации интенсивно загрязняемых морских акваторий. Конструктивные особенности этих искусственных подводных сооружений (которые в данном случае следует рассматривать как объекты целенаправленного природообустройственного техногенеза морской среды) провоцируют заселение их поверхности преимущественно гидробионтами определенного типа (макрофитами, моллюсками-фильтраторами и др.). Состав биоты искуственных рифов в свою очередь определяет их экологическую функцию. Например, макрофиты поглощают из воды большое количество биогенов и растворенного органического вещества, а также нефтепродукты и тяжелые металлы. Двустворчатые моллюски и другие организмы-фильтраторы способны поглощать из воды большие количества взвешенного органического вещества, а также фитопланктона и бактерий. Этот способ, в отличие от строительства на берегу моря очистных сооружений, не ухудшает видеоэкологический потенциал прибрежной территории, а может даже повысить его.

Кроме того, экологически обоснованная организация искуственных рифов способствуют сохранению и даже повышению биоразнообразия морской биоты на участках ПМРЗ. Данный способ экологической мелиорации может быть весьма эффективен. Например, интенсивность очистки вод, обусловленная жизнедеятельностью макробиообрастания, сформировавшегося на поверхности таких рифов в прибрежной зоне Черного моря, может быть сопоставима с «работой» биологических прудов и даже галечного биофильтра (Александров, 2002).

Особый интерес представляли собой использовавшиеся в конце 80-х годов XX века для экологической мелиорации Анапской бухты «саморазрушающиеся» и «трансформирующиеся» искуственные рифы[107]. Первые из них представляли собой ажурную конструкцию из подверженных коррозии железных прутьев, обмотанную веревкой из разлагающегося в воде материала. Эти рифы, помещенные в воду, через несколько лет полностью разрушались. Но развившееся за это время на их поверхности сообщество организмов-обрастателей могло значительно улучшить качество прибрежных вод.

Трансформирующиеся искуственные рифы должны были со временем превратиться в естественные биотопы. Их примером была отсыпка на глубинах 3-12 м крупнообломочного каменного материала, взятого с этого же участка побережья. Предполагалось, что через несколько лет на этих искуственных рифах возникнут биоценозы, идентичные тем, что были засыпаны при организации анапских пляжей[108].

Санационная и санитарная марикультура включает более широкий круг мероприятий, основанных на разнообразных способах искусственного разведения (марикультуре) гидробионтов, поглощающих из воды различные загрязнители. В последующий период гидробионты с накопленными в их

[107]К сожалению, эти работы, осуществлявшиеся сотрудниками ВНИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) под руководством В.А. Пупышева, были свернуты после распада СССР.

[108]Эти действия, по мнению специалистов, и были одной из главных причин экологической деградации Анапской бухты.

телах веществами изымаются из морской среды и отправляются на переработку в технических целях или утилизируются иными способами. Мероприятия санационной марикультуры отличаются тем, что в них используются организмы, способные существовать и активно поглощать из воды загрязнители в условиях сильно загрязненной среды (так называемые «полисапробы»). После того, как качество морских вод повысится до определенного уровня, они замещаются объектами санитарной аквакультуры, предназначенными для поддержания достигнутой экологической ситуации. Объекты санитарной марикультуры представлены организмами, не способными выносить столь высокий уровень загрязненности, как объекты санационной, но более эффективны как биомелиораторы и/или более удобны для кутивирования. Например, для экологической очистки загрязненных прибрежных акваторий Черного моря предлагалась двустадийная очистка, на первом этапе которой предполагалось использование зеленых водорослей-полисапробов (ульвы), на последующих – бурых водорослей (цистозиры) (Калугина-Гутник, 1985).

Строительство некоторых ГТС при обустройстве ПМРЗ приводит к затруднению водообмена на некоторых участках прибрежной акватории и образованию локальных застойных зон с повышенных уровнем загрязненности вод (Горюнова, Безносов, 2004б). Для их экологической мелиорации целесообразно использовать устройства искусственного апвеллинга и даунвеллинга конструкции Б.П. Пшеничного (Пшеничный, Фащук, 1987; Безносов и др., 1999), работающих от энергии морских волн[109]. Они просты в изготовлении, не требуют подключения к источникам энергоснабжения и способны эффективно работать даже при слабом волнении (высота волн не более 10 см). Эти устройства могут быть быстро установлены и демонтированы в любой точке акватории. Кроме

[109]Они осуществляют либо подъем к поверхности придонных вод (апвеллинг), либо закачку в придонные слои богатых кислородом поверхностных вод (даунвеллинг). В обоих случаях происходит интенсификация процессов самоочищения и ликвидация (недопущение образования) застойных зон в придонных слоях

того, устройства искусственного апвеллинга могут быть декорированы под «морские фонтаны», улучшающие видеоэкологический потенциал ПМРЗ.

Как уже указывалось, загрязнение ПМРЗ может осуществляться из других участков моря. Если подобные явления происходят регулярно (или постоянно), их можно квалифицировать как форму дистанционного техногенеза (табл. 4.1). Вследствие высокой концентрации людских масс на ограниченных участках внутреннее загрязнение ПМРЗ (в особенности их «физиологическое загрязнение») практически неизбежны. Но в зависимости от предпринимаемых мер данный аспект может проявляться как в сопутствующей, так и в неконтролируемой форме. Если меры по мелиорации водной среды предпринимаются в ответ на ее ухудшение, то экологический механизм техногенеза следует рассматривать как поддерживающий. На современном этапе он может реально обеспечиваться как на уровне отдельного организованного резорта, так и на уровне ПМРЗ в целом. Создание управляющего экологического механизма техногенеза на практике можно ожидать только в локальных масштабах в рамках организованных резортов, способных постоянно обеспечивать экологическую ситуацию с заданными параметрами при значительных флуктуациях качества среды на прилегающих участках.

❖**Засорение (замусоривание) прибрежной зоны моря.** Данный аспект техногенеза в ПМРЗ играет весьма важную роль. С одной стороны, это один из основных факторов, определяющих роль видеоэкологического потенциала. Высокий уровень загрязненности компонентов окружающий среды (воды, воздуха, почвы) далеко не всегда может восприниматься непосредственно органами чувств человека. Однако даже относительно небольшое количество мусора, например,

Таблица 4.1. **Основные пути экологической оптимизации ПМРЗ**

Значимые аспекты техногенеза	**Форма техногенеза**	**Механизм техногенеза**	**Основные пути и ожидаемые результаты экологической оптимизации**
Загрязнение морской среды	Неконтролируемый; дистанционный; Сопутствующий	Деградационный; поддерживающий; управляющий	Эколого-мелиоративные мероприятия, одновременно проводимые на уровне: - отдельных организованных резортов; - ПМРЗ в целом
Засорение (замусоривание) прибрежной зоны моря	Неконтролируемый; дистанционный	Деградационный; поддерживающий	Контроль утилизации собираемого мусора, строительство объектов по его экологически безопасной переработке. Идентификация источников засорения и их контроль. Организация мер, стимулирующих сбор мусора по всей территории МПРЗ.
Геоморфологический техногенез	Целенаправленный; сопутствующий	Деградационный; поддерживающий	Проведение мероприятий по предотвращению развития негативных процессов, спровоцированных геоморфологическим техногенезом.

Окончание таблицы 4.1.

1	**2**	**3**	**4**

Урбанизация прибрежных акваторий	Целенаправленный	Деградационный; модифицирующий; креативный	Выбор вариантов проектов ГТС, возведение которых в наименьшей степени ухудшает видеоэкологический потенциал акватории и формирующуюся в ней экологогическую ситуацию. Декорирование видимых признаков урбанизации ПМРЗ.
Биотический техногенез	Неконтролируемый; сопутствующий; целенаправленный	Деградационный; модифицирующий; поддерживающий; креативный; управляющий	Меры по целенаправленному формированию состава водной и амфибионтной биоты, обеспечивающей: - высокий видеоэкологический потенциал; - безопасность отдыхающих.

несколько фрагментов бумажной упаковки на земле, создает неблагоприятное восприятие существующих условий. В массовом сознании наличие мусора в воде или на берегу является неопровержимым свидетельством плохих экологических и санитарно-гигиенических условий. С другой стороны, концентрация людей в пределах ПМРЗ создает условия для замусоривания среды. Практически во всех организованных резортах осуществляется сбор мусора и его утилизация. Для оценки данного фактора нами была **разработана классификация мусора**, позволяющая выделять его отдельные виды и оценивать экологические последствия поступления в водную среду. Подробно она рассмотрена в разделе 5.2.3. Здесь же отметим, что при оценке замусоренности резортов среди «агентов засорения» целесообразно выделять их различные виды: собственно «мусор», т.е. частицы твердого вещества различных размеров, слаборастворимые в воде и способные перемещаться в ней, и «загрязняющие объекты» – различные бесхозные разрушающиеся гидросооружения и конструкции, неподвижно закрепленные на дне или в прибрежной территории.

Для количественной оценки большинства видов агентов засорения **целесообразно использовать показатель «мусоромасса»**, измеряемый как масса мусора, отнесенная к 1 $м^2$ поверхности воды или земли. В качестве дополнительного показателя (в некоторых случаях более информативного) мы в своих исследованиях использовали также показатель **«замусоренность берега»**, измеряемого как масса мусора в полосе от уреза воды до максимальной границы прибоя[110], отнесенная к 1 погонному метру береговой линии. Возможно также использование и некоторых других показателей (Безносов, Суздалева, 2005б).

В районах ПМРЗ мусор поступает как из внешних источников, так и в результате непосредственного засорения входящих в их состав территории и акватории. Засоряющие предметы в большинстве своем имеют местное происхождение.

[110]Эта граница, как правило, прослеживается именно по выброшенному на берег мусору.

Таким образом, данный аспект проявляется главным образом в дистанционной и прямой неконтролируемой формах (см. табл. 4.1).

Засоряющие объекты – это, как правило, результат вторичного техногенеза (см. раздел 1.4). Они в значительном количестве обнаружены нами при обследовании как черноморской, так и красноморской ПМРЗ. В большинстве случает это трудно извлекаемые **остатки армированных бетонных конструкций**. По своему происхождению их можно условно разделить на две категории:

✓остатки ГТС и строительных конструкций, сохранившиеся со времени, предшествующего включению данного участка в состав ПМРЗ (они, как правило, присутствуют в воде и/или на берегу участков, не вошедших в состав организованных резортов);

✓остатки сооружений, выведенных из эксплуатации и частично разрушенных, но окончательно не демонтированных при проведении реконструкции данного организованного резорта.

В обоих случаях засоряющие предметы часто представляют опасность для здоровья и даже жизни отдыхающих (особенно на участках стихийных резортов). Поэтому их наличие указывает на отсутствие должного контроля за состоянием акватории и/или территории. Следовательно, существование засоряющих объектов – это одна из форм прямого неконтролируемого техногенеза.

Засорение акваторий и прибрежных территорий – это один из факторов экологической деградации. На территориях организованных резортов, проводящих регулярный сбор мусора, экологический механизм данного аспекта техногенеза может рассматриваться как поддерживающий.

Негативное воздействие засорения среды, помимо упоминавшегося ранее падения видеоэкологического потенциала, может иметь следующие формы:

✓опасность для здоровья людей (например, при наличии в мусоре битого стекла или иных острых предметов);

✓разрушение местообитаний организмов (может принимать самые различные формы от ухудшения световых условий для

водной растительности вследствие увеличения мутности воды при попадании в нее взвешенного мусора, до изменения механического состава прибрежных грунтов, сопровождающегося изменением свойственной им биоты);
✓химическое загрязнение среды, обусловленное разложением (выщелачиванием) мусора. Химическая инертность мусора является относительной. По прошествии некоторого времени он может стать источником значимого загрязнения.

Меры по предотвращению засорения ПМРЗ можно разделить на следующие группы:
✓механический сбор мусора на территориях организованных резортов и его контролируемая утилизация;
✓идентификация источников засорения и их контроль;
✓организация мер, стимулирующих сбор мусора по всей территории МПРЗ.

Экологическая оптимизация заключается в повышении результативности этой деятельности и контроле за ее возможными побочными эффектами. Например, на территории некоторых египетских организованных резортов собранный мусор сжигается. Иногда этот процесс осуществляется централизованно: сжигание больших объемов мусора, собранных в различных резортах, периодически производится вблизи ПМРЗ. В обоих случаях происходит загрязнение воздуха опасными для здоровья веществами.

Еще раз следует подчеркнуть важность мер общего характера. Как уже указывалось ранее, хорошие результаты в кратчайший срок дала организация приема пластикового вторсырья. На многих участках береговой зоны в районе г.Хургада замусоренность берега в течение нескольких месяцев снизилась в несколько раз. Напротив, отсутствие действенного контроля за засорением моря с прогулочных судов приводит к постоянному загрязнению вод прибрежной зоны, в том числе плавающими агрегатами тяжелых фракций нефтепродуктов (мазута и др.), что снижает качество отдыха, в том числе и в резортах высокого класса обслуживания.

❖**Геоморфологический техногенез.** Обустраивая морские резорты, человек практически всегда существенным образом

изменяет рельеф прибрежной зоны. Основными направлениями этой деятельности являются:

✓изменение рельефа, связанные с развитием инфраструктуры (прокладка транспортных коммуникаций и др.) и строительством рекреационных объектов;

✓изменение характера береговой линии с целью повышения видеоэкологического потенциала и комфортности организованных резортов (отсыпка пляжей, строительство искусственных островов и др.)[111] (Макаров, 2009);

В большинстве случаев **эти действия приводят к значимым экологическим последствиям** различно плана, которые можно разделить на две группы:

➢**Прямые экологические последствия**, заключающиеся в уничтожении или сильной техногенной трансформации природных биотопов. Наиболее экологически опасными являются мероприятия по отсыпке пляжей и другие действия, связанные с масштабным дампингом грунтов. Они не только сопровождаются интенсивным загрязнением и засорением морской среды, но и значительной утратой возможностей естественного самоочищения вод. Связано это с тем, что значительная часть этих процессов происходит именно в мелководных прибрежных участках. Утрата расположенных здесь биоценозов в совокупности с увеличением потока загрязнителей вызывает экологическую деградацию. Например, подобная ситуация наблюдалась в исследовавшейся нами анапской ПМРЗ. Отсыпка песка и уничтожение природного пояса макрофитов, задерживающих значительную часть загрязнителей и эвтрофикантов, вызвали описанное выше развитие вторичного загрязнения, что потребовало искусственного воссоздания аналогичных биоценозов на других участках акватории (трансформирующихся искуственных рифов).

[111]В качестве особого вида геоморфологического техногенеза ПМРЗ следует выделить случаи, когда отсыпка пляжей осуществляется для компенсации их естественного размыва (Рябкова, 2009) или их сокращения вследствие человеческой деятельности (Зенкович, 1958; Пешков, Есин, 2000). Подобные действия можно рассматривать и как разновидность приодообустройственного техногнеза.

➢**Косвенные экологические последствия**, воздействие которых на окружающую среду происходит в результате изменения различных факторов, на которые геоморфологический техногенез оказал значимое влияние. Среди них следует отметить:

✓гидрологический техногенез прибрежной акватории (образование застойных зон вблизи трансформированных элементов рельефа, создающих условия для накопления загрязнителей, плавающего мусора и наносов[112]);

✓климатический техногенез, заключающийся в изменениях микро- и мезоклимата территории ПМРЗ, которые в свою очередь спровоцированы изменениями рельефа и/или обусловленными ими изменениями структуры и компонентного состава ландшафтов (ландшафтный техногенез).

Именно геоморфологический техногенез ПМРЗ окончательно (и во многих случаях – необратимо) **превращает занимаемые ими участки берега из природных объектов**, использующихся для отдыха на море, **в природно-технические системы**.

Данный аспект техногенеза проявляется, как правило, в целенаправленной или сопутствующей формах (см.табл. 4.1). Прямой неконтролируемый геоморфологический техногенез на участках современных ПМРЗ встречается редко, поскольку нарушает интересы различных стейкхолдеров. Вместе с тем, деградационный механизм развития экологической ситуации вследствие целенаправленного или сопутствующего геоморфологического техногенеза – явление достаточно распространенное.

Экологическая оптимизация может проводиться в следующих направлениях:

✓разработка мер по предотвращению развития негативных процессов (т.е. организация поддерживающего экологического

[112]Например, подобную ситуацию создало строительство пирса морвокзала в г.Анапа, в районе которого сформировался участок с высоким уровнем загрязненности вод, а большая часть обитавших в нем донных организмов погибла в результате периодически возникавших заморов. Загрязненные воды из этого участка периодически распространялись в акватории расположенных вблизи курортно-санаторных учреждений (Горюнова, Безносов, 2004а).

механизма), спровоцированных геоморфологическим техногенезом (например, очистка и/или аэрация образовавшихся застойных зон);

✓осуществление компенсационных мероприятий (например, рассмотренное ранее строительство траснформирующихся искуственных рифов, биота которых принимает на себя экологические функции водных биоценозов, уничтоженных в ходе искусственного изменения берегов).

❖**Урбанизация прибрежных акваторий.** Подавляющая часть современных ПМРЗ представляет собой благоустроенные урбанизированные территории. Размещение основной массы отдыхающих и, тем более, их обслуживание осуществляется главным образом на базе малоэтажной застройки городского типа. Урбанизация этих участков происходит также в процессе строительства жилья для персонала резортов, административных объектов управления ПМРЗ и создания необходимой инфраструктуры. Как в международных, так и в российских стандартах под «инфраструктурой организации» понимается вся совокупность зданий, оборудования и служб обеспечения, необходимых для ее функционирования[113]. Следовательно, в состав инфраструктуры резортов входят объекты инженерно-технического обустройства принадлежащих им прибрежных акваторий. Аналогичное заключение можно сделать и относительно инфраструктуры ПМРЗ в целом.

Таким образом, ПМРЗ развиваются как одна из форм урбанизации прибрежных акваторий Мирового океана. Данное явление можно рассматривать как один из ранее выделенных нами (см. раздел 1.4) видов техногенеза – «урбанизационный».

Урбанизация участков природной среды почти всегда сопровождается утратой их видеоэкологического потенциала. Восприятие окружающей среды как техногенного образования несовместимо с ее привлекательностью как места отдыха. По этой причине при строительстве технических объектов, необходимых для обслуживания резортов и обеспечения безопасности их клиентов, осуществляются различные попытки

[113]ГОСТ ISO 9000-2011 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», пункт 3.3.3.

их маскировки и декорирования, т.е. целенаправленного изменения пейзажности (Суздалева и др., 1999).

Урбанизация всегда осуществляется целенаправленно, но экологический механизм техногенеза окружающей среды может существенно отличаться. Без разработки специальных мер по экологической оптимизации он заведомо деградационный, поскольку снижение видеоэколгического потенциала – это утрата одного из свойств природной среды, используемых человеком. Разрешить противоречие между необходимостью урбанизации акватории ПМРЗ и сохранением ее социальной привлекательности как объекта массового отдыха можно несколькими путями, которые одновременно являются **основными мероприятиями экологической оптимизации** данного аспекта техногенеза:

✓своевременной оценкой и выбором вариантов проектов возводимых гидротехнических сооружений, имеющих наименьшие негативные экологические и видеоэкологические последствия;

✓применением различных способов маскировки и декорирования видимых признаков урбанизации ПМРЗ: от высадки растительности на ограждающих дамбах, создающих иллюзию живописных участков естественного берега, до создания целых систем искусственных островов с каналами, по которым осуществляется принудительная циркуляция морских вод (в проектах реконструкции некоторых египетских ПМРЗ их обозначают термином «искусственные реки»).

При удачном осуществлении подобных мероприятий экологический механизм техногенеза можно классифицировать как модифицирующий или, в случае коренного изменения характера прибрежной зоны (при условии сохранения ее высокого рекреационного и видеоэкологического потенциала), – как креативный (см. табл. 4.1). Крайним примером последнего является организация аквапарков-аквариумов с подводными галереями для перемещения посетителей и выходящими на них смотровыми витринами – полубассейнами-полуводоемами, в которых размещены искусственно скомпонованные коралловые

постройки, а передвижение других обитателей моря в той или иной степени регулируется.

❖**Биотический техногенез**, т.е. изменение состава биоты под влиянием технической деятельности человека; протекает при формировании и эксплуатации ПМРЗ весьма интенсивно. Мы ограничимся рассмотрением только двух ее компонентов – водных организмов и амфибионтных форм, под которыми мы подразумеваем организмы, обитающие в морской и наземной среде прибрежной зоны (морские черепахи, ластоногие млекопитающие и др.).

Данный процесс происходит в нескольких направлениях (причем, часто – одновременно):

✓исчезновение видов, не способных существовать в новых условиях;

✓интродукция новых видов или искусственное повышение численности существовавших путем их привлечения на участки ПМРЗ и/или создания благоприятных условий для их размножения;

✓уничтожение организмов, представляющих угрозу для здоровья и жизни человека, или применение мер по недопущению их контакта с отдыхающими.

Рассмотрим эти вопросы более подробно. Снижение биоразнообразия в виде исчезновения отдельных представителей биоты с экологической точки зрения – это несомненный признак деградации. Однако, анализируя комплекс проблем, обусловленных техногенезом ПМРЗ в целом, данное суждение не кажется столь однозначным. **Исчезновение вида** в данных условиях может произойти по ряду различных причин, среди которых следует выделить:

➢Уничтожение в ходе формирования ПМРЗ биотопов, в которых эти виды существовали и/или размножились. Сюда же можно отнести и уход некоторых видов животных из их местообитаний вследствие воздействия фактора «беспокойства» (шумового загрязнения, присутствия большого количества людей и т.д.). Экологическая оптимизация в данном случае заключается в своевременной разработке (желательно на этапе проектирования резортов) соответствующих природоохранных

и компенсационных мер (например, строительство искуственных рифов).

➢Активный сбор организмов отдыхающими. Прежде всего, это касается организмов, имеющих привлекательный вид или использующихся в качестве сувениров (кораллы, моллюски и др.). Обычно эти действия приводят не к исчезновению вида, а к резкому снижению его численности (точнее – встречаемости в доступных для сбора местах). Это также следует рассматривать как один из признаков экологической деградации. Особую опасность это явление представляет в тех случаях, когда уничтожаемые виды являются эдификаторами, т.е. создают среду обитания для других форм водной биоты (например, мадрепоровые кораллы). Природа данного воздействия может быть предметом дискуссии, т.к. любительский сбор организмов как таковой не является технической деятельностью. Вместе с тем, в данном случае мы рассматриваем его как аспект техногенеза, поскольку условия для него (доступность организмов для массового сбора) создает организация ПМРЗ, т.е. техногенез прибрежного участка моря. Экологическая оптимизация данного аспекта техногенеза заключается в выработке и строгом соблюдении запретительных природоохранных мер. Например, в египетских ПМРЗ на Красном море сбор и вывоз кораллов наказываются значительным штрафом и запретом повторного въезда в страну. Эта информация в обязательном порядке распространяется среди туристов еще при размещении их в морских резортах.

➢Интродукция чужеродных видов, практикуемая в некоторых организованных резортах с развлекательными или декоративными целями, может рассматриваться как разновидность модифицирующего техногенез. В большинстве случаев эти формы способны существовать на территории ПМРЗ только при искусственных, создаваемых человеком условиях.

➢Целенаправленный биотический техногенез на участках ПМРЗ может осуществляться в целях обеспечения безопасности отдыхающих. Обитателей морских вод, угрожающих жизни человека, обычно разделяют на следующие группы (Буров и др., 2012):

- морские животные и рыбы, применяющие собственные яды против человека (ядоносцы);
- морские животные и рыбы, ядовитые при пищевом использовании человеком;
- ядовитые для человека морские водоросли (некоторые виды фитопланктона, способные к вспышкам массового развития в виде «красных приливов»);
- морские животные и рыбы, опасно атакующие человека.

К ним также можно причислить организмы, представляющие опасность при пассивном механическом взаимодействии с телом человека. Их примером является крупный двустворчатый моллюск тридакна, часто прочно прикрепленный к коралловым постройкам. Палец купальщика, случайно попав между открытых створок этого моллюска, зажимается им. Освободить человека можно только с помощью специальных инструментов. Люди могут быть случайно травмированы также движениями тела морских млекопитающих, с которыми пытались вступить в контакт.

Как правило, персоналом резортов и администрацией ПМРЗ активные действия предпринимаются только в отношении последней из перечисленных групп организмов. Да и то они зачастую носят временный характер и проводятся как ответная мера на уже произошедшие трагические события. Так, на египетских ПМРЗ отслеживание и попытки (как правило, бесплодные) уничтожения опасных видов акул осуществляются только какое-то время сразу после случаев их нападения на людей.

Но опасность представляют и другие организмы, в том числе ядоносцы. Так, по нашим предварительным оценкам (официально такие данные не публикуются), гибель людей в египетских ПМРЗ от поражения брюхоногим моллюском «текстильный конус» выше, чем от нападения акул. Этот моллюск, имеющий привлекательный вид, обладает специальным органом – «жалом», с помощью которого вводит в организм человека, берущего его в руки, смертельно опасный яд.

Список видов морских организмов, представляющих угрозу для человека, весьма обширен. **Меры по предотвращению опасности** можно разделить на следующие группы (каждую из которых мы рассматриваем как направление экологической оптимизации ПМРЗ):

- создание при культурных учреждениях на участках ПМРЗ (морских аквариумах, музеях и др.), а также при организованных резортах специальных экспозиций, посвященных опасным морским организмам, и проведение обязательного инструктажа отдыхающих;
- недопущение массового развития нежелательных организмов в акваториях, используемых для массового отдыха (купания). К этой мере можно отнести борьбу с эвтрофированием прибрежных участков моря, которое является причиной возникновения «красных приливов», а также уничтожение биотопов, где происходит развитие (размножение) нежелательных организмов. Например, на пляжах Японского моря в районе г.Владивостока в летнее время появляется ядовитая гидромедуза гонионема или «крестовичок». Имея небольшие размеры и незаметная в воде, она наносит очень болезненные ожоги, способные вызывать шок и последующее утопление. Наиболее эффективным методом борьбы с этим видом является уничтожение на участках массового купания зарослей морской травы зоостеры, в которой гонионема проходит полипоидную стадию развития;
- целенаправленный сбор опасных организмов в местах массового купания. Например, на территориях египетских резортов следует организовать периодический сбор моллюска «текстильный конус» и некоторых других видов беспозвоночных (морской звезды «терновый венец» и др.);
- строительство специальных ограждающих устройств, делающих невозможным нападение на человека морских хищников (например, противоакульих сетных заграждений);
- организация мониторинга появления в акватории ПМРЗ опасных видов. Необходимость этой меры связана с тем, что специальные заграждения целесообразно возводить только там, где присутствие этих организмов носит постоянный характер.

Однако некоторые опасные виды активно мигрируют или случайно заносятся в несвойственные для их обитания области.

Таким образом, биотический техногенез в ПМРЗ может происходить в неконтролируемой, сопутствующей и целенаправленной формах (см. табл. 4.1). Его экологический механизм включает практически весь спектр возможных вариантов. Общей же целью экологической оптимизации является целенаправленное формирование состава водной и амфибионтной биоты, одновременно обеспечивающей как возможность ознакомления отдыхающих с богатством морской флоры и фауны (это, на наш взгляд, является важнейшей составляющей видеоэкологического потенциала ПМРЗ), так и безопасность отдыхающих. Необходимость биотического техногенеза в очередной раз показывает, что объективная оценка экологического состояния ПМРЗ и разработка на этих участках природоохранных мероприятий должна строиться на представлении о них не как об участках природной среды, предназначенных для отдыха, а как о ПТС, целенаправленно создаваемых человеком для выполнения этой функции.

Кратко обобщить результаты анализа процессов техногенеза, обусловленного организацией и эксплуатацией ПМРЗ, можно следующим образом:

- Современные ПМРЗ представляют собой разновидность урбосистем, включающих участки морских акваторий и наземных территорий, подвергшихся глубокой техногенной трансформации. Отличительные черты таких урбосистем:

- их организация и функционирование подчинены одной общей цели – получению коммерческой выгоды от использования их рекреационного потенциала[114];

- сохранившиеся в них компоненты природной среды (в т.ч. прибрежные, расположенные во входящих в их состав морских акваториях) имеют большее значение, чем в других убосистемах, но, тем не менее, они также являются частью ПТС и при сбоях в работе (или неправильной организации

[114]С этой точки зрения их структурно-функциональная организация во многом аналогична таковой в урбосистемах моногородов.

работы) объектов ее инженерно-экологического обустройства, деградируют.

- Мозаичность условий и многоуровневость управления ПМРЗ позволяют рассматривать их как иерархию ПТС. Ее нижний уровень составляют: управляемые ПТС организованных резортов и в той или иной мере управляемые ПТС, формирующиеся на других участках ПМРЗ (территориях жилой и административно-производственной застройки, объектов инфраструктуры и необустроенных участков ПМРЗ, на которых возникают стихийные резорты). Верхний уровень представлен ПТС, охватывающей ПМРЗ в целом. Повышение степени ее управляемости является общей задачей экологической оптимизации данного варианта техногенеза.
- Диффузный характер процессов загрязнения и засорения ПМРЗ в совокупности с высокими требованиями к их видеоэкологическому потенциалу требует разработки особого подхода к их инженерно-экологическому обустройству. Перспективным путем экологической оптимизации деятельности является объединение в рамках единого проектного решения по благоустройству как отдельного резорта, так и ПМРЗ в целом, технических, биологических, экологических и эстетических задач. Примером подобного комплексного подхода является организация искуственных рифов, одновременно способных выполнять функции:

- биологической очистки морских вод;
- объекта, повышающего видеоэкологические свойчства акватории;
- объекта безопасной демонстрации богатства морской биоты.

4.2.2. Приливные электростанции

4.2.2.1. Общая характеристика

Данный вариант техногенеза включен в монографию как пример необходимости непредвзятого подхода к оценке экологических последствий новых способов освоения ресурсов Мирового океана.

Несмотря на то, что приливные электростанции (далее – ПЭС) существуют в ряде стран уже несколько десятилетий, в целом эта область гидроэнергетики в настоящее время еще рассматривается как альтернативная по отношению к другим способам получения электроэнергии. Распространено мнение, что использование энергии приливов – это один из путей экологически безопасного производства электроэнергии. Действительно, строительство ПЭС не сопровождается некоторыми видами негативных воздействий, без которых не обходится, например, возведение и функционирование крупных ГЭС. Сооружение объектов приливной гидроэнергетики не вызывает необходимости вынужденного переселения людей или отчуждения обширных территорий под санитарно-защитные зоны, в которых ведение других видов деятельности запрещено. Что не менее важно, эксплуатация ПЭС не снижает социальную привлекательность территории, не приводит к резкому падению цен на недвижимость и сельскохозяйственную продукцию в районе их размещения (Усачев, Марфенин, 1998).

Однако видов человеческой деятельности, не оказывающих негативного воздействия на окружающую среду, не существует. Как свидетельствует анализ исторических событий (см. раздел 1.3), даже самые патриархальные виды человеческой деятельности наносили значимый вред природной среде, когда их масштаб достигал определенного уровня. Поэтому априорное отнесение какой-либо технологии к категории экологически безопасных, по меньшей мере, некорректно. На первых этапах развития ядерных технологий их использование в мирных целях также преподносилось как не загрязняющее природу дымовыми выбросами и шлаками. В числе подобных проектов, например, рассматривалось формирование котловин водохранилищ в

европейской части России путем направленных ядерных взрывов. Таким образом, экологическая безопасность инновационных решений должна всесторонне обосновываться перед принятием решений об их реализации. Причем этот процесс должен быть полностью объективным, т.е. осуществляться без принятия во внимание сложившегося общественного мнения. Именно такой методологический подход соответствуют требованиям как международного, так и российского экологического права. Одним из его базовых принципов является «принцип презумпции экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности», закрепленный в статье 3 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.012002 г. №7-ФЗ и статье 3 «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 г.№174-ФЗ.

Приливные электростанции (ПЭС) – это гидроэлектростанции, использующие энергию морских приливно-отливных течений. Создание этих объектов гидроэнергетики можно представить в виде следующей обобщенной схемы. Участок моря (будущий бассейн ПЭС) отсекается от его остальной части путем возведения дамбы (плотины ПЭС). Поток вод, проходящий в бассейн ПЭС во время приливов, и обратное ему движение вод во время отливов регулируются специальными гидротехническими сооружениями. В результате на плотине ПЭС периодически возникает напор воды, обусловленный разностью ее уровней в бассейне ПЭС и на внешней части ее плотины. Этот напор, также как и возникающий на плотинах ГЭС, используется для производства электроэнергии на гидроагрегатах, размещенных в одной из частей дамбы (здании ПЭС).

Условия существования морской экосистемы зависят от режима пропуска вод через плотину электростанции (режима ее работы). Таким образом, ПЭС и ее бассейн представляют собой потенциально управляемую ПТС. При этом уровень управляемости условиями в бассейне ПЭС в силу ограниченности его объема значительно выше, чем в нижних бьефах ГЭС.

Как показал опыт строительства и эксплуатации первых ПЭС, недоучет экологических проблем в ряде случаев привел к

деградации зависящих от их работы морских экосистем. Так, во время строительства Кислогубской ПЭС в ее бассейне[115] при длительной изоляции от моря в результате распреснения вод наблюдалась гибель практически всей морской биоты. В последующий период, при грубом нарушении режима эксплуатации гидроагрегатов, эти явления повторились (Марфенин и др., 1995). Аналогичные явления происходили и на зарубежных ПЭС, например, в районе приливной электростанции Ранс (Франция).

В целом, как показывает анализ накопленной к настоящему времени информации о воздействии ПЭС на окружающую среду, общая тенденция развития экологической ситуации в каждом конкретном случае определяется совокупным проявлением комплекса как негативных, так и позитивных факторов (Безносов и др., 2009; Fedorov et al., 2009). По этой причине при решении экологических проблем приливной энергетики актуальным также является не традиционный подход, основанный лишь на учете негативных воздействий и недопущении превышения их допустимого уровня, а их экологическая оптимизация (Суздалева и др., 2009; Усачев и др., 2009).

Следует подчеркнуть, что при анализе материалов мы не ограничивались только данными о существующих ПЭС, имеющих небольшие масштабы и в реальности являющихся не столько объектами гидроэнергетики, сколько испытательными стендами. Их вклад в системы энергоснабжения незначителен. Однако опыт, полученный при их строительстве и эксплуатации, весьма ценен как с технической, так и экологической точек зрения. Но их скромные масштабы не позволили бы в полной мере оценить процессы техногенеза морской среды, связанные с возможным развитием данной отрасли в будущем. Этот недостаток данных был отчасти восполнен материалами, полученными нами при проведении. инженерно-экологических изысканий по проекту Мезенской

[115]Бассейном ПЭС называется акватория, отсеченная от моря плотиной. Разность уровней воды в бассейне ПЭС и прилегающем участке моря в периоды отлива и прилива обуславливает движение воды через установленные в плотине гидроагрегаты, вырабатывающие электрический ток.

ГЭС (Суздалева и др., 2009; Безносов и др., 2010а). В разрабатываемых вариантах этого проекта длина плотины ПЭС будет не менее 80 км, а площадь отсекаемого от моря бассейна составит сотни км^2.

4.2.2.2. Значимые аспекты техногенеза и пути экологической оптимизации

Анализ материалов, характеризующих различные виды воздействия на окружающую среду, вызванные строительством и эксплуатацией уже существующих ПЭС, позволяет выделить комплекс значимых экологических аспектов техногенеза окружающей среды (табл. 4.2):

❖**Ограничение естественного водообмена бассейна ПЭС с морем в результате возведения плотины ПЭС**. Данный фактор практически всегда оказывает значимое влияние на

Таблица 4.2. **Основные пути экологической оптимизации ПЭС**

Значимые аспекты техногенеза	**Форма техногенеза**	**Механизм техногенеза**	**Основные пути и ожидаемые результаты экологической оптимизации**
Ограничение естественного водообмена бассейна ПЭС с морем в результате возведения плотины	Сопутствующий	Деградационный; модифицирующий; управляющий	Использование наплавного способа строительства ПЭС. Специальные меры по инженерно-экологическому обустройству бассейна ПЭС.
Повышение защищенности отсекаемой акватории от воздействия прибоя	Сопутствующий	Модифицирующий; деградационный	Использование акватории для рыборазведения и марикультуры. Защита бассейна ПЭС от внешних неблагоприятных воздействий.
Уменьшение амплитуды колебаний уровня воды в бассейне ПЭС	Сопутствующий	Деградационный; управляющий	Разработка режима работы ПЭС, минимизирующая вредные последствия изменения амплитуды колебаний уровня вод
Создание барьера на путях миграции морских организмов и их травмирование при прохождении через гидроагрегаты ПЭС	Сопутствующий	Модифицирующий; управляющий	Использование экологически безопасных видов гидротурбинного оборудования. Строительство эффективных рыбопропускных сооружений

гидрологический и гидрохимический режимы отсекаемой акватории. При возведении первых ПЭС он зачастую имел катастрофические последствия. До начала эксплуатации электростанции водообмен с морем на какой-то срок прекращался и в отсеченной акватории начинали скапливаться пресные воды, стекающие с ее водосборного бассейна. Распреснение воды приводило к массовой гибели морских организмов. В последующем в СССР была разработана новая технология строительства ПЭС с помощью установки так называемых «наплавных блоков» (Бернштейн и др., 1994). Они представляют собой отдельные фрагменты плотины, которые сконструированы как плавающие блоки, которые транспортируются на место установки и притапливаются. В этих конструкциях имеются отверстия и проемы различного технического назначения (для установки гидроагрегатов и др.), посредством которых отсекаемая акватория продолжает сообщаться с морем. Таким образом, использование наплавных блоков не подразумевает даже временной изоляции бассейна ПЭС. Этот способ строительства ПЭС с полным основанием может рассматриваться как пример экологической оптимизации одного из ранее катастрофических аспектов техногенеза морской среды.

В период эксплуатации ПЭС увеличить интенсивность водообмена ее бассейна с морем, изменяя режим эксплуатации гидроагрегатов и других гидротехнических сооружений, как правило, возможно лишь в весьма ограниченных пределах. Поэтому избежать негативных последствий данного аспекта на практике затруднительно. В каждом конкретном случае это требует идентификации возможных экологических угроз и своевременных мер по их предотвращению (снижению), т.е. мер по экологической оптимизации проекта ПЭС или комплекса специальных мероприятий по инженерно-экологическому обустройству ее бассейна. Среди наиболее **ожидаемых негативных последствий** данного аспекта техногенеза и возможных способов решения возникающих проблем следует отметить:

➢**Образование застойных зон** в бассейне ПЭС. Они могут фрмироваться в результате изменения скорости и направления приливно-отливных течений:
- на приплотинных участках;
- в полуизолированных участках береговой линии (небольших бухтах и др.);
- в углублениях дна.

Наибольшую экологическую опасность создает последний из перечисленных видов застойных зон. В углублениях дна может происходить накопление сероводорода. Подобные участки желательно выявлять еще на стадии проектирования. **Экологическая оптимизация может осуществляться в двух основных направлениях**:

✓целенаправленное изменение подводного рельефа и/или береговой линии, не допускающее образования застойных зон;

✓проведение инженерно-мелиоративных мероприятий по принудительной аэрации придонных слоев, например, размещение на этих участках устройств искусственного апвеллинга или даунвеллинга (Безносов и др., 1999).

➢**Накопление** в бассейне ПЭС **загрязнителей и наносов**. Особенно интенсивно эти явления развиваются в тех случаях, когда создание ПЭС осуществляется на участках эстуариев рек и в районах с высокой степенью хозяйственного освоения прибрежной территории. В подобных условиях в бассейнах некоторых зарубежных ПЭС отмечалось значительное повышение загрязненности вод (Марфенин и др., 1995). **Улучшение ситуации может быть достигнуто следующими способами:**

✓проведение контроля и предотвращение поступления поллютантов из источников загрязнения бассейна ПЭС (инженерно-экологическое обустройство в форме защиты бассейна ПЭС от неблагоприятных внешних воздействий);

✓создание биомелиоративных барьеров на пути распространения загрязнителей (пояса макрофитов, объектов санационной и санитарной марикультуры);

✓периодическая очистка дна бассейнов от наносов, в которых, как правило, аккумулируется значительная часть поступающих в них загрязнителей.

➢**Колебания солености** в периоды интенсивного снеготаяния и выпадения обильных атмосферных осадков. Негативное воздействие данного фактора может проявляться не только непосредственно в форме распреснения вод, но и косвенно, усиливая стратификацию вод. В этих условиях возможно возникновение весьма нежелательной ситуации: расслоение водной толщи бассейна на верхнюю часть – распресненную и нижнюю – с нормальным уровнем солености вод. Если эти явления носят достаточно продолжительный характер, то в придонной зоне может наблюдаться резкое ухудшение кислородного режима (заморы). Организовав отвод постоянных или периодически возникающих потоков пресных вод за пределы бассейна ПЭС, можно предотвратить или снизить интенсивность подобных явлений. Особая ситуация складывается, когда в качестве участка для размещения ПЭС используется эстуарий реки. В этом случае ограничение водообмена с морем может иметь различные последствия, в т.ч. и не вызывать значимых изменений. Прогнозируемый эффект зависит от соотношения объема стока реки, размера существующей естественной распресненной зоны (эстуария реки) и степени ограничения водообмена. Например, при организации Мезенской ПЭС, значительная часть бассейна которой представляет собой обширный участок объединенного эстуария рек Мезень и Кулой, изменения солености, скорее всего, не выйдут за пределы естественных флуктуаций данного фактора.

По форме гидрологический техногенез, обусловленный ограничением водообмена бассейна ПЭС с морем, и связанные с ним проявления гидрохимического и геоморфологического техногенеза можно рассматривать как сопутствующие (табл. 4.2). При недоучете данного фактора и отсутствии мер по экологической оптимизации, направленных на предотвращение его негативных экологических последствий, велика вероятность экологической деградации бассейна ПЭС, способной в краткий

срок достичь катастрофического уровня. В других случаях экологический механизм техногенеза, обусловленный ограничением водообмена, как правило, – модифицирующий: некоторые виды снижают свою численность, другие получают преимущество в развитии. Экологическая оптимизация данного аспекта техногенеза может сделать его управляемым. В конечном счете, уровень водообмена бассейна ПЭС с морем всегда регулируется, поэтому для перехода на управляющий механизм необходимо выполнение одного основного требования – учета при регулировании водообмена экологических проблем.

❖**Повышение защищенности отсекаемой акватории от воздействия прибоя.** Интенсивность прибоя является важнейшим фактором, определяющим характер прибрежных биоценозов. Например, большая часть акватории Мезенского залива Белого моря в результате интенсивного размыва открытых берегов (абразии) и интенсивной миграции наносов практически лишена характерного прибрежного пояса макрофитов (Гурьянова, 1957). Фауна обширной литорали этого участка также крайне бедна. Высокая мутность вод затрудняет развитие планктонных сообществ. Так, средняя биомасса фитопланктона в вегетационный период не превышает 3 г/м^2, тогда как в Онежском заливе она составляет – 6 г/м^2, а в Двинском заливе – 15 г/м^2 (Berger et al., 2001). Зоопланктон Мезенского залива отличается самым бедным видовым составом среди всех районов Белого моря. За весь период исследования здесь обнаружено всего около 20 видов зоопланктона, тогда как в Онежском заливе их 53, а в Кандалакшском заливе – 75. Средняя биомасса зоопланктона в период летнего максимума составляет 25 мг/м^3, что в три раза меньше, чем соответствующий показатель в Онежском заливе, и в 6 раз меньше, чем в Двинском заливе.

Возведение плотины Мезенской ПЭС существенно снизит влияние прибоя и интенсивность абразионных процессов. В результате можно ожидать, что на некоторых участках прибрежной зоны возникнут более продуктивные биоценозы,

аналогичные тем, которые распространены в других частях Белого моря.

Таким образом, данный аспект техногенеза (по форме – сопутствующий) может рассматриваться как позитивный. Его экологический механизм – модифицирующий, но его особенностью является то, что в результате с большой долей вероятности можно ожидать не только изменения соотношения отдельных компонентов биоценозов, но и роста их биоразнообразия и продуктивности.

Защита от прибоя создает также условия для рационального освоения морских биологических ресурсов бассейна ПЭС. Например, одновременно с проектной документацией Северной ПЭС (Баренцево моря) были разработаны проекты ряда специализированных хозяйств аквакультуры по выращиванию моллюсков и лососевых рыб. Эти объекты, существование которых становится возможным только благодаря возведению ПЭС и созданию сопутствующей инфраструктуры, являются компонентами складывающейся ПТС. При сохранении благоприятных условий в бассейне ПЭС могут существенно улучшиться условия для рыболовства и других видов морского промысла (Безносов и др., 2009). Таким образом, продуманная реализация проектов ПЭС не только не препятствует получению населением так называемых «экосистемных услуг», но способствует расширению их спектра (Руководства…, 2012). Кроме того, работа ПЭС не сопровождается значительным загрязнением окружающей среды (например, выбросами в атмосферу). Вместе с тем, при них может быть создана инфраструктура, открывающая новые возможности для туристического бизнеса. Например, это строительство туристических объектов в более безопасных, чем открытые участки моря, бассейнах ПЭС. На некоторых действующих ПЭС подобные объекты уже успешно эксплуатируются. Привлекательным экскурсионным объектом являются и сами эти ПЭС. Весьма показателен следующий пример. При праздновании 30-летия французской ПЭС «Ранс» представителями французской общественности (в т.ч. владельцами земель, прилегающих к ПЭС «Ранс» и ее бассейну), была выражена признательность за улучшение

природной обстановки, транспортного сообщения и рыболовства, а также создание условий для развития туристического бизнеса (Усачев, Марфенин, 1998).

Следует также отметить, что плотина ПЭС может быть использована и для защиты бассейна от некоторых внешних неблагоприятных воздействий, например, разливов нефти.

Уменьшение амплитуды колебаний уровня воды в бассейне ПЭС является неизбежным следствием создания напора воды, необходимого для работы гидроагрегатов. Это приводит как к понижению уровня прилива, т.е. перерождению верхней части осушной полосы (литорали) в наземный биотоп, так и к повышению нижнего уровня воды во время отлива, т.е. к затоплению соответствующей нижней полосы осушной зоны. Первое из этих явлений означает потерю существенной части пологой литорали. Повышение нижнего уровня воды после возведения ПЭС должно приводить к соответствующему смещению вверх наиболее продуктивной зоны экосистемы верхней сублиторали. В период перестройки (сукцессии) морской экосистемы возможно значительное снижение биоразнообразия и ее продуктивности. Впоследствии условия существования литоральных и верхнесублиторальных биоценозов в значительной мере зависят от режима работы ПЭС. При нестабильном режиме работы ПЭС, при специальных задержках уровня воды, а тем более при частичном осушении верхней сублиторали, морские биоценозы деградируют. Подобные явления наблюдались, например, на Кислогубской ПЭС в начале 80-х годов XX века (Марфенин и др., 1995).

Сооружение Северной ПЭС неизбежно приведет к снижению запасов фукусовых водорослей на 30% вследствие изменения режима приливных уровней и сокращения площади приливной зоны (Безносов и др., 2009)

Понижение верхней границы прилива может сказаться на изменении уровня грунтовых вод низменной части территорий, непосредственно прилегающих к бассейну будущей ПЭС. В свою очередь это может неблагоприятно отразиться на растительности сельскохозяйственных и естественных (особенно болотных) экосистем. Обычно при проектировании

ПЭС за рубежом на возможное изменение уровня грунтовых вод обращают большое внимание (Марфенин и др., 1995).

Данный аспект по форме можно рассматривать как сопутствующий, но его механизм, в зависимости от принятия или непринятия мер по экологической оптимизации, может быть как управляющим, так и деградационным. В первом случае режим работы ПЭС разрабатывается с учетом воздействия возможных изменений колебаний уровня вод на различные компоненты складывающейся ПТС. Это воздействие можно сделать управляемым, наносящим наименьший вред.

❖**Создание барьера на путях миграции морских организмов и их травмирование при прохождении через гидроагрегаты ПЭС**. Состав мигрирующей фауны в морских водах более разнообразен, чем в реках. Помимо рыб, в эту группу входят морские млекопитающие и некоторые беспозвоночные (например, камчатский краб). С одной стороны, это усложняет оценку возможных последствий. С другой стороны, бассейны ПЭС в большинстве случаев представляют собой несравнимо меньший миграционный ареал[116], по сравнению с размерами миграций у проходных рыб, встречающих непреодолимые препятствия в виде плотин ГЭС на крупных реках.

Кроме того, относительно низкий напор и периодичность работы ПЭС, связанные с амплитудой и ритмом приливно-отливных явлений, дают реальную возможность сделать плотину ПЭС «биологически проницаемой» (проходимой для биологических объектов). Это достигается одновременно двумя способами, которые могут считаться **направлениями экологической оптимизации**:

➢Использованием низконапорных ортогональных турбин, через которые большая часть планктонных организмов и мальков рыб проходит, не получая повреждений (Усачев, 2003). Кроме того, различные организмы, не получая травм, могут мигрировать по трактам гидроагрегатов при их периодической остановке (во время фаз приливно-отливных колебаний уровня, не создающих

[116]Это не относится к ПЭС, создаваемым в эстуариях крупных рек, в которых осуществляется нерест проходных рыб (их примером является Мезенская ПЭС).

на плотине достаточного напора для эффективной работы турбин). Так, по наблюдениям водолазов, работающих на Кислогубской ПЭС (Баренцево море), через эти отверстия происходит массовое передвижение молоди акклиматизированного здесь камчатского краба.

➢Разработкой специальных рыбопропускных сооружений (РПС). Их эффективность в данном случае может быть существенно выше, чем на ГЭС. Связано это с тем, что перепад уровня на плотине ПЭС относительно невелик – всего несколько метров (на ГЭС он, как правило, составляет несколько десятков и более метров). Принципиальным отличием является и то, что вода через плотину ПЭС движется не в одном, а в двух периодически меняющихся направлениях. При этом напор вод в рыбоходах значительно изменяется в зависимости от фазы приливно-отливных колебаний уровня моря. Поэтому хороший эффект может дать, например, использование так называемого «ниточного рыбохода», разрабатывавшегося при проектировании Северной ПЭС. Он состоит из ряда каналов, проходящих сквозь плотину. На каждом канале или нити располагается от одной до трех камер, то есть бассейнов, где движение воды замедляется. В зависимости от числа этих камер скорость потока воды в разных нитках рыбоходов постоянно отличается. Поэтому в каждый момент времени хотя бы в одном рыбоходе существуют условия для миграции рыбы. Кроме того, во всех камерах могут быть размещены специальные камни-убежища, стоя за которыми, рыба может переждать период максимальной скорости движения вод. Возможны и другие решения.

По форме данный аспект техногенеза является сопутствующим (табл. 4.2). Экологический механизм его проявления на практике может быть различен. В отсутствии мер по экологической оптимизации вероятен модифицирующий механизм техногенеза (снижение численности или исчезновение из бассейна ПЭС мигрирующих форм). Возможно и создание управляющего механизма на основе манипуляции режимом работы рыбопропускных сооружений и гидроагрегатов с целью сохранения благоприятной экологической ситуации.

В обобщенном виде изложенные выше последствия техногенеза морской среды, обусловленные строительством и эксплуатацией объектов приливной энергетики, **можно представить в форме следующих заключений:**

- Строительство ПЭС неминуемо приводит к формированию ПТС, включающей практически все компоненты природной среды в ее бассейне и различные производственные объекты, которые возникли благодаря существованию электростанции (например, размещаемые в бассейне ПЭС хозяйства марикультуры и туристические объекты). Отличительной чертой данных ПТС является их «компактность». В это определение мы не вкладываем представление о масштабах воздействий (они могут быть различны), а подчеркиваем четкую ограниченность их в пространстве[117]. С этой точки зрения ПТС, формирующиеся на базе ПЭС, в определенной степени аналогичны ПТС, образующимся на основе системы «АЭС (ТЭС) – водоем-охладитель» (см. раздел 3.2.2). Однако обратная связь компонентов ПТС с объектом энергетики здесь практически не выражена. Так, качество вод в бассейне почти не оказывает непосредственного влияния на работу ПЭС. Отдельные виды биопомех могут возникнуть и здесь (например, забивка гидроагрегатов фрагментами водной растительности, развившейся в бассейне ПЭС вследствие его избыточного эвтрофирования, или телами рыб при их массовой гибели в результате экстремального изменения условий). Однако значимость этих явления несравнима с опасностью, которую представляют биопомехи в работе АЭС или ТЭС. В регулировании воздействия ПЭС на другие компоненты ПТС большее значение имеют экономические и социальные факторы. В частности, относительно высокая цена производства электроэнергии на этих объектах может быть хотя бы отчасти компенсирована их экологической

[117]Эта ограниченность не носит абсолютного характера. Некоторые виды воздействия могут проявляться и за пределами бассейна ПЭС. Например, в случае реализации проекта Мезенской ПЭС некоторые виды морских млекопитающих будут вынуждены перейти на другие местообитания.

безопасностью[118]. В связи с этим формирование позитивного экологического имиджа для ПЭС крайне важно.

- Воздействие ПЭС на окружающую среду носит многоплановый характер. Оно может быть как негативным, так и позитивным. При этом некоторые виды воздействий могут иметь катастрофические последствия, приводящие к экологической деградации участка моря в бассейне ПЭС. Масштаб этих явлений зависит от масштаба объектов. В том случае, если негативные процессы, приводящие к массовой гибели водных организмов на первых небольших по своим размерам ПЭС, будут развиваться при реализации более крупных проектов приливной энергетики, то экологический ущерб от них будет сравним с таковым при строительстве крупных ГЭС.
- Практически все негативные воздействия, связанные с эксплуатацией ПЭС, могут быть предотвращены или снижены до приемлемого уровня на основе использования различных способов экологической оптимизации методов строительства и режима работы данных объектов.
- ПТС, формирующаяся на основе ПЭС, потенциально обладает высокой степенью управляемости, поскольку ее состояние, как правило, может быть улучшено (или сохранено) путем манипуляции режимом работы одного производственного объекта и/или осуществляемыми им специальными мерами по экологической оптимизации (отвод стока пресных вод, ликвидация застойных зон, изъятие загрязненных наносов и др.).
- Априорное отнесение приливной энергетики к области, развитие которой не несет опасности для окружающей среды, некорректно. Экологическая безопасность ПЭС, как и любых других производственных объектов, может быть адекватно оценена только на основе анализа воздействий, оказываемых на компоненты природной среды, и их влияния на возможность получения населением экосистемных услуг,

[118]Например, развитие и реализация проектов альтернативной энергетики поддерживается МФК и другими международными и национальными финансовыми организациями (Безносов и др., 2010б).

связанных с эксплуатацией морских ресурсов. Важной составляющей этой оценки должно являться определение эффективности мер по экологической оптимизации основных аспектов техногенеза морской среды, обусловленных строительством и функционированием ПЭС.

V. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕГРАДАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

5.1. Концептуальные принципы исследования процессов деградации. Определение базовых понятий

Несмотря на то, что термин «деградация» весьма распространен, в том числе и при оценке состояния водных объектов, общепринятое определение данного процесса отсутствует. В результате данный термин используется для обозначения принципиально различных категорий явлений. Например, под деградацией понимается как снижение биоразнообразия водной экосистемы, так и истощение водного объекта. Не ставя задачей обзор различных употреблений термина «деградация», отметим лишь, что, как известно, наиболее желательным вариантом использования какого-либо понятия является то, которое позволяет полнее отразить суть описываемого явления. По этой причине мы сочли необходимым предварить обоснование приводимого в монографии толкования термина «деградация водного объекта» изложением ряда концептуальных принципов изучения данного процесса, выработанных в ходе проведенных исследований.

❖**Соответствие этимологии употребляемого термина описываемым явлениям.** Несоблюдение этого вполне очевидного требования в научной литературе – достаточно обычное явление и практически всегда ведет к утрате однозначности понимания используемых понятий, необходимости дополнительных пояснений своей позиции и дискуссий, затмевающих саму суть проблемы. Так что же такое деградация? Данный термин происходит от латинского слова degradatio, образованного с помощью приставки de – «вниз» и от gradior – «шагать» (Шанский, 1973). Буквально он означает снижение, процесс ухудшения характеристик какого-либо объекта или явления с течением времени, движение назад, постепенное ухудшение, упадок, снижение качества. Качество

же в общем смысле однозначно трактуется как степень соответствия совокупности присущих объекту характеристик требованиям, которые предъявляются к данному объекту человеком. Так, согласно определению, данному в пункте 4 ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения», «Качество воды – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования». В полной мере это относится и к экологическим (природоохранным требованиям). Хотя предметом этих требований является состояние природных (в т.ч. биологических) объектов, их субъектом является человек, а объектом – общественные отношения в сфере эксплуатации природных ресурсов. Иными словами, экологические требования, например, по сохранению биологического разнообразия предъявляются не к водоему, а к юридическим и физическим лицам, которые, с одной стороны, эксплуатируют данный водоем, а с другой стороны, обязаны в ходе своей служебной деятельности охранять его биоту от неблагоприятных воздействий. Таким образом, **деградация водного объекта – это снижение (утрата) его качеств, представляющих ценность для человека**.

Деградация может быть вызвана не только техногенезом (более широко – антропогенными факторами). Этот процесс может быть обусловлен и естественными причинами. Примером является естественная деградация озер вследствие их зарастания, накопления наносов и превращения в болото. В соответствии с этим различают естественную и антропогенную (техногенную) деградацию. На современном этапе преобладает второй из этих процессов. Поэтому в дальнейшем, употребляя термин деградация, мы, как правило, подразумеваем техногенную деградацию.

❖**Многоплановость процесса деградации водных объектов**. Для описания качества водного объекта (а, следовательно, и степени его деградации) может быть использовано множество различных по своей природе характеристик. Например, это одновременно может быть и его

пригодность для забора питьевой воды, и возникновение препятствий для судоходства в результате понижения уровня его вод. Следовательно, для адекватного и полного описания наблюдающихся явлений термин «деградация» должен одновременно основываться на пригодности водного объекта удовлетворять обширный комплекс потребностей в сферах водопользования и природопользования в целом. Эти «общеприродопользовательские» потребности выражаются в том, что человек использует (и оценивает качество) водоема не только как такового, но и как компонента окружающей среды. Например, как значимого элемента видеоэкологического потенциала территории в целом (а, следовательно, и цены на земельные участки) или как источника пресной воды, необходимого для сельскохозяйственного освоения территории. В этом же ракурсе рассматривает проблему и действующее законодательство РФ. Так, в статье 3, пункт 1 Водного кодекса РФ (от 03.06:2006 г. №74-ФЗ) указывается: «Регулирование водных отношений осуществляется, исходя из представления о водном объекте как о важнейшей составной части окружающей среды, среде обитания объектов животного и растительного мира, в том числе водных биологических ресурсов, как о природном ресурсе, используемом человеком для личных и бытовых нужд, осуществления хозяйственной и иной деятельности и одновременно как об объекте права собственности и иных прав».

Для того, **чтобы отразить в** обобщающем **определении термина «деградация» многообразные требования, предъявляемые к водным объектам**, **их необходимо классифицировать**, выделив различные направления, которые можно обозначить **как «аспекты деградации»**[119]. Основными из них являются:

- **экологическая деградация**, проявляющаяся в разрушении водных экосистем и снижении их биоразнообразия;
- **водохозяйственная деградация**, заключающаяся в утрате возможностей использования ресурсов водного объекта в ходе осуществления различных видов хозяйственной деятельности

[119]Определение данного термина будет дано в конце раздела.

(т.е. в снижении его водохозяйственного потенциала). Этот аспект включает весьма широкий спектр явлений: от истощения водных объектов (сокращения стока и др.) до их загрязнения, ограничивающего возможность забора вод в системы питьевого или технического водоснабжения;

- **рыбохозяйственная деградация**, в которую целесообразно вкладывать более широкий смысл, чем сокращение рыбных запасов, распространяя данный аспект деградации на снижение количества любых видов водных биологических ресурсов. Целесообразность сохранения термина, не в полной мере отражающего совокупность рассматриваемых явлений, обусловливается его традиционностью и распространенностью в официальных документах. В частности, для оценки данного качества водного объекта, как правило, используется термин «рыбохозяйственный потенциал»;
- **рекреационная деградация**, заключающаяся в снижении (утрате) рекреационного потенциала, т.е. возможности использования водного объекта и окружающей его территории для массового отдыха. Ранее в разделах 3.2.4 и 4.2.1 было показано, что это является основной характеристикой качества обширных категорий водных объектов;
- **видеоэкологическая деградация**, приводящая к снижению видеоэкологического потенциала не только (а, зачастую, и не столько) самого водного объекта, но и территории, к которой он прилегает (или в пределах которой он расположен). Данный аспект не следует смешивать с предшествующим. Многие водные объекты, состояние которых существенно влияет на социальную привлекательность территории, не используются в рекреационных целях. Не следует придавать видеоэкологической деградации и второстепенное значение в силу новизны этого понятия. Данный фактор в условиях роста народонаселения и его потребностей, а также стремительных темпов урбанизации территории приобретает все большее экономическое значение. Цена на земельные участки, на которых можно возводить селитебные зоны с видом на водные объекты (акватории) с разным видеоэкологическим потенциалом может отличаться в разы. На его улучшение (поддержание) могут выделяться финансовые средства,

превышающие таковые, выделяемые на предотвращение экологической деградации этих же объектов;

➢**культурно-историческая деградация**. Некоторые водные объекты или их отдельные части имеют ценность как объект истории и/или религиозного культа. Одним из примеров являются некоторые водоемы, расположенные на территории древних монастырей или вблизи них. Утрату их облика (значимую трансформацию внешнего вида, хозяйственное перепрофилирование и пр.) и, тем более, полную их утрату следует рассматривать как важнейшую часть проблем деградации водных объектов.

Очевидно, что границы между перечисленными выше основными аспектами деградации водных объектов во многом носят условный характер. В некоторых случаях они лишь отражают различные стороны одних и тех же явлений, преломляющихся через интересы определенных организаций и физических лиц, т.е. различных групп стейкхолдеров (см. раздел. 1.5). Именно по этой причине мы и рассматриваем их как аспекты процесса, а не виды деградации. Вместе с тем, как будет показано в последующих разделах монографии, выделение в рамках процесса деградации отдельных аспектов является необходимым условием как для полноты его оценки, так и для научного обоснования, необходимого для разработки эффективных мер по предотвращению развития нежелательных тенденций. Как показывает опыт, выделение отдельных аспектов деградации в совокупности с их комплексным анализом на практике бывает немаловажным при решении вопросов финансирования. Так, при разработке проектов инженерно-экологического обустройства водных объектов, направленных на предотвращение их экологической деградации (или их экологической реабилитации), весьма полезным является увязка мер по сохранению водных экосистем с созданием высокого видеоэкологического потенциала территории (или в более широком смысле – ее социальной привлекательности). Например, большинство проектов восстановления деградировавших МГВО (см. раздел 3.2.4), в разработке которых авторы монографии принимали участие,

осуществлялись с целью благоустройства городских земель. Причем основной ставящейся задачей было именно достижение позитивного восприятия их внешнего вида. Работа специалистов-экологов в данной ситуации, помимо прочего, заключается в разработке обоснования необходимости специальных мер по сохранению (восстановлению) биотических компонентов данных водных объектов.

❖**Оценка деградации водных объектов и разработка мер по ее предотвращению с позиций антропоцентризма.** Данный методологический подход логически вытекает из смысла, вкладываемого в само понятие «деградация». Если это утрата какого-то качества, используемого человеком, то оценка этой утраты и ее предотвращение (восполнение, компенсация) также осуществляется в интересах именно человека. Сошлемся на некоторые нормативные акты, определяющие понятие деградации некоторых компонентов окружающей среды и, соответственно, характер мер по ее предотвращению. Так, согласно определению, данному в ГОСТ 27593-88 «Почвы. Термины и определения» (таблица 1, пункт 77): «Деградация почвы – ухудшение свойств и плодородия почвы в результате воздействия природных или антропогенных факторов». Высокое плодородие – это главная характеристика почвы именно с антропоцентристских позиций. Многие виды растений произрастают только на бедных, кислых или засоленных почвах. В ГОСТ 17.8.1.01-86 (пункт 39) «Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения» дается следующее определение: «Деградация ландшафта – необратимые изменения, приводящие к невозможности выполнения ландшафтом социально-экономических функций (ГОСТ 17.8.1.01-86, пункт 39). К сожалению, **официального определения понятия «деградация водного объекта» еще не существует, но,** по аналогии с рассмотренными выше, **оно, несомненно,** также **носило бы выраженный антроцентристский характер**.

Авторы монографии сознают, что, обосновывая необходимость антропоцентристского подхода к оценке и разработке методов борьбы с деградацией, они неминуемо вызывают неприятие данной идеи у многих специалистов. У

большинства современных экологов восприятие самого термина «антропоцентризм» носит не только априорно негативный, но во многом эмоциональный характер. Вместе с тем, в методологическом плане, «антропоцентризм» – это ни что иное, как один из способов анализа проблемы. Как и многие другие аналитические методы, он сопровождается искусственным абстрагированием изучаемого предмета, осуществляемого с целью концентрации внимания на определенных аспектах исследуемых проблем. В сущности, негативное восприятие «антропоцентризма» возникло как противопоставление его «экоцентризму» на этапе осознания необходимости при приятии решений уделять серьезное внимание природоохранным вопросам. Напомним, что до этого приоритетное значение имели экономические интересы человеческой деятельности. В сознании большинства специалистов участки природной среды и участки размещения производственных объектов представляли два изолированных мира. При этом негативные изменения среды на участках второго рода воспринимались как нечто само собой разумеющееся. Ухудшение экологической ситуации приобретало значимость лишь тогда, когда оно затрагивало иные интересы того же человека (т.е. не изменяло антропоцентристской позиции). Например, необходимость подвода питьевой воды в промышленные центры из других районов при невозможности дальнейшего пользования водоисточниками, расположенными в пределах его территории. Переход от антропоцентризма к экоцентризму (кстати, вызванный также ничем иным, как соблюдением интересов именно человека – необходимостью сохранения среды для его дальнейшего выживания), как мы уже рассматривали ранее (см. раздел 1.3), провел границу между двумя этапами исторического развития техногенеза – индустриального и постиндустриального.

Несомненно, развитие концепции экоцентризма сыграло огромную роль в развитии взаимоотношений человека и природы. Данный подход весьма актуален при решении многих природоохранных задач и сейчас, особенно на местном или региональном уровнях. На наш взгляд, обе позиции (антропоцентристская и экоцентристская) имеют право на

существование и являются лишь методологическими приемами, целесообразность использования которых зависит от сути рассматриваемой проблемы.

Однако безоговорочный приоритет «экоцентризма», при котором экологическая ситуация анализируется и/или оценивается исключительно с точки зрения степени сохранения (сохранности) естественных экосистем, представляет собой другую крайность. Оба эти методологических подхода могут при бездумном использовании привести к негативным последствиям. Вред, нанесенный окружающей среде антропоцентризмом, широко известен. Но и чисто экоцентристский подход в условиях интенсивного техногенеза среды также, как правило, приводит к плачевным результатам. Примером могут служить попытки «оживить» водные объекты, подверженные высокой антропогенной нагрузке, без разработки систем их инженерно-экологического обустройства. Так, некоторые из исследованных нами МГВО через короткое время после осуществления подобных мер превращались в замусоренные водно-болотные массивы, представляющие угрозу для здоровья населения. Весьма трагичны были некоторые опыты реализовать на практике «экоцентристские» призывы повышения биоразнообразия городских лесопарковых зон до уровня естественных лесных экосистем (Экополис…, 2000) путем простого вселения в них «недостающих» видов. Например, неоднократная акклиматизация косули в лесопарковом массиве «Лосиный остров» заканчивалась тем, что привезенные животные уничтожались бродячими собаками. Причиной этого являлось то, что организаторы подобных мероприятий не усматривали принципиального различия между залесенным участком урбосистемы и лесной экосистемой. Заключается же она, прежде всего, в том, что урбосистема, т.е. природно-техническая система (ПТС), создается для компактного проживания людей. Формирование ее биоты происходит совершено иначе, чем в природных экосистемах той же климатической зоны. Во многом данный процесс определяется стихийным, сопутствующим возникновению людских поселений биотическим техногенезом, – массовым

развитием видов-синантропов (примером которых и являются бродячие собаки).

Как свидетельствуют материалы, изложенные в главах III и IV, в современных условиях **человеческая деятельность должна рассматриваться не только в качестве основной причины деградации, но и как единственный фактор, воздействие которого может воспрепятствовать развитию этого процесса**. Сохранение благоприятной среды для своего обитания – это одна из жизненно важных потребностей человека. Если оценивать складывающуюся ситуацию, основываясь на малоприятных для осознания реалиях, а не на ласкающих слух иллюзиях, человечество создает среду для своего собственного, в той или иной степени комфортного, обитания. Для этого человеку нужны участки природной среды. Это – одна из его потребностей. В конечном счете, биоразнообразие биоты и опасность его утраты осознаются только самим человеком. Но **в условиях стремительной урбанизации**, роста народонаселения и объемов производства **участки природной среды могут сохраняться лишь при целенаправленном создании специальных систем инженерно-экологического обустройства, регулирующих их состояние**. Без этого их деградация – только вопрос времени. Но спроектировать такие системы, то есть ПТС, стоя на позициях экоцентризма, нельзя, поскольку нарушаются базовые принципы этой концепции:

- экосистемы перестают быть естественными образованиями и целенаправленно превращаются в природно-техногенные объекты;
- механизмы саморегуляции (гомеостаза) экосистем заменяются искусственным регулированием их состояния с использованием специальных инженерно-технических сооружений.

Кратко резюмировать высказанные выше суждения можно в форме следующего заключения: оценка степени деградации водного объекта и разработка эффективных мер противодействия развитию нежелательных явлений должны основываться на анализе его использования человеком и его роли для создания благоприятных условий существования людей. В этом смысле антропоцентризм предполагает не

игнорирование всех иных аспектов существования водного объекта, а абстрагирование главного фактора, определяющего содержание и направленность мероприятий по улучшению его состояния.

❖**Техногенная альтернативность процессов деградации.** Данный принцип проистекает из того факта, что в процессе техногенной деградации водные объекты преобразуются в ПТС. Если в структурно-функциональную организацию экосистемы включились какие-то техногенные элементы (факторы и/или компоненты), то она уже по определению представляет собой ПТС, а не просто разрушающуюся природную экосистему[120].

Вне зависимости от формы техногенеза (неконтролируемый или целенаправленный), **без принятия специальных мер по экологической оптимизации** данного процесса **водные объекты** практически неминуемо **деградируют**. Однако дальнейшее **развитие экологической ситуации может осуществляться лишь в двух альтернативных направлениях**: образование **неуправляемой ПТС и** создание **управляемой ПТС**.

В первом случае деградация водного объекта неизбежно и закономерно продолжается. Однако интенсивность данного процесса (скорость наблюдаемых изменений) может быть различной. Она определяется:

- силой и характером внешних воздействий (видами и формами техногенеза);
- устойчивостью системы (экосистемы, ПТС[121]) к этим воздействиям;

---

[120]Следует подчеркнуть, что деградирующие экосистемы, превращаясь в природно-техногенные системы, не перестают быть системами. Связи между слагающими их элементами не столько разрушаются, сколько видоизменяются. Некоторые элементы системы исчезают, но одновременно в нее включаются новые элементы. Изменяется характер связей между элементами системы, но возникают и новые связи, объединяющие ее в единое целое, на каждом этапе развития. Иными словами, структурно-функциональная организация системы (сначала экосистемы, потом ПТС) в ходе процессов техногенеза и техногенной деградации изменяется, но не исчезает вплоть до финального этапа деградации (уничтожения системы как таковой).

[121]Во многих случаях целью мероприятий по борьбе с деградацией водных объектов является предотвращение нежелательных изменений различных объектов, изначально возникших как ПТС (например, водохранилищ ГЭС).

- мерами по ограничению внешних воздействий (природоохранными мероприятиями).

В некоторых случаях интенсивность деградации может быть настолько замедленна, что создается иллюзия ее прекращения. Однако прекращение деградации возможно только при прекращении вызывающих ее внешних воздействий. Причем, как будет рассмотрено в разделе 5.3, это реально только на самых первых этапах данного процесса. При современном уровне глобального техногенеза подобного развития ситуации ожидать не следует. Более вероятен другой сценарий. На определенном этапе во внешне благополучном водном объекте постепенно накапливающиеся количественные изменения (например, накопление в нем эвтрофикантов) переходят в качественные в форме стремительной трансформации структурно-функциональной организации ПТС. Примером может служить описанное нами в разделе 3.2.2.2 залповое цветение водоемов-охладителей АЭС, затрудняющее их использование (т.е. вызывающее водохозяйственную деградацию), которое происходит после многих лет их безопасной эксплуатации.

Под управляемыми ПТС (см. раздел 1.5) мы понимаем регулируемые системы, способные, благодаря работе специального инженерно-технического объекта (регулятора ПТС), возвращаться в поддерживаемое состояние при внешних воздействиях, превышающих предел их устойчивости. Их создание является альтернативным путем, позволяющим предотвратить деградацию водных объектов в длительной перспективе.

❖**Конвергенция водных объектов естественного и искусственного происхождения в процессе их деградации**. Данный принцип вытекает из предшествующего. Превращение всех деградирующих водных объектов, вне зависимости от их генезиса, в ПТС подразумевает возникновение сходства в структурно-функциональной организации слагающих их элементов. В настоящее время процесс подобной конвергенции получает все большее распространение. Например, некоторые зарегулированные речные бассейны по своим функциям

принципиально не отличаются от крупномасштабных систем искусственных водотоков (каналов) или образуют с ними единую ПТС. В дальнейшем подобная интеграция речных систем в водные инженерно-технические сооружения различного рода по мере возрастания деятельности, которое мы обозначили как создание антирек в широком понимании данного термина (см. раздел 3.2.3.1), скорее всего, будет только развиваться.

Формулирование данного принципа важно по той причине, что создает основу как для разработки единой системы оценки степени деградации водных объектов (см. раздел 5.4), так и для разработки унифицированной методологии борьбы с развитием процессов их деградации (см. главу IV).

Учитывая изложенное выше, дадим **определение основным понятиям:**

- **Деградация водного объекта** – утрата водным объектом полезных для человека свойств, которыми он обладает, включая его экологическую и социальную значимость для населения;
- **Аспект деградации водного объекта** – проявление снижения качества водного объекта, который ухудшает возможность его использования человеком с определенной целью. Основными аспектами являются: экологическая, водохозяйственная, рыбохозяйственная, рекреационная, видеоэкологическая и культурно-историческая деградация водного объекта;
- **Критерий деградации** – количественный или качественный показатель, характеризующий уровень одного из аспектов деградации;
- **Интенсивность деградации** – скорость негативных изменений, обусловленных различными аспектами процесса деградации за определенный промежуток времени. Интенсивность деградации может быть оценена по одному критерию деградации или их группе (совокупности) (более подробно данный вопрос рассмотрен в разделе 5.4).

5.2. Основные причины деградации водных объектов

5.2.1. Состав антропогенных (техногенных) факторов

Деградация водных объектов может быть обусловлена различными видами антропогенных (техногенных) воздействий. Основными из них являются:

✓загрязнение;
✓эвтрофирование;
✓засорение;
✓нарушение режима стратификации;
✓развитие в водных объектах патогенных организмов;
✓изменения характера водосборного бассейна;
✓истощение водных объектов и изменение водности речных систем.

Некоторые из перечисленных выше воздействий (например, процессы загрязнения и эвтрофирования) интенсивно изучались на протяжении десятков лет. Другие (например, явления, связанные с засорением и истощением водных объектов) исследованы в значительно меньшей степени.

Как показывает практика, основная проблема при анализе причин деградации заключается в том, что подход к их решению должен сочетать в себе комплексность изучения наблюдаемых явлений и процессов с точной идентификацией источников утраты отдельных качеств исследуемых объектов. Игнорирование любой из указанных сторон исследовательского процесса снижает его результативность, а в ряде случаев может привести к неверной трактовке наблюдаемых явлений. Так, при анализе аспектов техногенеза водоемов-охладителей (раздел 3.2.2.2) мы рассматривали явление «биотехнопульверизации», приводящее к чрезвычайно высокой численности гетеротрофных бактерий на участках сброса подогретых вод из системы технического водоснабжения АЭС или ТЭС. Данный микробиологический параметр является одним из основных показателей при оценке санитарного и экологического состояния водных объектов. При формальном подходе зоны сброса подогретых вод могут быть оценены как подверженные

весьма сильному хозяйственно-бытовому загрязнению, чего в реальности не происходит. Наблюдающийся феномен высокой численности бактерий обусловлен сочетанием техногенных и биотических факторов. И только их совокупный анализ может привести к адекватной трактовке наблюдающихся явлений. Вместе с тем, идентификация природы воздействий (т.е. установление их источников) является непременным условием разработки мер, направленных не на борьбу с симптомами (внешними проявлениями) ухудшения состояния водных объектов, а с причинами этих явлений. Например, можно бесконечно предпринимать различного рода попытки подавления «цветений» фитопланктона в водохранилищах. Раньше для этого использовался так называемый «метод купоросования», заключавшийся во внесении в воду сернокислой меди (медного купороса) (Гусева, 1952), убивавший синезеленые водоросли (цианобактерии) и вместе с ними многих других представителей водной биоты. Сейчас временного результата в некоторых случаях добиваются «альголизацией» водных объектов (Богданов, 2008), т.е. внесением в них значительных объемов искусственно выращенной культуры зеленых водорослей (одного их штаммов хлореллы), которые должны подавить вспышку развития цианобактерий. Но цветение вызывается эвтрофированием водоемов, где главной причиной является поступление в водный объект избыточных количеств биогенных элементов – соединений фосфора и азота. Без установления их источников, а также специальных мер по деэвтрофированию водных объектов (изъятию уже накопившихся в них биогенов) все остальные усилия будут носить паллиативный характер. Однако поиск этих источников (как и решение других задач в области техногенеза и деградации водных объектов) часто требует отхода от традиционно применяемых методов исследования, многие из которых были разработаны при изучении водоемов и водотоков в период, когда техногенное воздействие на них не было столь значимым и многообразным. Так, существование значимых источников загрязнения водных объектов на практике, как правило, устанавливается и оценивается по наличию в их акватории «пятна» или «шлейфа» с повышенной концентрацией

загрязнителя. Но при исследовании тех же водоемов-охладителей поиск источников их загрязнения и эвтрофирования затрудняется тем, что постоянное циркуляционное течение вод стремится выровнять концентрацию любых попадающих в него веществ и вблизи источников содержание в воде агентов загрязнения может не превышать «фонового».

Поэтому при решении вопроса о целесообразности включения в монографию материалов, характеризующих уже достаточно исследованные процессы антропогенных (техногенных) воздействий, мы исходили из:

- необходимости обоснования творческого переосмысления и непредвзятого подхода к оценке уже хорошо в целом изученных видов воздействий при исследовании процессов техногенеза и деградации водных объектов, а также необходимости учета особенностей складывающейся экологической ситуации (часто не имеющей близких аналогов в природной среде) и новых, ранее не распространенных разновидностей этих воздействий;
- возможности ознакомления специалистов с методическими разработками авторов монографии по классификации и оценке некоторых видов воздействий, в т.ч. ранее практически не учитывавшихся.

5.2.2. Загрязнение

В подавляющем большинстве экологических публикаций загрязнение водного объекта понимается в узком (скорее бытовом, чем научном) смысле как присутствие в воде вредных веществ (Федоров, 2004а). Вместе с тем, этот процесс значительно более сложен и многогранен, что, помимо прочего, отражено и в действующем законодательстве. Так, в соответствии со статьей 1. Закона «Об охране окружающей среды» (№7-ФЗ от 10.01.2002 г.), «***загрязнение окружающей среды*** – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду». Это определение хорошо отражает суть этого явления, наблюдающуюся в реальности. Процесс загрязнения подавляющего большинства современных водных объектов

носит многоплановый характер: они зачастую одновременно подвержены химическому, физическому и биологического загрязнению.

➢***Химическое загрязнение*** заключается в поступлении в водную среду различных веществ (агентов химического загрязнения), вызывающих ухудшение качества водной среды и оказывающих негативное воздействие на водные организмы. Анализ типовых вариантов техногенеза (см. например, раздел 4.2.2) требует обратить внимание на одну характерную черту современного загрязнения российских водных объектов. Если раньше основным источником загрязнения являлись сбросы промышленных предприятий, то сейчас во многих случаях первостепенное значение приобретает загрязнение со стороны мелких хозяйствующих субъектов. Несмотря на относительно небольшое количество загрязнителей, сбрасываемое каждым отдельным субъектом, общий объем загрязнителей, поступающий от них в совокупности, может быть очень велик. При этом, в отличие от промышленных сбросов, данные потоки загрязнителей являются в большинстве случаев неорганизованными и, как правило, реально неконтролируемыми (Горюнова, Безносов, 2004 а,б). Показателен уже ранее упоминавшийся факт, что в начале 90-х годов в водохранилищах Волжско-Камского каскада отмечалось снижение уровня химического загрязнения вод, что связывалось со спадом промышленного производства (Лазарева, 2005). Однако в последующий период зарегистрировано его повышение, что, скорее всего, связано с утерей контроля за очисткой сточных вод в частном секторе, включая сюда и нежелание владельцев реконструировать ранее существовавшие очистные сооружения после приватизации промышленных предприятий (особенно небольших масштабов).

Особым видом химического загрязнения водоемов является ***вторичное загрязнение***, под которым подразумевают процесс образования в водоеме токсичных веществ в результате химических и микробиологических трансформаций сбрасываемых в них менее токсичных веществ (Кондратьева, 2000). В частности, вторичное загрязнение вод – почти неминуемое последствие эвтрофирования водных объектов.

Специфической чертой многих городских водных объектов является ***зоогенное загрязнение***, то есть загрязнение водной среды продуктами жизнедеятельности различных животных. Оно также является разновидностью химического загрязнения водной среды. В г.Москве главными виновниками зоогенного загрязнения водных объектов являются водоплавающие птицы, которые, найдя в урбосистеме подходящие для себя условия, остаются здесь в массовом количестве на зимовку (Авилова и др., 1994). Таким образом, в данном случае зоогенное звгрязнение можно рассматривать как следствие биотического техногенеза. Кроме того, зоогенное загрязнение на ряде исследованных нами МГВО было связано с массовым выгулом собак на прибрежной территории.

➢***Физическое загрязнение*** происходит в результате изменения физических параметров среды (Реймерс, 1990). При этом подразумевается, что эти изменения оказывают негативное воздействие на качество вод и жизнедеятельность водных организмов. Наиболее изученным видом физического загрязнения является ***тепловое загрязнение***, которое заключается в искусственном изменении температурного режима водных объектов. Этот вид загрязнения, в той или иной степени, свойственен многим техногенным водоемам (прежде всего, водоемам-охладителям АЭС и ТЭС) и практически всем городским водным объектам. Тепловое загрязнение обусловлено сбросом подогретых вод и более высокой температурой воздуха на городской территории в целом. Признаки теплового загрязнения были отмечены на многих из исследованных нами водных объектах.

Как мы уже рассматривали в разделе 3.2.2.2, искусственный подогрев вод может осуществляться в двух формах, принципиально отличных по своим экологическим последствиям. Относительно небольшое повышение температуры в водоемах высоких и умеренных широт может оказывать на гидробионтов позитивное воздействие. Для обозначения этой «мягкой» формы теплового загрязнения предлагался специальный термин – «***калефакция***» (нагревание) (Мордухай-Болтовской, 1975). Однако, на наш взгляд, это

воздействие, дающее кратковременный позитивный эффект на уровне отдельных биологических объектов, может приводить к значимым негативным последствиям для биотических сообществ в длительной перспективе (например, в результате нарушения баланса продукционно-деструкционных процессов, развития процессов термического эвтрофирования и термотехногенной стратификации) (Суздалева, Безносов, 2001б).

Но, конечно, значительно большую экологическую опасность представляют собой случаи подогрева вод до экстремального уровня, превышающего термотолерантность водной биоты. Однако спектр наблюдающихся при этом явлений весьма широк. Поэтому на основании результатов исследований, проведенных нами на различных российских водоемах-охладителях, была разработана классификация подобных воздействий, основанная на изменениях, происходящих в водных фитоценозах[122] (Суздалева, Безносов, 2005):

Субэкстремальное температурное воздействие – разовое кратковременное (не более суток) повышение температуры до 30-33°C. Наблюдается временное ухудшение физиологического состояния растений, но каких-либо существенных изменений в структуре фитоценозов не происходит. Субэкстремальные воздействия отличаются от экстремальных тем, что через относительно короткий период времени (до 2 недель) состояние растительности полностью восстанавливается.

Экстремальные модифицирующие температурные воздействия – периодические (не менее 2-3 раз в летний сезон) кратковременные повышения температуры до 30-33°C. В результате подобных воздействий, как правило, уже наблюдаются изменения структуры сообществ. Но это еще не сопровождается полным исчезновением каких-либо видов с данных участков. «Биологический смысл» модифицирующих температурных воздействий заключается в том, что они дают

[122]Данный компонент экосистемы был выбран как наиболее удобный для диагностирования последствий температурных скачков. Но разработанная классификация может быть адаптирована и для оценки воздействия экстремальных скачков температуры и на другие группы биоты водоемов-охладителей.

преимущество термотолерантным формам в их конкурентной борьбе с другими формами водной растительности.

Экстремальные регулирующие температурные воздействия – периодическое повышение температуры до 35-40°C длительностью более суток. Отличительная черта этой категории температурных воздействий – практически полное исчезновение некоторых видов растений, которые не переносят столь высокой температуры.

Сублетальные температурные воздействия – разовое или периодическое повышение температуры воды до 40-45°C. Большая часть растений гибнет, но оставшиеся отдельные экземпляры впоследствии образуют отдельные небольшие островки растительности. Данный уровень теплового воздействия превышает пределы термотолерантности практически всех видов высших водных растений, даже наиболее термофильных из них.

Летальное температурное воздействие – повышение температуры до уровня 45°C и выше на срок более 6 часов. Погруженная растительность полностью исчезает и ее восстановление в дальнейшем происходит только за счет приноса зачатков и семян из других частей акватории.

Следует отметить, что тепловое загрязнение может заключаться не только в повышении естественного уровня температуры, но и в его искусственном понижении (Безносов, Суздалева, 2001б). Для обозначения данного явления нами был предложен термин «***холодное термальное загрязнение***». Как мы уже рассматривали в разделе 3.2.2.2, резкое охлаждение вод в водоемах-охладителях АЭС и ТЭС оказывает на водные организмы еще более негативный эффект, чем их подогрев в том же диапазоне (Мордухай-Болтовской, 1975; Коткин, 2012). Подобные явления могут наблюдаться и при других вариантах техногенеза. Например, для «вентиляции» придонных слоев приплотинных участков используются глубинные водосбросы. Вода, сбрасываемая из гиполимниона, в летний период имеет значительно более низкую температуру (иногда на 10°C и более). В результате температура воды на нижнем бьефе существенно понижается, что оказывает негативное влияние на обитающие здесь организмы, например, снижает уровень

продукции фитопланктона (Безносов, Суздалева, 2001б). Интенсивное и обширное «холодное термальное загрязнение» будет наблюдаться и при техногенной дестратификации вод Мирового океана (при «физическом дестратификационном загрязнении», которое мы рассмотрим ниже).

Другой формой физического загрязнения является ***электромагнитное загрязнение***, заключающееся в негативном воздействии на организмы электромагнитных полей. Воздействие данного фактора на водную биоту в настоящее время изучено недостаточно. Вместе с тем, очевидно, что интенсивность данного вида воздействия неуклонно возрастает. Особенно заметно явления электромагнитного загрязнения проявляются в городах. Причем некоторые методы инженерно-экологического обустройства городских водных объектов могут способствовать повышению интенсивности этого фактора. Особый интерес представляют результаты недавно проведенных исследований, показавших, что воздействие электромагнитных полей может изменять чувствительность гидробионтов к токсичным веществам (Гапочка, 2014).

Мало изучено также воздействие на водные организмы еще одного вида физического загрязнения – ***шумового загрязнения***. Этот фактор всегда присутствует на территории населенных пунктов и хорошо изучен в отношении к человеку и наземным организмам, однако его влияние на жизнь водных организмов почти не исследовалось. Вместе с тем, при проведении таких реабилитационных мероприятий как зарыбление городских водоемов, шумовое загрязнение, вероятно, следует учитывать.

➢***Биологическое загрязнение*** – это проникновение в водоемы и развитие в них чуждых им видов. Подобные события, как правило, с экологической точки зрения имеют, как и другие виды загрязнения, негативные последствия. Массовое развитие видов-вселенцев часто приводит к снижению численности или даже полному уничтожению видов-аборигенов. Например, вселение в водоемы европейской части России бычка ротана-головешки (Perccottus glenhi Dybowski), привело в ряде случаев к исчезновению из них более ценных видов рыб (т.е. рыбохозяйственной деградации). Вселение элодеи канадской

(Elodea canadensis Michx.) привело к зарастанию многих водоемов, сопровождающемуся почти полной потерей их рыбохозяйственного и рекреационного потенциала. По этой причине другое официальное названия данного растения – «водяная чума» (Губанов и др., 1995).

Нередко биологическое загрязнение при техногенезе водных объектов проявляется в комплексе с тепловым загрязнением. Искусственный подогрев вод делает возможным существование в них теплолюбивых экзотических видов (Безносов, Суздалева, 2001а). Поскольку вселение новых видов происходит в результате воздействия техногенных факторов, данное явление следует рассматривать как пример биотического техногенеза.

Необходимо отметить, что легче всего вселение новых видов происходит в ослабленные и частично разрушенные биоценозы (Wagner, 1993), к числу которых, несомненно, относится большинство биологических сообществ, существующих в водных объектах, подверженных интенсивному техногенезу и деградации.

В настоящее время существует опасность распространения в водоемах г.Москвы водяного гиацинта (Eichornia crassipes (Maritus) Solms Laubach) и пистии (Pistia stratioides L.). Первый из этих видов уже разводится в качестве объекта биологической очистки вод на Курьяновской станции. Высказывается даже мнение об их искусственном расселении как декоративных растений (Шанцер и др., 2003). Однако следует учитывать, что оба этих вида, в особенности водяной гиацинт, при массовом развитии способны вызвать сильное вторичное загрязнение водоема. Кроме того, пистия и эйхорния относятся к числу организмов, вызывающих очень серьезные биопомехи при эксплуатации гидротехнических сооружений (т.е. являются причиной их значимой водохозяйственной деградации). В частности, вселение данных видов в городские водоемы серьезно затруднит работу систем их инженерно-экологического обустройства (аэраторов, циркуляционных систем и др.).

Вместе с тем, от биологического загрязнения следует отличать ***реинтродукцию видов***, способных улучшить видеоэкологические характеристики водного объекта. Под реинтродукцией понимается целенаправленное вселение видов,

ранее обитавших на данной территории, но затем исчезнувших (как правило, в результате воздействия антропогенных факторов). К числу таких видов относятся некоторые водные растения, обладающие красивыми цветами и по этой причине уничтоженные на городской территории. Попытки реинтродукции таких видов, например ириса желтого (Iris pseudacorus L.) (Беловодова, 2000), несомненно, следует рассматривать как одно из мероприятий, способных повысить социальную привлекательность МГВО. Таким образом, эта деятельность может быть классифицирована и как ***биотический техногенез, и как мероприятие по экологической оптимизации техногенеза МГВО***, направленное на предотвращение его видеоэкологической деградации.

➢В связи с намечающейся тенденцией к освоению ресурсов глубин Мирового океана следует указать на ***опасность нового вида загрязнения окружающей среды – дестратификационного*** (Безносов и др., 1998/1999). Водная толща морских водоемов, как правило, стратифицирована, т.е. состоит из ряда отдельных слоев, значительно отличающихся по своим физико-химических и биотическим характеристикам. В глубинных слоях и морских донных отложениях могут аккумулироваться и различные загрязнители техногенного происхождения (прежде всего, тяжелые металлы). При нарушении вертикальной структуры водной толщи (т.е. дестратификации) может наблюдаться ряд негативных явлений, которые с достаточным основанием можно рассматривать как виды загрязнения:

✓***химическое дестратификационное загрязнение*** – загрязнение, вызванное изменением химического состава среды в результате ее дестратификации (например, подъемом к поверхности веществ из взмученных донных отложений, оказывающих вредное воздействие на биологические объекты);

✓***физическое дестратификационное загрязнение*** – изменение физических параметров среды, вызванное нарушением ее естественной стратификации. По-видимому, в этой группе наиболее важным является изменение температуры, которое образования в результате можно рассматривать как

дестратификационное термальное загрязнение (при этом следует отметить, что негативное воздействие на организмы может оказывать не только охлаждение поверхностного слоя, но и проникновение в глубокие слои теплых вод с поверхности. Некоторые обитатели этих горизонтов не выносят повышения температуры воды даже в относительно небольших пределах);
✓***биологическое дестратификационное загрязнение*** – проникновение в биоценозы и массовое развитие в них чуждых им видов вследствие нарушения стратификации и образования в результате условий, подходящих для жизни этих видов в ранее непригодных для их обитания участках среды.

Отличие перечисленных видов дестратификационного загрязнения от аналогичных традиционных форм (химического, физического и биологического загрязнения) заключается лишь в том, что загрязнения поступают в водный объект не из внешней по отношению к нему в целом среды, а из одного его слоя в другой. Однако в природе удаленные друг от друга слои моря часто представляют собой не менее разобщенные компоненты окружающей среды, последствия контакта между которыми катастрофичны. Например, можно представить себе, что произойдет при дестратификации Черного моря, когда его зараженные сероводородом глубинные воды поднимутся к поверхности.

В заключение этого раздела следует обратить внимание на то, что практически все рассмотренные выше «новые виды и разновидности» загрязнения водной среды возникли или демонстрируют тенденцию к развитию благодаря современному характеру техногенеза водных объектов. Отсутствие восприятия их опасности со стороны специалистов и экологической общественности могут стать одной из основных причин деградации гидросферы уже в ближайшем будущем.

5.2.3. Эвтрофирование

Под эвтрофированием понимают увеличение интенсивности биопродукционных процессов, обусловленное воздействием различных внешних факторов, и, в конечном счете, ведущее к ухудшению качества водной среды и деградации водной экосистемы (Сиренко, 1981). Внешними признаками

эвтрофирования водных объектов является «цветение воды», обусловленное вспышками развития фитопланктона, и их зарастание макрофитами (Сиренко; 1972; Сиренко, Гавриленко, 1978). Повышение естественного трофического статуса водоема может произойти в силу весьма разнородных процессов. В связи с этим можно выделить несколько видов эвтрофирования: химическое, термическое, дестратификационное и климатогенное.

➢***Химическое эвтрофирование*** водной среды заключается в повышении продуктивности (трофности) водоемов в результате поступления в них дополнительного количества биогенных элементов с окружающей территории. Этот вид эвтрофирования в настоящее время весьма распространен и изучен наиболее полно. Довольно часто в словарях и учебных пособиях при определении понятия «эвтрофирование» рассматривается именно химическое эвтрофирование. Так, в словаре-справочнике Н.Ф. Реймерса (1990, стр. 589) дается следующее определение: «Эвтрофирование – 1) повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных (природных) факторов; 2) антропогенное повышение продуктивности водных экосистем из-за обогащения их питательными веществами, поступающими в результате человеческой деятельности; 3) загрязнение вод биогенами».

Следует отметить, что в современных условиях к значительному повышению содержания в водоеме фосфора и азота может привести не только сброс в него сточных вод, но его биотический техногенез, обычно не рассматриваемый как негативный фактор, обусловленный деятельностью человека. Например, источником биогенов сможет являться зоогенное загрязнение водного объекта (см. раздел 5.2.2), возникающее в результате скопления на нем водоплавающих птиц (Marion et al., 1994; Manny et al., 1994; Gere, Andrikivics, 1994). Их массовое развитие на урбанизированных территориях. в плане рассматриваемых проблем, можно классифицировать как сопутствующую форму биотического техногенеза. Например, одна дикая (точнее – синантропная) утка дает около 477 г азота и 204 г фосфора в год. Эвтрофирование вод может быть

обусловлено и жизнедеятельностью рыб (Attayde, Hansson, 2001), особенно при их высокой концентрации на отдельных участках водоема в садковых хозяйствах (Кучеренко и др., 1998) (данное явление можно классифицировать как целенаправленный биотический техногенез).

➢Как уже указывалось в предшествующем разделе, большинство малых городских водоемов и водотоков в той или иной мере подвержены тепловому загрязнению. По этой причине следует учитывать и другой вид эвтрофирования – ***термическое эвтрофирование*** (Веригин, 1977; Безносов и др., 2002). Под термином «термическое эвтрофирование» подразумевается процесс увеличения трофности водоема вследствие ускорения круговорота биогенных элементов при повышении температуры водной среды (т.е. тепловом загрязнении, рассматриваем нами как форма физико-химического техногенеза).

➢Кроме того, существует так называемое «***дестратификационное эвтрофирование***» (Суздалева и др., 1998), которое заключается в повышении продуктивности поверхностного слоя (фотической зоны) вследствие его обогащения биогенами из глубоких слоев того же водоема (при добыче полезных ископаемых в море и ряда других видов деятельности, связанных с освоением ресурсов глубинных слоев Мирового океана (см. раздел 4.1)). Данный вид эвтрофирования может возникнуть и в тех случаях, когда проект инженерно-экологического обустройства водного объекта включает работы по углублению его ложа. В этом случае биогенные элементы (фосфор, азот), накопленные в донных отложениях, могут попасть в поверхностный слой водоема.

Отличительной чертой термического и дестратификационного эвтрофирования является то, что увеличение биологической продуктивности может происходить даже при полном отсутствии загрязнения данного водного объекта агентами эвтрофирования из внешних источников.

➢Интенсификация процессов поступления в водоемы биогенов далеко не всегда бывает связана с деятельностью человека. Поэтому наряду с термином «антропогенное эвтрофирование» используется понятие «**естественное эвтрофирование**»

(Сиренко, 1981). В связи с этим представляют интерес некоторые палеоэкологические материалы, которые, например, свидетельствуют о том, что 7-8 тыс. лет назад в период потепления климата наблюдалась естественная эвтрофикация озер Швейцарии (Zulling, 1988). На современном этапе аналогичные явления могут возникнуть вследствие глобального потепления климата (Суздалева, Безносов, 2001б; Безносов, Суздалева, 2004). Для их обозначения можно предложить термин «***климатогенное эвтрофирование***». Поскольку данное явление обусловлено развитием парникового эффекта, его можно рассматривать как последствие климатического техногенеза водных объектов.

5.2.4. Засорение

В статье 1 Водного кодекса РФ (от 03.06:2006 г. №74-ФЗ) дается следующее определение: «***засорение водных объектов*** – сброс или поступление иным способом в водные объекты предметов или взвешенных частиц, ухудшающих состояние и затрудняющих использование водных объектов». Сравним его с данным здесь же определением термина «загрязнение водных объектов», рассматриваемое как «сброс или поступление иным способом в водные объекты, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов». Можно прийти к заключению, что «засорение» водных объектов отличается от их «загрязнения» по следующему комплексу признаков. Во-первых, при загрязнении в воду поступают химические вещества, а при засорении – предметы различного размера, вплоть до очень мелких кусочков (взвешенных частиц). Во-вторых, эти предметы-частицы находятся в твердой фазе и достаточно долгое время существуют в водоеме именно в этом виде. Следовательно, эти предметы должны быть нерастворимы или слаборастворимы в воде. В-третьих, в определении термина «загрязнение» указывается, что оно обусловливается поступлением в водоемы «вредных веществ», то есть веществ, характеризующихся определенным токсическим эффектом. Напротив, в определении термина «засорение» этот признак не

присутствует. Вместе с тем, здесь указывается, что засорение ухудшает состояние и затрудняет использование водных объектов. Следовательно, «***агенты засорения***» могут не обладать выраженной токсичностью (быть химически инертными), но вместе с тем их попадание в водной объект создает трудности в его эксплуатации.

В отличие от процессов загрязнения, общепринятые (в т.ч. закрепленные нормативными документами) способы оценки засорения водных объектов отсутствуют. По этой причине в ходе исследования процессов техногенеза и деградации водных объектов нами была разработана собственная методика (Безносов, Суздалева, 2005б). При ее создании возникла необходимость уточнения некоторых понятий и введения новых терминов. Как уже указывалось выше, в соответствии с определением, данным в Водном кодексе РФ, агентами засорения могут являться предметы весьма широкого диапазона (от взвеси до весьма крупных предметов), затрудняющих эксплуатацию водных объектов (максимальный размер в законодательстве не оговорен). Очевидно, что одни и те же показатели для оценки засорения водной среды мелкоразмерной взвесью и такими крупными предметами как автомобильные покрышки или даже корпуса автомашин использовать нельзя. Поэтому для практического исследования проблемы **агенты засорения необходимо разделить на ряд категорий**, обозначив каждую из них отдельным термином:

✓***Взвешенный мусор*** – мелкие твердые частицы, которые при попадании в воду некоторое время удерживаются в ее толще (не оседают на дно 12-литрового ведра в течение хотя бы двух минут).

✓***Пылевидно-пленочный мусор*** – очень мелкие частицы твердого вещества, удерживающиеся на пленке поверхностного натяжения.

✓***Плавающий мусор*** – небольшие фрагменты твердого вещества размером от нескольких мм^2 до 0,25 м^2, обладающие положительной плавучестью и длительное время (не менее суток) находящиеся на поверхности водного объекта.

✓***Донный мусор*** – небольшие фрагменты твердого вещества площадью от нескольких мм^2 до 0,25 м^2, обладающие отрицательной плавучестью и лежащие на дне.

✓***Прибрежный мусор*** – небольшие фрагменты твердого вещества площадью от нескольких мм^2 до 0,25 м^2, находящиеся на берегу или в периодически затапливаемой зоне водного объекта.

✓***Засоряющие предметы (крупноразмерный мусор)*** – отдельные крупные инородные предметы (площадью более 0,25 м^2), плавающие на поверхности воды или лежащие на дне и в прибрежной зоне водного объекта (автомобильные шины и корпуса автомобилей, бревна, строительные плиты, фрагменты мебели и т.п.).

✓***Засоряющие объекты*** – различные бесхозные разрушающиеся гидротехнические сооружения (а также их фрагменты), конструкции неизвестного назначения, сваи и другие остатки техногенных объектов на дне или в прибрежной зоне водоема[123].

Для оценки засорения водного объекта нами была разработана следующая **система показателей** (в скобках указаны номера категорий агентов засорения, для оценки которых применим данный показатель).

Количественные характеристики:

➢***плотность засорения*** – процент площади поверхности водоема, его дна или прибрежной зоны, покрытый агентом засорения (2-7);

➢***мусоромасса*** – масса агента засорения, отнесенная к единице площади или объема водного объекта, выражается в г/м^2; кг/м^2; г/м^3 (1-6);

➢***интенсивность накопления мусора (продукция мусора)***, выражается в г/м^2/год или кг/м^2/год (4-5);

---

[123]Целесообразность включение в данную категорию объектов, расположенных на берегу водного объекта, продиктована тем, что именно они зачастую не только ухудшают его видеоэкологический потенциал, но и представляют опасность для здоровья и жизни людей, использующих этот водный объект в рекреационных или иных целях. Кроме того, согласно статье 5 Водного кодекса РФ (191-ФЗ от 29 декабря 2004 г.), береговая линия рассматривается как часть границ водного объекта (следовательно, является его частью).

➢***устойчивость агента засорения (интенсивность разрушения, деструкция мусора)***, выражается в г/м^2/сут., г/м^2/год или кг/м^2/год (4-7).

Качественные характеристики:

➢***характер локализации агента загрязнения*** (3-6), то есть особенности его пространственного распределения в водном объекте, образование зон скопления:

- точечные скопления – агент засорения присутствует только в точках его сброса в водный объект;
- равномерное распределение – агент засорения встречается приблизительно в одинаковом количестве во всех частях водного объекта;
- вдольбереговая (прибрежная) аккумуляция – возникает при аккумуляции мусора в прибрежной зоне, в результате воздействия ветра и волн. Такой характер локализации свойственен агентам засорения с положительной плавучестью или небольшим удельным весом.
- глубинно-аккумулятивное распределение – данный тип локализации характерен для агентов засорения с большим удельным весом и наблюдается в водных объектах с крутыми подводными склонами.

➢***мобильность (степень подвижности агента засорения)*** (1-7):

- неподвижный (фиксированный)
- перемещающийся

➢***происхождение (генезис) агента засорения*** (1-7):

- техногенный генезис – агент засорения возникает как результат разрушения гидросооружений и конструкций;
- производственный генезис – агент засорения является продуктом промышленного производства;
- строительный генезис – агент засорения возникает в ходе строительных работ, проводимых на водном объекте или в его прибрежной зоне;
- бытовой генезис – агенты засорения (мусор и засоряющие предметы), выбрасываемые в водный объект населением;
- биогенный генезис – агент засорения возникает как результат жизнедеятельности живых организмов, в том числе их

отмершие остатки, попадающие в водный объект (например, топляк).

➢***трансформируемость агента засорения***, то есть способность к самопроизвольному разрушению в водной среде (1-7):

- быстроразрушающийся агент засорения – присутствие данного агента не обнаруживается в водном объекте уже через относительно короткий срок (менее 1 года) после попадания его в водный объект. При этом отсутствие агента засорения происходит не как следствие его сноса (дрифта) по течению или захоронения в донных осадках, а как результате его растворения, изменения химического состава (гидролиза) или фазового состояния. Примером быстроразрушающихся агентов засорения могут служить некоторые категории пищевых отходов, иногда сбрасываемых в городские водные объекты в составе бытового мусора;
- медленноразрушающийся агент засорения – полное разрушение происходит в течение срока от 1 года до 5 лет;
- трудноразрушающийся агент засорения – полное разрушение происходит в течение срока, превышающего 5 лет;
- практически не разрушающийся агент засорения – объект может присутствовать в водоеме в течение исторического времени (фрагменты бетонных конструкций, кирпичи, камни, массивные металлические изделия и т.п.).

➢***агрессивность агента засорения*** (1-7), определяется его воздействием на экотоксикологические свойства водной среды (данный показатель может быть определен экспериментально методом биотестирования):

- экологически агрессивный агент засорения – его попадание может привести к резкому ухудшению экотоксикологической ситуации, сопровождающейся массовой гибелью гидробионтов. К данной категории относятся агенты, которые либо включают в свой состав хорошо растворимые компоненты, обладающие выраженной токсичностью, либо такие агенты засорения, процессы микробиального разложения которых вызывают отравление водной среды;

- выщелачивающийся агент засорения – выход токсичных компонентов происходит медленно: либо вследствие частичного разрушения агента, либо в результате диффузии через его поверхность. Длительное пребывание таких агентов засорения может обусловить медленное накопление в водах и донных отложениях некоторых химически устойчивых загрязнителей, например, тяжелых металлов;
- химически инертный агент засорения – его присутствие в водном объекте не может привести к значимому изменению экотоксикологической ситуации.

➢***биотопический потенциал агента засорения*** (1-7), то есть характер его влияния на состояние битопов (местообитаний) водных организмов:
- биотопически негативный – поступление таких агентов засорения приводит к тому, что биотопы водного объекта становятся непригодными для жизни организмов. Например, пылевидно-пленочное засорение может уничтожить биотоп нейстона, то есть организмов, обитающих в поверхностной пленке воды. Дампинг грунта уничтожает местообитания бентоса и т.п.;
- малопригодный для заселения – водные организмы избегают селиться на поверхности подобных агентов засорения, однако их присутствие в водном объекте не вызывает существенной перестройки его биотопов;
- биотопически инертный – присутствие таких агентов засорения не вызывает принципиального изменения характера битопов в водном объекте и, соответственно, не приводит к трансформации состава водных биоценозов (например, куски бетона и осколки кирпича на каменистом участке дна);
- биотопически позитивный – поступление в водный объект подобного агента засорения ведет к возникновению в нем новых битопов и, как следствие, к изменению состава и распределения биоценозов. Примером может служить образование сообщества перифитона на засоряющих предметах в водоеме с илистым дном.

5.2.5. НАРУШЕНИЕ РЕЖИМА СТРАТИФИКАЦИИ

Мы уже рассматривали некоторые факторы, связанные с данным процессом (дестратификационное загрязнение и др.). Вместе с тем, спектр его воздействий, каждое из которых может стать причиной деградации водного объекта, существенно шире. Кроме того, наблюдающиеся тенденции в развитии техногенеза гидросферы указывают на то, что значимость этого явления в будущем существенно возрастет. Поэтому сочли необходимым посвятить данной проблеме отдельный раздел, чтобы проанализировать весь комплекс процессов и явлений, обусловленных различными видами техногенного нарушения стратификации водных объектов.

Водная толща многих водоемов – от относительно мелких континентальных, типа озер и водохранилищ, до океанов – постоянно или временно стратифицирована. Она состоит из нескольких расположенных по вертикали отдельных слоев, представленных водными массами, существенно различающимися по своим свойствам. Вместе с тем, в большинстве стратифицированных водоемов в силу различных причин (например, в результате сезонных изменений температуры) периодически происходит перемешивание вод различных слоев (миксия). В совокупности характер стратификации водных масс и определенная периодичность миктических процессов составляют режим стратификации конкретного водоема.

Явление стратификации обусловлено физическими свойствами воды и поэтому в том или ином виде существовало на протяжении всей истории биосферы. При этом характер стратификации водных масс, слагающих конкретные водоемы, весьма консервативен, поскольку в основном обусловлен такими слабо изменяющимися факторами, как климат и геоморфологические особенности этих водоемов. По той же причине достаточно стабильной является и динамика миктических явлений. Тот или иной режим стратификации водоемов сохраняется в течение длительного «геологического» времени. В процессе эволюции жизненные циклы отдельных организмов и структурно-функциональная организация водных экосистем в целом приспосабливались к определенному режиму стратификации водных масс (Безносов, 1998б; 2000в). В связи с

этим любые нарушения режима стратификации оказывают заметное воздействие на экологическое состояние водоема. Здесь следует обратить внимание на различие содержания понятий «нарушение стратификации» и «нарушение режима стратификации». Первое подразумевает перемешивание слоев воды или изменение границ расположения слоев. Нарушение стратификации может быть как искусственным, так и естественным (например, при сильном волнении, сгонно-нагонных явлениях и др.). В отличие от этого, понятие «нарушение режима стратификации» включает не только изменение вертикальной структуры слоев воды, но и естественную периодическую смену состояний «стратификации» и «миксии» водной толщи. Экологическую опасность представляют собой как явления техногенного нарушения характера стратификации водной толщи, так и подавление миктических процессов.

Среди многообразных случаев нарушения режима стратификации водоемов можно выделить три основных типа (Суздалева, Безносов, 1999; Безносов, Суздалева, 2000):

➢***Нарушение стратификации вод миктического типа.*** В результате человеческой деятельности происходит смешивание вод различных слоев. Происходит частичная[124] или полная искусственная дестратификация водоема и ранее описанные сопутствующие ей явления: «дестратификационное загрязнение» (см. раздел 5.2.2) и «дестратификационное эвтрофирование (см. раздел 5.2.3). Следует подчеркнуть, что в данном случае рассматриваются только явления, не вписывающиеся в естественный миктический режим водоема. Примером нарушений миктического типа может служить возникшее в результате человеческой деятельности перемешивание поверхностных и глубинных вод в период летней стратификации в водоемах умеренной зоны.

[124]Например, нарушением могут быть затронуты только верхние слои водной толщи. Существует также особый тип частичного нарушения стратификации вод, когда в результате использования трубопроводов, по которым вода поднимается с глубины («искусственный апвеллинг») или происходит закачка поверхностных вод в глубинные слои («искусственный даунвеллинг»), смешиваются воды несоприкасающихся слоев. При этом стратификация в толще вод между ними может сохраняться.

➢***Нарушение стратификации вод хорического типа.*** К этому типу нарушений можно отнести те случаи, когда в результате человеческой деятельности водная масса меняет свое пространственное положение и под воздействием другого сочетания внешних факторов, в новом местоположении трансформируется в водную массу, обладающую иными свойствами. Например, после подъема к поверхности глубинной водной массы, не сопровождающегося перемешиванием с поверхностными водами, увеличение уровня инсоляции и контакт с атмосферным воздухом неминуемо приведут к изменению основных физико-химических и биотических параметров этой водной массы. Аналогичные по своей экологической значимости изменения водной среды наблюдаются и при опускании поверхностной водной массы в афотическую зону.

➢***Подавление миксии***, приводящее к искусственному увеличению продолжительности периода стратификации. Подобные процессы, обусловленные тепловым загрязнением поверхностного слоя водных объектов, ранее уже рассматривалось нами при анализе процессов техногенеза в водоемах-охладителях АЭС и ТЭС (см. раздел 3.2.2.2).

Рассмотрим два первых типа нарушения режима стратификации. Как показывает анализ имеющихся данных, последствия нарушений стратификации как миктического, так и хорического типов могут носить длительный ступенчатый характер (Безносов, 1998б; 2000в; Безносов, Суздалева, 2000). Каждая фаза этих процессов обладает своей спецификой.

Непосредственно в момент нарушения стратификации вод может произойти существенное изменение физико-химических условий среды (температуры, концентрации растворенного кислорода и др.). В результате этого организмы различных групп водной биоты в той или иной мере испытывают негативное воздействие (Безносов, 2000б), которое, в ряде случаев, может вызвать даже массовую гибель гидробионтов.

Характер воздействия миктических нарушений на представителей водной биоты зависит, прежде всего, от степени различия физико-химических свойств смешивающихся водных

масс. Например, в экспериментах, имитирующих условия нарушения миктического типа на Черном море, добавление в поверхностный слой воды непосредственно из-под нижней границы сезонного термоклина (30м) вызывало значительно меньший процент гибели организмов мезозоопланктона и мальков рыб, чем добавление воды из более глубоких слоев, имевшей значительно более низкую температуру (Безносов, 2000в).

При нарушениях стратификации хорического типа планктонные организмы переносятся в другую часть водной толщи вместе со «своей» водной массой. В этом случае трансформация абиотических условий носит, в целом, относительно плавный характер. Для организмов бентоса и перифитона изменение условий при нарушении хорического типа происходит значительно быстрее. Это связано с тем, что их жизненное пространство представляет собой местообитание, фиксированное на определенном участке дна. В отличие от пелагических организмов, эти формы сразу попадают из одной водной массы, где они обитали, в другую, с отличающимися от нее условиями. Они как бы «затапливаются» чуждой им водной массой. В связи с этим негативный эффект воздействия нарушений хорического типа на бентос и перифитон может быть более значимым (Безносов, 2000в).

Следующим этапом является возникновение новой водной массы в результате нарушения стратификации. Организмы, пережившие стрессовую ситуацию, оказываются в среде, часто существенно отличающейся от обычной среды их обитания. Иногда эта среда более благоприятна для их развития. Например, происходящее в результате нарушения стратификации обогащение поверхностных вод соединениями азота, фосфора и других биогенных элементов (т.е. дестратификационное эвтрофирование) может вызвать интенсивное «цветение» фитопланктона (Суздалева и др., 1998/1999; Безносов, 1999). В морских водоемах в результате подобных явлений возможно возникновение «красных приливов». Эти явления зачастую не только сопровождаются массовой гибелью водных организмов, отравленных выделениями водорослей, но и представляют серьезную

опасность при купании для здоровья человека (Anderson et. all., 2001). Обогащение поверхностного слоя биогенами из более глубоких горизонтов водоема может также вызвать значительное увеличение роста некоторых макрофитов (Безносов, 2000б). Однако дестратификация водной среды, как и любое другое значительное изменение условий среды обитания организмов, приводит к разрушению структурно-функциональной организации пелагической экосистемы. В частности, нарушает баланс продукционно-деструкционных процессов, что, в свою очередь, может обусловить многократное увеличение интенсивности осадконакопления (Безносов, 2000г). В результате при нарушении стратификации вод в верхней части водной толщи значимые негативные воздействия могут испытывать, например, обитатели глубинных участков дна моря. Так, оседание значительного количества органической взвеси и ее последующее бактериальное разложение могут привести к ухудшению кислородного режима в придонных слоях и развитию сероводородного заражения. Если эти явления были спровоцированы человеческой деятельностью в поверхностных горизонтах моря, то их можно рассматривать как своеобразную разновидность косвенного дистанционного техногенеза.

Таким образом, гибель организмов при нарушениях стратификации вод может быть обусловлена двумя разнородными категориями причин. Во-первых, это гибель организмов непосредственно в момент нарушения стратификации, из-за резкого изменения физико-химических условий среды (температуры и др.). Во-вторых, это негативное воздействие различных факторов в процессе последующей трансформации структурно-функциональной организации водной экосистемы, затронутой этим нарушением.

Следует отметить, что при достижении достаточно больших масштабов дестратификационное эвтрофирование и обусловленный им дисбаланс продукционно-деструкционных процессов могут повлиять на ход биогеохимического цикла углерода и тем самым обусловить изменения климата (Безносов, 1998а). Ряд палеонтологических и геологических данных указывает на то, что именно крупномасштабные нарушения

стратификации морских бассейнов, возникавшие вследствие различных катаклизмов, вызывали изменения глобального климата в геологическом прошлом (Безносов, 1998в). Таким образом, искусственная дестратификация вод по достижению определенных масштабов (которые уже сейчас наблюдаются в ходе некоторых видов человеческой деятельности (Безносов, Железный, 2000), может стать причиной крупномасштабного биохимического и климатического техногенеза и обусловить деградацию участков биосферы, многократно превышающих по площади участки дестратификации вод. По аналогии с естественным явлением (временным снижением интенсивности Перуанского апвеллинга и обусловленных им климатических изменений, наблюдаемых в тысячах километрах от него), подобные явления уже получили в литературе название «эль-ниньо» (Пшеничный, Безносов, 2006). Хотя правомерность распространения данного термина, обозначающего природное явление, на процессы техногенеза и вызываемой им деградации вызывает сомнения.

Антропогенные нарушения режима стратификации водоемов не исчерпываются нарушением вертикальной структуры их водных масс. Нежелательные экологические последствия могут наблюдаться и при искусственном увеличении продолжительности периода стратификации в миктических водоемах[125]. Эти явления также можно рассматривать как разновидность антропогенных нарушений режима стратификации природных водоемов. Данный вид нарушений достаточно часто наблюдается в водоемах, подверженных термальному загрязнению, например, в водоемах-охладителях атомных и тепловых электростанций. Естественный процесс

[125]По естественной периодичности этих процессов водные объекты подразделяются на несколько категорий (Константинов, 1972) «мономиктические» (перемешивание вод которых происходит 1 раз в год); «димиктические» (характерные для умеренной зоны, перемешивание вод которых происходит при изменении температуры среды в осенний и весенний периоды) и др. Особый случай представляют собой «меромиктические водные объекты», у которых периодически перемешивается только верхняя часть водной толщи (также периодически стратифицированная). Примером меромиктических водных объектов является Черное море, в нижних слоях которого, вследствие подобного режима стратификации (меромиксии), произошло накопление сероводорода, сделавшее невозможным существование на большей части его дна высокоорганизованных организмов.

осеннего перемешивания водной толщи происходит в результате понижения температуры поверхностных вод. Как правило, теплые воды, сбрасываемые из системы охлаждения АЭС или ТЭС, распространяются в поверхностном горизонте водной толщи, не затрагивая более глубоких слоев. В результате возникает совершенно особый вид нарушения режима стратификации вод, для обозначения которого нами ранее был предложен термин «термотехногенная стратификация», т.е. увеличение продолжительности периода стратификации в результате техногенного подогрева поверхностного слоя воды (Суздалева, Безносов, 1999). В случае дальнейшего развития этих явлений в водоеме может возникнуть особый вид меромиксии, который можно назвать «термотехногенной меромиксией», подразумевая под ним полное подавление миктических процессов в холодное время года.

Как показали результаты проведенных исследований (Суздалева, Безносов, 1999; Суздалева и др., 2000), практически во всех случаях искусственное удлинение периода стратификации вызывает существенное изменение абиотических и биотических условий. В частности, наблюдается заметное ухудшение кислородного режима в придонных слоях воды. В нижней части Десногорского водохранилища, в котором в теплые зимы наблюдается явление термотехногенной меромиксии, содержание кислорода в отдельные периоды опускается до аналитического нуля. Появляются признаки сероводородного заражения придонных вод. В результате организмы мезозоопланктона в гиполимнионе этой части водохранилища практически полностью отсутствуют. Большинство видов фитопланктона находится в плохом физиологическом состоянии.

Таким образом, различные нарушения режима стратификации морских и континентальных водоемов могут вызвать целый комплекс нежелательных экологических последствий. В настоящее время эти явления можно рассматривать как важный аспект антропогенного воздействия на окружающую среду, который должен учитываться при оценке экологической безопасности различных видов

человеческой деятельности, связанной с эксплуатацией водных ресурсов.

5.2.6. Развитие в водных объектах патогенных организмов

Посредством водной среды происходит распространение возбудителей многих паразитарных и инфекционных заболеваний (Григорьева, 1975; Беэр и др., 1999). Многие из них, а также их переносчики, развиваются в ней. Именно неудовлетворительное санитарно-эпидемиологическое состояние водных объектов накладывает временные или постоянные ограничения на их использование (водохозяйственное, рекреационное). Таким образом, в соответствии с приведенным ранее определением термина «деградация» (см. раздел 5.1), этот фактор также можно рассматривать как одну из основных причин деградации водных объектов.

Ухудшение санитарно-экологической обстановки в водоемах и водотоках вызывается не только отсутствием их надлежащего инженерно-экологического обустройства и высокой плотностью населения на окружающей территории (водосборном бассейне). Существенное влияние может также оказать и тепловое загрязнение этих водных объектов, обусловливающее возможность так называемого «вторичного роста» (т.е. размножения) патогенных организмов в водной среде, рассмотренного нами в разделе 3.2.2.2.

Ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки в водных объектах может наблюдаться и в ходе дальнейшего развития парникового эффекта (Vorosmarty et al., 2000). Это может быть обусловлено рядом разнородных процессов:

✓развитие парникового эффекта сопровождается увеличением частоты паводков и наводнений. Например, можно представить, что может произойти при размыве берегов некоторых малых водных объектов г.Москвы, которые в течение многих лет практически формировались из мусора или загрязнены отложениями, образовавшимися в результате сброса нечистот;

✓другой аспект парникового эффекта – возникновение засушливых периодов. При пересыхании небольших водных

объектов, находящихся в неблагополучном санитарно-гигиеническом состоянии, происходит резкое увеличение загрязнения воздуха пылевыми частицами с возбудителями кишечных инфекций (Эльпинер, 2003);

✓возбудители ряда инфекционных и паразитарных заболеваний по мере развития парникового эффекта могут оказаться в более благоприятных для их развития климатических условиях (возможность рассмотренного выше «вторичного роста»).

5.2.7. Изменение характера водосборного бассейна

Состояние водных объектов в определенной степени является отражением экологического состояния территории их водосборного бассейна. Значительная часть агентов химического загрязнения среды, первоначально попадая в атмосферу или в почву, в конечном итоге поступает в водные объекты.

Особую важность этот фактор приобретает по мере развития процесса урбанизации. Деградация городских водоемов на современном этапе часто происходит не вследствие их загрязнения, источники которого контролируются, а в результате коренного изменения характера водосборного бассейна. В контексте основной проблемы, рассматриваемой в монографии, данный процесс можно описать как ***косвенный дистанционный техногенез***.

Для малых городских водных объектов наибольшее значение для развития процессов деградации имеет фактор урбанизации водосборного бассейна (см. раздел 3.2.4.2). Поэтому неоднократно высказывались идеи об организации экологического мониторинга городов на основе оценки состояния малых городских рек (Толстихин, 2000; Калабеков, 2003), гидрохимические показатели которых дают общее представление о состояния водосборного бассейна в целом, а также отдельных его участков. Очевидно и то, что план экологической реабилитации малых городских водных объектов должен включать исследование водосборных бассейнов с целью установления источников загрязнения вод поверхностного стока. Как показали результаты проведенных нами исследований, поверхностный смыв в некоторых случаях может

являться основным источником загрязнения городского водного объекта. Содержание в нем загрязняющих веществ может превышать таковое в сточных водах (Демин, 2000; Митяева, 2013).

Однако определение факторов, влияющих на состав терригенного смыва, на практике представляет собой еще более сложную задачу, чем выявление стоков, впадающих в данный водный объект. Воды, поступающие с городской территории, формируются в результате воздействия многих факторов и подвергаются загрязнению на различных участках своего продвижения к водоему. Поэтому идентификация источника их загрязнения, необходимая для принятия действенных мер, часто затруднена. Кроме того, устойчивые загрязнители могут накапливаться в водоемах в течение длительного срока, и их содержание в воде иногда не отражает современного характера загрязнения территории водосборного бассейна. Наконец, следует учитывать и то, что значительная часть загрязнителей ливневого стока может поступать из атмосферных выпадений. Следовательно, источник загрязнения вод поверхностного смыва может находиться за пределами водосборного бассейна, в котором данный смыв формируется. Концентрация аэрозолей в воздухе в среднем для промышленного города составляет 147000 частиц в одном литре, тогда как для сельской местности – всего 9500 (Howe, Bower, 1970). Смыву загрязнителей с урбанизированной территории в водные объекты в значительной мере способствует экранирование ее поверхности асфальтобетонными и другими водонепроницаемыми покрытиями (Янин, 2002). При этом в течение длительного времени проблеме загрязнения водных объектов поверхностным смывом должного значения не придавалось. Воды, поступающие через уличные ливнеспуски, относились к категории условно чистых. Вместе с тем, суммарное количество загрязнений, поступающих в водоприемники за счет поверхностного стока с урбанизированной территории, может составлять 8-15% от загрязнения хозяйственно-бытовых вод, формирующихся на этой же площади (Куприянов, 1977).

Высказывается мысль о том, что при оценке влияния на водные объекты изменения характера их водосборного бассейна

следует учитывать и некоторые последствия парникового эффекта (например, изменение нормы осадков) (Hartley et al., 1994).

5.2.8. Истощение водных объектов и изменение водности речных систем

Согласно, определению, данному в статье 1 Водного кодекса РФ (от 03.06:2006 г. №74-ФЗ), «истощение вод – постоянное сокращение запасов и ухудшение качества поверхностных и подземных вод». Очевидно, что в данном случае под поверхностными водами подразумеваются запасы пресных вод, сосредоточенные в континентальных водных объектах. В широком смысле значение термина «истощение вод» близко к содержанию понятия «деградация водного объекта». Но чаще данный термин понимается более конкретно как сокращение водных ресурсов, доступных для использования. Именно в этом смысле мы будем использовать его в ходе дальнейшего обсуждения проблем деградации водных объектов. Истощение водных объектов может происходить как в результате человеческой деятельности, так и в силу климатических изменений. Однако на современном этапе все более важным фактором формирования климата (в т.ч. нормы осадков) становится парниковый эффект, представляющий собой ни что иное, как одно из проявлений глобального техногенеза биосферы. Таким образом, провести четкую грань между естественным и техногенным истощением водных объектов можно далеко не во всех случаях.

«Водность – это относительная характеристика стока за определенный интервал времени по сравнению с его средней многолетней величиной или величиной стока за другой период того же года» (ГОСТ 19179-73 «Гидрология суши. Термины и определения», пункт 67). Водность речных систем подвержена как флуктуациям, так и трендовым изменениям. На современном этапе, в связи с развитием парникового эффекта и сопутствующим ему перераспределением нормы осадков между различными регионами, последние приобретают всю большую значимость. При этом с экологической, санитарно-эпидемиологической и социальной точек зрения в одинаковой

степени катастрофично как значительное снижение водности, так и ее увеличение (Эльпинер, 2003; 2009).

Очевидно, что истощение водных объектов и изменение водности речных систем по своей природе представляют различные процессы. Вместе с тем, их экологические и социальные последствия близки по своему характеру (например, нарушение работы водоочистных сооружений, увеличение инфекционных заболеваний, невозможность осуществления традиционного землепользования и др.). Они могут быть вызваны одним и тем же комплексом видов человеческой деятельности (например, способствующих развитию парникового эффекта). При разработке мер по предотвращению деградации водных объектов явления «истощение водных объектов» и «изменение водности» могут рассматриваться в рамках возможного комплексного решения обеих проблем (переброска избыточного стока для пополнения истощенных водных систем).

Кроме того, при исследовании проблем деградации гидросферы **«истощение водных объектов» и «изменение водности» можно рассматривать как один фактор – «изменение объема доступных ресурсов пресных вод и их качества»,** имеющий одни и те же экологические, социальные и медико-санитарные последствия (Эльпинер, 2003, 2009).

Данные явления приобретают всю большую значимость, чему способствует ряд факторов:

✓рост народонаселения и соответствующий рост потребности в питьевой воде, а также пресной воде для удовлетворения иных целей (полива сельскохозяйственных культур и др.);

✓увеличивающееся негативное воздействие на водные объекты, снижающее их качество до уровня, ограничивающего их использование как источников водоснабжения;

✓развитие парникового эффекта, сопровождающееся изменением баланса компонентов гидросферы и перераспределением нормы осадков между различными регионами.

Среди случаев деградации, обусловленных истощением водных объектов, наиболее известен феномен Аральского моря (Эльпинер, 2009). Деградация окружающей среды достигла

здесь регионального, а по некоторым последствиям (атмосферный перенос аэрозолей во время периодических пыле-солевых бурь) и межрегионального масштабов. Однако более опасным явлением, обусловленным истощением водных объектов, на наш взгляд, представляется постоянно растущий дефицит ресурсов пресных вод. Особенно остро стоит проблема нехватки питьевой воды. К 2030 году число людей, подвергающихся риску дефицита воды, может достигнуть 1,7 млрд, а в начале 2030-х годов – 2 млрд. (Салохиддинов и др., 2013). Одновременно высказываются и оптимистические мысли о возможных путях решения данной проблемы путем повсеместного внедрения новых технологий водосбережения и экономного водопользования к началу 2040-х годов. Реализация подобных планов – это ни что иное, как углубление техногенеза водных объектов и повсеместное превращение водных систем в управляемые ПТС.

Вместе с тем, согласно тем же источникам, общая численность населения мира к 2034 году составит около 8 млрд, в начале 2050-х – 9 млрд и далее – более 10,46 млрд (Салохиддинов и др., 2013). Высказываются вполне обоснованные опасения, что рост населения в развивающихся странах сведет на нет все предпринимаемые усилия. Спрос на воду в этих странах уже в ближайшие 20 лет может увеличиться на 50% (по сравнению с 2011 г.). Прогнозируется, что более 40% стран, входящих в данную группу и расположенных в Экваториальной Африке и Азии, могут столкнуться с серьезным дефицитом пресной воды к 2020 г. Не вызывает сомнений, что подобные события повлекут за собой экологические и социальные кризисы небывалого масштаба. Кратко резюмировать приведенные выше суждения и данные можно следующим образом – избежать катастрофических последствий дефицита пресных вод можно только в том случае, если темпы мер по предотвращению деградации водных объектов в этих регионах (на основе создания региональных управляемых ПТС) будут опережать по времени наступление катастрофического кризиса водопользования.

Понижение водности речных систем по своим экологическим и социальным последствиям принципиально не отличается от

истощения водных объектов. В тех случаях, когда это явление связано с человеческой деятельностью (например, чрезмерным забором воды из рек в ирригационные системы) оно представляет собой разновидность истощения водного объекта.

Однако повышение водности речных систем (например, вследствие развития парникового эффекта) может привести к деградации водных объектов в не меньших масштабах, чем их истощение. Возможные последствия таких событий не имеют в глазах современного общества той остроты, какую приобретает проблема дефицита питьевой воды. Катастрофичные явления подобного рода пока воспринимаются как «отдельные» случаи сильных наводнений. Однако частота и сила подобных событий постоянно возрастает и эта тенденция, скорее всего, продолжится в будущем (Осипов, 2009). Предполагается, что к началу 2040-х годов площадь земель в дельтах рек, уязвимых к серьезным затоплениям, возрастет на 50% (Салохиддинов и др., 2013). При этом следует вспомнить, что именно в этих районах в развивающихся странах, испытывающих дефицит не только воды, но и пищевых продуктов, сосредоточена значительная часть сельскохозяйственного производства.

Избыточное увеличение водности речных бассейнов приведет и к водохозяйственной деградации обширных регионов в прямом смысле этого понятия (Эльпинер, 2009). Нарушится работа большинства систем водоснабжения и канализации. При затоплении и размыве некоторых наземных объектов (свалок, захоронений, отстойников очистных сооружений и др.) неминуемо произойдет резкое увеличение уровня химического и биологического (вирусно-бактериального) загрязнения вод, в т.ч. попадание в них возбудителей инфекционных заболеваний. Как это ни странно звучит для неспециалиста, но одной из главных проблем населения в периоды наводнений является дефицит пресной воды. Выход из строя систем водоочистки в совокупности с неудовлетворительным санитарно-эпидемиологическим состоянием вод ограничивает возможность их использования в бытовых и, особенно, в питьевых целях. Игнорирование или невозможность соблюдения этих запретов может привести к катастрофическим последствиям. Например, в средневековом

Китае количество жертв крупных наводнений измерялось десятками тысяч, но еще больше людей гибло в последующий период вследствие вспышек эпидемий, обусловленных этими наводнениями (Дэвис, 1997).

В современных условиях комплексное решение проблемы деградации водных объектов, обусловленной их истощением и изменением водности, видится в искусственном межбассейновом и межрегиональном перераспределении речного стока, т.е. в организации антирек в широком понимании данного термина (см. раздел 3.2.3). Дальнейшее развитие этой тенденции, на наш взгляд, неизбежно. Она может реализовываться двумя путями. Первый из них, доминирующий в настоящее время, – это осуществление отдельных региональных проектов, исходя из национальных (или региональных) интересов, который рано или поздно вызовет (и уже вызывает) напряженность в международных (межрегиональных) отношениях. Помимо ранее упоминавшихся проектов китайских антирек, затрагивающих интересы приграничных территорий РФ, в качестве примера можно упомянуть и нарушение Суданом «Водного соглашения» по р.Нил[126] в форме строительства в верхней части его бассейна новой ГЭС «Мероэ».

Второй путь – это создание цивилизованного рынка ресурсов пресных вод, организованного при взаимном учете экономических и экологических факторов. Такое решение проблемы истощения водных объектов и регулирования водности речных систем, в конечном счете, согласуется с базовыми принципами принятой ООН концепции «устойчивого развития» (Повестка дня…, 1992). При отказе от данного подхода острота социальных и политических вопросов, обусловленная дефицитом пресных вод, заставит решать эти проблемы не только без учета интересов будущих поколений, но и в условиях конфликтного игнорирования и/или нарушения интересов других стран.

[126]Согласно ему, каждая из стран, по территории которых протекает р.Нил, имела определенную квоту на использование стока реки.

В заключение следует отметить, что в определенной мере проблема дефицита ресурсов пресной воды (истощения водных объектов) может быть решена на основе организации промышленного опреснения морских вод. Вместе с тем, все случаи использования данной технологии в крупных масштабах, несомненно, должны рассматриваться как проекты, представляющие собой не меньшую потенциальную экологическую опасность, чем антиреки. Кроме того, развитие этой формы техногенеза окружающей среды на определенном этапе также потребует ее включения в международный рынок ресурсов пресных вод вместе с налагаемыми при этом экологическими требованиями.

5.3. Основные этапы процесса деградации

Обобщение материалов, полученных при исследовании явлений антропогенной (техногенной) деградации, свидетельствует о том, что состояние любых водных объектов, вне зависимости от их генезиса, вида, масштабов и местоположения можно рассматривать как одну из фаз закономерно протекающего процесса (Горюнова, 2006; Горюнова и др., 2009). Каждая из них характеризуется определенным уровнем использования водного объекта человеком для удовлетворения своих потребностей и одновременно набором методов (табл. 5.1), применение которых позволяет предотвратить дальнейшее развитие процесса деградации и поддерживать экологическое состояние на приемлемом уровне.

Таблица 5.1. **Общая схема развития процесса антропогенной деградации водных объектов**

Фаза деградации	**Основные признаки**	**Технико-эксплуатационные характеристики водного объекта**	**Рекреационная значимость**	**Рекомендуемые мероприятия по предотвращению деградации**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Равновесная фаза	Качество вод приемлемое (удовлетворяет нормативам). Устойчивых изменений в видовом составе сообществ и структуре экосистемы не наблюдается	Вода может использоваться для питьевых и производственных целей	Рекреационно-значимый объект	Охрана Защита
Антропогенно-напряженная фаза	Спорадическое ухудшение качества воды. Устойчивое снижение численности хозяйственно-ценных видов			Консервация Реконструкция Реставрация
Кризисная фаза	Периодическое ухудшение качества водной среды. Изменение структуры водных сообществ в сторону доминирования наиболее толерантных форм	Возрастает интенсивность образования биопомех	Рекреационная значимость поддерживается специальными мероприятиями	Экологическая реабилитация

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5
Катастрофическая фаза	Неудовлетворительное качество вод. Постепенное разрушение структурно-функциональной организации экосистемы	Биопомехи затрудняют эксплуатацию	Рекреационно-малозначимый объект	Превращение водного объекта в природно-техногенную систему с регулируемым качеством вод
Фаза развития чрезвычайной экологической ситуации	Резкое снижение биоразнообразия. Существование водного объекта представляет опасность для здоровья населения.	При использовании водного объекта в производственных целях возникает угроза техногенной ЧС	Рекреационно-незначимый объект	
Фаза экологического коллапса	Восстановление водного объекта в приемлемом состоянии, соответствующем санитарно-эпидемиологическим и водохозяйственным нормативам, практически неосуществимо			Ликвидация Создание имитационного водного объекта

Под приемлемым состоянием в данном случае имеется в виду возможность удовлетворения тех или иных потребностей человека. То есть этот вопрос рассматривается нами с антропоцентристских позиций (см. раздел 5.1). В случае с водными объектами рекреационного назначения – это тот или иной уровень рекреационной значимости, в случае с водоемом-охладителем АЭС – это необходимость поддержания так называемых «эксплуатационных параметров», обеспечивающих безаварийную работу системы техводоснабжения атомной электростанции. Здесь еще раз следует подчеркнуть отсутствие антагонизма между использованием антропоцентристского и экоцентристского подхода к решению проблем. Одна из главных потребностей человека – потребность в благоприятной среде. Удовлетворение ее без сохранения биоразнообразия водных объектов и структурно-функциональной организации их экосистем невозможно. Более того, как показывает практика правоприменения как российского, так и международного экологического законодательства, экологические проблемы успешно решаются только в том случае, если проблемы деградации окружающей среды рассматриваются как нарушение законных прав людей (права на благоприятную среду, затруднения при получении различных «экосистемных услуг» и др.), а не только как разрушение среды обитания организмов) (Руководства…, 2012). Связано это с тем, что законодательные акты регулируют только общественные отношения (то есть отношения между людьми) по поводу использования окружающей среды, в том числе при возникновении затруднений для использования этой среды для жизни человека, т.е. ее деградации. Взаимоотношения человека с природой в законодательных актах не рассматриваются, поскольку ни природа в целом, ни ее отдельные компоненты не могут являться субъектами права.

Конвергентность развития деградирующих поверхностных водных объектов (см. раздел 5.1) дает возможность разработать общую схему данного процесса, пригодную для всех их видов. Вместе с тем необходимо сделать некоторые пояснения, касающиеся особенностей развития процесса деградации водных объектов, имеющих искусственное происхождение.

Если все природные водоемы и водотоки когда-то находились в «равновесной фазе»[127], то искусственные водные объекты в большинстве случаев изначально возникают, уже находясь на определенной стадии антропогенной деградации, как правило, «кризисной». Характерной чертой водных объектов в данной фазе является то, что без осуществления целенаправленных мероприятий их состояние неминуемо ухудшается. Примером может служить большинство водохранилищ. При нарушении работы гидроузлов без проведения инженерно-технических мероприятий водохранилища постепенно деградируют, превращаясь в болотные массивы (Широков, Лопух, 1986).

Некоторые малые городские водные объекты могут даже изначально возникать в состоянии «экологического коллапса» (Горюнова и др., 2007). Очевидно, что в подобном суждении содержится некоторое противоречие. Коллапс – это финальная и необратимая стадия деградации. Однако в данном случае использование этого понятия означает, что водный объект не подлежит восстановлению в качестве водоема, обладающего водохозяйственным потенциалом, рекреационной значимостью или каким-либо иным полезным свойством, а его обустройство может заключаться только в ликвидации. Подобное несколько расширенное толкование экологического коллапса, с одной стороны, не противоречит сути данного явления, а с другой – позволяет включить подобные объекты в общую схему процесса антропогенной деградации и унифицированные программы по ее предотвращению.

С учетом приведенных выше замечаний, **состояние любых водных объектов**, вне зависимости от их генезиса, вида, масштабов и местоположения, **можно рассматривать как одну из следующих фаз антропогенной деградации** (в крупных водных объектах можно выделять локальные зоны, находящиеся на разных фазах антропогенной деградации):

❖**Равновесная фаза.** Интенсивность процессов самоочищения и самовосстановления полностью компенсирует антропогенное воздействие. Постоянные источники загрязнения

[127]Как будет показано ниже, это состояние водных объектов мы рассматриваем как своеобразную точку отсчета начала процесса деградации, т.е., по сути, его отсутствие.

и ухудшения качества вод не обнаружены. Трансформации характера берегов и дна водного объекта не происходит. По данным экологического мониторинга, никаких устойчивых трендов гидрохимических и гидробиологических показателей, указывающих на ухудшение экологического состояния на протяжении ряда лет (5-10), не наблюдается.

❖**Антропогенно-напряженная фаза.** В результате увеличения антропогенной нагрузки спорадически (относительно редко и без определенной периодичности) наблюдаются изменения гидрохимических и микробиологических показателей, свидетельствующие об ухудшении качества водной среды. Отмечается достоверное снижение численности отдельных видов. Вместе с тем, каких-либо значимых изменений в структурно-функциональной организации водных экосистем не происходит.

Водные объекты, находящиеся в антропогенно-напряженной фазе, могут обладать высокими рекреационной значимостью и видеоэкологическим потенциалом без создания специальных систем их инженерно-экологического обустройства, то есть без проведения специальных технических мероприятий, направленных на поддержание экологически приемлемого состояния водной среды. Их воды могут использоваться в качестве источника питьевой воды.

❖**Кризисная фаза.** Процессы самоочищения и самовосстановления в отдельные периоды не справляются с антропогенной нагрузкой, в результате чего происходит периодическое ухудшение качества водной среды. Наблюдаются изменения в качественном и количественном составе водных биоценозов, но снижения биоразнообразия не происходит. При анализе данных экологического мониторинга обнаруживаются тренды ряда гидробиологических показателей, свидетельствующие о постепенной трансформации структуры водной экосистемы (***экологической деградации***). Весьма характерно повышение уровня первичной продукции и численности альфа-мезосапробов.

Принципиального изменения рекреационной значимости водного объекта еще не происходит, однако в отдельные

периоды купание в нем и забор воды в питьевых целях может представлять опасность для здоровья людей.

Улучшение экологического состояния может быть достигнуто путем осуществления простейших водоохранных и реабилитационных мероприятий (например, расчистки дна от наносов или прекращения сброса в них нечистот).

❖**Катастрофическая фаза.** Наблюдается постоянное неудовлетворительное качество вод, которое, в соответствии с нормативами и стандартами, можно отнести к категории загрязненных, что является примером выраженного ***физико-химического техногенеза*** водной среды. Происходит существенная перестройка водных сообществ, сопровождающаяся падением биоразнообразия (***биотический техногенез***). При этом, с одной стороны, отмечается резкое снижение численности или даже исчезновение наиболее чувствительных к загрязнению видов (олигосапробов), с другой стороны, для катастрофической фазы весьма характерны вспышки развития отдельных оппортунистических видов (цветение фитопланктона, зарастание макрофитами)[128]. Часто наблюдается дисбаланс продукционно-деструкционных процессов и, как следствие, вторичное загрязнение вод.

Социальная привлекательность и рекреационный потенциал водного объекта в значительной мере утрачиваются. Купание представляет опасность для здоровья. Забор воды для хозяйственно-бытовых целей нежелателен. Иными словами, на данной фазе отмечается ***водохозяйственная, рекреационная и видеоэкологическая деградация*** (см. раздел 5.1).

В системах техводоснабжения, забор воды для которых осуществляется из данного водного объекта, возникают серьезные биопомехи (образование биопленки, забивка водоводов, интенсификация накипеобразования и др.) (Суздалева и др., 2004).

Реальное улучшение экологической ситуации может быть достигнуто только путем целенаправленного инженерно-экологического обустройства водного объекта (экологической

[128]В предшествующих главах это явление описывалось нами как «модифицирующий механизм техногенеза» (см. раздел 2.1).

реабилитацией). Без этого, при условии значительного ограничения антропогенной нагрузки, восстановления приемлемой экологической ситуации можно ожидать только через длительный период времени (не менее нескольких лет)

❖**Фаза развития чрезвычайной экологической ситуации.** Определение понятия «чрезвычайная экологическая ситуация» в действующих законодательных актах отсутствует[129]. Содержание данного термина раскрывается только в некоторых подзаконных ведомственных актах. Так, в руководящем документе Росгидромета РФ (РД 52.24.635-2002 «Проведение наблюдений за токсическим загрязнением донных отложений в пресноводных экосистемах на основе биотестирования», раздел 3) указывается: «***Чрезвычайная экологическая ситуация – экологическое неблагополучие, характеризующееся устойчивыми отрицательными изменениями окружающей среды и представляющее угрозу для здоровья населения***». Аналогичное определение приведено в Своде правил Госстроя России (СП 11-102-97 «Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-экологические изыскания для строительства», пункт 2.4). Таким образом, важнейшим признаком чрезвычайной экологической ситуации является создание компонентом окружающей среды угрозы для здоровья человека. Этим признаком мы и руководствовались при выделении данной фазы процесса деградации. То есть данный этап начинается с того момента, когда гидрохимические и санитарно-микробиологические показатели указывают на то, что водный объект создает опасность для здоровья людей, проживающих на окружающей территории. В соответствии с действующим законодательством РФ, органы Государственного санитарно-эпидемиологического надзора обязаны вынести предписание об ограничении доступа к водному объекту.

Забор воды нежелателен даже для технических целей и может продолжаться только при угрозе возникновения техногенных аварий.

---

[129]Развернутое определение данного понятия приводилось в статье 58 отмененного ФЗ «Об охране окружающей природной среды» (от 19.12.1991 г. № 2060-1). Это определение было взято за основу и при разработке цитируемых в данном разделе РД 52.24.635-2002 и СП 11-102-97).

Водные сообщества состоят только из форм, способных переносить высокий уровень загрязнения.

Без специальных мероприятий восстановление приемлемого экологического состояния невозможно даже при ограничении (прекращении) загрязнения данного участка.

❖**Экологический коллапс** – водный объект не подлежит восстановлению как водоем или водоток, экологическое состояние которого можно оценить как приемлемое. Возможно только создание на его месте так называемого «имитационного» водоема (см. разд. 2.2), представляющего особой техногенный объект, лишь внешне напоминающий утраченный водный объект или его отдельный участок (Безносов и др., 2007в).

В определенной мере ситуация в таком водном объекте может рассматриваться ***как случай*** так называемого ***«экологического бедствия».*** В цитированном выше СП 11-102-97 (пункт 2.5) содержится следующее определение: «Зона экологического бедствия» – часть территории, где в результате хозяйственной или иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия, разрушение естественных экологических систем, деградацию флоры и фауны». В данном случае также отмечается необратимость наблюдающихся явлений. Однако, на наш взгляд, для обозначения водного объекта на этой фазе деградации больше подходит термин «экологический коллапс».

Как правило, водные объекты, находящиеся в состоянии коллапса, представляют собой опасность для здоровья населения, но если они имеют относительно небольшой масштаб, рассматривать их как «экологическое бедствие» – неправомерно.

5.4 Оценка состояния деградирующих водных объектов

Основой любой оценки является выбор критериев, обладающих достаточной степенью информативности, т.е. всесторонне и адекватно отражающих состояние предмета.

Причины негативных явлений, приводящих к утрате используемых человеком свойств водных объектов, по своей природе могут быть весьма различны, еще более многочисленны критерии, на основании которых можно судить об их деградации (Федоров, 2004б). Причем большинство из таких критериев отражают только один из аспектов деградации. Например, известны случаи, когда культурно-историческая ценность водных объектов снижалась (или даже полностью утрачивалась) в результате мероприятий по улучшению их санитарного состояния. Таким образом, единых критериев оценки столь широкой совокупности явлений, которые могут рассматриваться как антропогенная деградация (согласно определению, данному в заключительной части раздела 5.1) принципиально быть не может.

Вместе с тем, необходимость разработки унифицированной системы оценки процесса деградации водных объектов, позволяющей обосновать и конкретизировать характер мер по улучшения состояния водных объектов, очевидна.

Объединить совокупность разнородных критериев, характеризующих отдельные аспекты процесса деградации, в единую систему можно на основе их ранжирования и балльной оценки, которая представлена в таблице 5.2. Предлагаемая методика может быть использована для оценки небольших водоемов в целом или отдельных участков более крупных водных объектов. Она может быть модифицирована, исходя из специфики оцениваемых объектов. Так, ранее нами была разработана версия, адаптированная для оценки малых городских водных объектов (Горюнова, 2006). Однако **методология процедуры оценки** в данном случае **должна быть сохранена**. В этой связи **необходимо сделать** некоторые **пояснения относительно** общих принципов выбора и использования **оценочных критериев:**

❖**Деградация** водных объектов далеко **не всегда включает все** возможные **аспекты данного процесса**, поэтому некоторые, исходя из их малозначимости, целесообразно исключить[130]. Так,

[130]В противном случае они могут «маскировать» роль более значимых аспектов деградации при выработке комплексной оценки данного процесса.

водный объект может не обладать культурно-исторической ценностью или значимым рыбохозяйственным потенциалом. Однако включение в диапазон балльной оценки нулевого значения какого-либо критерия затруднило бы дальнейшую обработку этих данных (например, использования ГИС-технологий для отображения оценки состояния группы деградирующих водных объектов). По этой причине отсутствию (или малозначимости) определенного аспекта деградации присваивается минимальный балл – «1». Таким образом, одно и то же значение критерия присваивается и в том случае, когда по данному аспекту водоем находится в благополучном состоянии, и в том случае, когда этот же аспект из оценки исключается. Например, при оценке водохозяйственной деградации 1 балл присваивается и «водному объекту, используемому для бесперебойного питьевого водоснабжения», так и «водному объекту, не предназначенному для использования в каких-либо водохозяйственных целях»[131] (таблица 5.2).

❖**Деградация – это динамично развивающийся процесс**. Для его оценки важно не только определение состояния водного объекта в данный момент времени, но и скорость происходящих в нем изменений, т.е. интенсивность процесса деградации.

[131]Например, некоторые виды малых городских водных объектов, не предназначенные для отвода городских стоков.

Таблица 5.2. **Балльная оценка аспектов деградации водного объекта**

Отдельные аспекты состояния водного объекта	Балл
1	**2**
Экологическая деградация	
Отсутствие фактов массовой гибели организмов[132] в течение 3 лет	1
Отсутствие фактов массовой гибели организмов в текущем году (в т.ч. при отсутствии информации за предшествующий период)	2
Единичный факт массовой гибели организмов в течение 3 лет	3
Единичный факт массовой гибели организмов в текущем году	4
Периодическая массовая гибель организмов (не реже 1 раза в квартал)	5
Исчезновение из водного объекта подавляющего большинства высокоорганизованных организмов[133], за исключением нескольких видов (полуводная растительность не учитывается)	7
Гибель (полное отсутствие в водном объекте) всех высокоорганизованных организмов (полуводная растительность не учитывается)	10
Водохозяйственная деградация	
Водный объект используется как источник централизованного питьевого водоснабжения без остановок забора воды вследствие ухудшения качества вод в течение 3 лет. Водный объект не предназначен для использования в каких-либо водохозяйственных целях.	1
Водный объект используется как источник централизованного питьевого водоснабжения без остановок забора воды вследствие ухудшения качества вод в текущем году (в т.ч. при отсутствии информации за предшествующий период)	2

[132]Рыб и других хорошо заметных форм водной биоты, в т.ч. водной растительности при экстремальных повышениях температуры воды (см. раздел 5.2.2).

[133]Под высокоорганизованными организмами мы понимаем многоклеточные формы водных растений и животных, определяемых невооруженным глазом, включая личинок насекомых, червей и других беспозвоночных.

Продолжение таблицы 5.2.

1	2
Осуществлялось единичное прекращение забора воды в систему питьевого водоснабжения по причине ухудшения качества вод ниже нормативного уровня	5
Водный объект по своим санитарным показателям не может использоваться как источник питьевого водоснабжения	7
Состояние водного объекта не позволяет использовать его как источник технического водоснабжения (вследствие его истощения и/или загрязнения)	10
Рыбохозяйственная деградация	
Количественные показатели вылова большей части промысловых видов рыб (а также других видов водных биологических ресурсов) в течение 3 лет не имели устойчивого отрицательного тренда Водный объект изначально создан как не обладающий рыбохозяйственным потенциалом	1
Количественные показатели вылова большей части промысловых видов рыб (а также других видов водных биологических ресурсов) в течение 3 лет снизились на 30-50%	5
Количественные показатели вылова большей части промысловых видов рыб (а также других видов водных биологических ресурсов) в течение 3 лет снизились более чем на 50%	7
Промысловый лов рыбы (добыча водных биологических ресурсов) прекращен (запрещен) в результате исчерпания их запасов и/или ухудшения санитарно-экологического состояния водного объекта	10
Рекреационная деградация	
Рекреационно значимый водный объект с обустроенными зонами массового отдыха (организованными резортами)[134] Водный объект, не предназначенный для рекреационного использования	1
Рекреационно малозначимый объект, использующийся для массового отдыха (с неорганизованными, стихийно формирующимися резортами)	5

Окончание таблицы 5.3.

1	2
Водный объект (в т.ч. с организованными резортами),	7

[134]Пояснение значений терминов, используемых при обозначении критериев рекреационной деградации, приводится в разделах 3.2.4 и 4.2.1.

рекреационное использование которого официально запрещалось не менее чем одни раз в течение 3 лет	
Водный объект, рекреационное использование которого официально запрещено на неопределенный срок	10
Видеоэкологическая деградация	
Водный объект, обусловливающий высокий социальную привлекательность селитебной территории Водный объект, не способный повлиять на социальную привлекательность территории	1
Водный объект, не оказывающий значимого влияния (позитивного или негативного) на социальную привлекательность территории	5
Водный объект, снижающий социальную привлекательность территории	10
Культурно-историческая деградация	
Водный объект, не утративший своего исторического облика, обладающий официальным статусом особо охраняемого культурно-исторического и/или природного объекта или входящий в состав особо охраняемого природного и/или культурно-исторического комплекса Водный объект, изначально не имеющий культурно-исторического (религиозного) значения	1
Водный объект, утративший значительную часть имевшегося культурно-исторического (религиозного) значения (30-50%)[135]	5
Водный объект, утративший большую часть имевшегося культурно-исторического (религиозного) значения (более 50%)	7
Водный объект, полностью утративший имевшееся культурно-историческое значение	10

По этой причине многие предлагаемые нами критерии отражают явления за определенный период (например, в течение 3 лет или текущего года) или выражаются в форме процентной доли, характеризующей изменения какого-то показателя по сравнению с предшествующим или каким-то «начальным состоянием». Выбор «начального состояния», рассматривающегося как стартовое в развитии процесса деградации, во многом субъективен и зависит как от

[135]Процент утраты культурно-исторического (религиозного) значения может быть оценен как: а)доля утраченных объектов культурно-исторического (религиозного) значения; б)усредненная степень их сохранности (разрушения) в %; в)в % протяженности береговой линии или площади прибрежной зоны, исторический облик которой подвергся глубокой трансформации и/или полностью утрачен.

особенностей категории водных объектов, так и целей осуществляемой оценки. При оценке деградации естественных водных объектов – это их состояние в «равновесной фазе» (см. раздел 5.3), при оценке водохранилищ – это какой-то период их существования, который рассматривается как относительно благополучный и условно принимается за «точку отсчета»[136] происходящих изменений. Еще более сложна проблема выбора «начального состояния» при оценке процесса деградации малых городских водных объектов (см. раздел 3.2.4) и прибрежно-морских рекреационных зон (см. раздел 4.2.1). Здесь в качестве такового, как правило, используется какой-то историко-экологический прототип, т.е. облик водного объекта или его фрагмента в определенный исторический период (например, конец XIX века), как правило, поддерживаемый работой существовавших в то время коммунальных инженерно-технических сооружений.

❖Максимальная **простота определения критериев деградации, не требующая специальной аппаратуры** и возможная при минимальном уровне профессиональной

[136]В подобных случаях необходимо указывать рассматриваемый период, например, «Оценка деградации водохранилищ …ского бассейна с 1995 г. по 2015 г.».

подготовки в данной области[137]. В ряде случаев это, по сути, означает отход от традиционных методов исследования водных объектов и намеренное упрощение оценки их состояния. Например, для определения экологического состояния водоемов, как правило, используются шкалы сапробности, трофности и ряд других ранее разработанных методов (Абакумов, 1981; Романенко и др., 1990). Применение некоторых из них регламентировано действующими природоохранными нормативами. Однако использование на практике этих систем оценки деградации водных объектов методически достаточно сложно и требует привлечения узких специалистов. По этим причинам, разрабатывая методику, мы сочли целесообразным отказаться от них, заменив более простыми и в то же время более информативными. Например, выбранный нами в качестве основного критерия экологической деградации факт «наличие/отсутствии массовой гибели организмов» однозначно свидетельствует о разрушении экосистемы, тогда как «уровень экологического регресса» (Абакумов, 1992), применяемый Гидрометеорологической службой РФ для оценки экологического состояния водных объектов, в лучшем случае лишь отражает те или иные тенденции. В научной литературе граница между понятиями «***оценка деградации***» и «***оценка экологического состояния водного объекта***» часто размывается, вместе с тем, на наш взгляд – содержание и смысл этих процедур принципиально различен (помимо прочего, он заключается в том, что деградация включает не только экологический аспект). Следовательно, использование для определения данных понятий одной и той же методической базы может быть некорректно.

Предлагаемый методологический подход позволяет оценивать процесс деградации не только отдельных водных

[137]В этой связи следует подчеркнуть, что нам представляется весьма важным, чтобы предлагаемая нами методика оценки была доступна для понимания не столько специалистов-экологов, сколько для работников органов административного управления и инженерно-технических кадров, разрабатывающих и осуществляющих меры по предотвращению деградации водных объектов на практике.

объектов, но и их совокупности (например, водных объектов, расположенных в пределах конкретного региона). Для этих целей нами ранее при использовании методики, адаптированной к оценке деградации малых городских водных объектов, были успешно применены ГИС-технологии (Горюнова, 2006). Например, при отражении оценок отдельных аспектов деградации в форме круговых диаграмм их диаметр характеризовал степень необходимости инженерно-экологического обустройства конкретного объекта. Относительный размер секторов показывал, на какие именно негативные факторы следует обратить особое внимание при разработке этих мероприятий.

Балльная система оценки деградации может быть также использована для определения общего состояния водных объектов региона и другими современными статистическими методами, например кластерным анализом. На получаемых дендрограммах отчетливо выделяются группы водных объектов, процессы деградации которых носят аналогичный характер.

VI. УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЕХНОГЕНЕЗ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

6.1. Роль современного техногенеза в формировании условий окружающей среды

Обобщение материалов, изложенных в предшествующих разделах монографии, позволяет сделать заключение, что **в современных условиях все большее значение приобретает тенденция, которую можно обозначить как «техногенное детерминирование условий окружающей среды»**, то есть ситуация, при которой состояние окружающей среды определяется факторами, прямо или косвенно связанными с производственной деятельностью человека. Само по себе подобное суждение уже неоднократно высказывалось ранее, но интерпретировалось просто как свершившийся факт. Его видение, как правило, носит эмоционально-негативный характер и не привносит каких-то новых идей, кроме призывов к ужесточению природоохранных законодательств и к «экологическому перевоспитанию» населения. Мы же **предлагаем иной подход** к осмыслению данной проблемы. **Его можно сформулировать следующим образом: если процессы техногенеза определяют условия среды, то на практике только их использование может сохранить или обеспечить ее благоприятное состояние**. В плане предотвращения процессов экологической деградации данный методологический подход можно рассматривать как альтернативную стратегию охраны окружающей среды, базирующуюся не на традиционных запретительно-ограничительных мерах, а на создании иерархической структуры управляемых ПТС, вплоть до глобального уровня, охватывающего биотехносферу в целом (Федорова, Суздалева, 2014). Как уже указывалось ранее (раздел. 1.5), управляемые ПТС можно разделить на «специализированные» – спроектированные с целью регулирования или улучшения экологической ситуации и «оптимизационные» – созданные в результате экологической

оптимизации существующих инженерно-технических сооружений, техногенных сооружений и объектов. Очевидно, что для инженерно-технических сооружений средних и крупных масштабов в современных условиях реально развитие систем ПТС только второго рода. Существующие специализированные управляемые ПТС, например, малые городские водные объекты с постоянно действующей системой принудительной циркуляции вод (Волшаник и др., 2003), как правило, носят точечный характер.

Однако, если учитывать всю полноту аспектов процесса деградации (см. раздел 5.1), спектр проблем, возлагаемых на управляемые ПТС, следует расширить, включив в него проблемы обеспечения растущего народонаселения планеты необходимыми ему ресурсами пищевых продуктов и питьевой воды, приемлемого уровня комфортности жизни и условий жизнедеятельности, а также сохранность объектов культурно-исторического наследия. В целом, подобная точка зрения согласуется с официальным определением, данным в статье 1 ФЗ «Об охране окружающей природной среды» (№7-ФЗ от 10.01.2002 г.): «Благоприятная окружающая среда – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов». Следовательно, можно обоснованно предполагать, что «благоприятная среда», помимо прочего, подразумевает безопасность функционирования и пользования объектами, возникшими как результат процессов ее техногенеза (природно-антропогенные и антропогенные объекты[138]). Это, конечно, не дает права рассматривать сохранение биоразнообразия природных объектов как нечто второстепенное. Все эти задачи должны решаться в едином комплексе на основе взаимоучета всех значимых проблем.

Очевидно, что высказанная выше идея об использовании процессов техногенеза для сохранения благоприятной среды существования человека и других населяющих планету

[138]Как уже рассматривалось в разделе 1.2, в плане проблемы, которой посвящена данная монография, эти термины можно рассматривать как синонимы понятий «природно-техногенный» и «техногенный объект».

организмов вступает в противоречие с общепринятой трактовкой процесса техногенеза окружающей среды как явления, по самой своей сути приводящего к уничтожению природы, то есть естественной природной среды. Данное суждение неоспоримо. Природная среда в процессе техногенеза превращается в образование, для которого в международных стандартах МФК и руководствах к их применению используется термин «преобразованная среда обитания» (Руководства…, 2012). Но преобразованная среда – это не среда, малопригодная или непригодная для существования человека и других организмов. В этом широко используемом в международной практике документе указывается: «Существуют разные определения того, что представляет собой преобразование или ухудшение состояния территории….. Учитывая диапазон сред обитания, в которых осуществляются проекты, не существует предписанного набора показателей для определения того, считать ли ту или иную территорию преобразованной или нет. …. Следует признать, что термин «естественный» сам по себе неточен, так как в отношении некоторых экосистем, таких как саванный ландшафт, который формировался в результате вызванных человеком пожаров, возникают сомнения, что можно считать «естественным», а что нет. Опять же, не существует формулы для определения a priori, можно ли считать нарушение среды обитания и сообщества видов естественными» (Руководство 6 «Сохранение биологического разнообразия и устойчивое управление живыми природными ресурсами», пункт Р37). Кратко резюмировать цитированный отрывок можно следующим образом: в настоящее время процессу техногенеза подвергается окружающая среда, как уже являющаяся его продуктом. Иными словами, на современном этапе все большую роль играет не техногенез природной среды, а вторичный техногенез природно-техногенных объектов, в число которых мы включаем любые трансформированные человеком компоненты биосферы. Все в большей степени как природно-техногенный объект можно рассматривать и биосферу в целом, которая, как мы неоднократно подчеркивали, уже завершает свой процесс преобразования в биотехносферу.

Бесспорно, что наиболее благоприятной средой обитания человека является не девственный лес, а благоустроенные озелененные урбосистемы. Высокий уровень биоразнообразия (зачастую более высокий, чем в не подвергшихся значимому техногенезу аналогичных экосистемах) во многих ООПТ обеспечивается их искусственно созданной инфраструктурой[139], которая представляет собой ни что иное, как одну их разновидностей техногенеза природной среды. Вместе с тем, если изменение окружающей среды, обусловленное человеческой деятельностью, носит негативный характер, оно рассматривается как ее техногенез. Если же техногенное изменение среды оказывает позитивное воздействие, то оно обозначается как «внедрение инновационных природоохранных технологий», «природообустройство» и т.п. Очевидно, что характер наблюдаемого результата воздействия, оказываемого человеком на окружающую среду, имеет первостепенное значение, но для его непредвзятого исследования и оценки необходимо изучить все аспекты происходящего процесса. Подобный подход может принципиально изменить отношение к действиям, ранее рассматривавшимся как полезные. Так, практиковавшийся отстрел хищников (волков) для поддержания высокой численности природных популяций копытных в течение длительного времени рассматривался как природоохранное мероприятие. **Совокупный анализ характера и реальных последствий различных воздействий, оказываемых человеком на окружающую среду, приводит к следующим заключениям:**

➢Не существует однозначно позитивных вмешательств в природу. Можно говорить только о степени их полезности в плане сохранения ее компонентов. Любое позитивное изменение сложившихся в процессе эволюции естественных

[139]В ее состав следует включить не только такие традиционные формы, как противопожарные просеки и противоэрозионные (противооползневые) сооружения, но и сложную электронную технику слежения за редкими животными, использование которой, по сути» позволяет с помощью технических средств управлять жизнью их «естественной» популяции (оказывать помощь раненым животным и т.п.).

систем (экосистем, геосистем и т.п.) всегда имеет побочные негативные эффекты.

➢Глобализация процессов техногенеза в современных условиях исключает саму возможность отсутствия воздействия человеческой деятельности на какой-либо компонент окружающей среды. Оно может только отличаться по характеру оцениваемых последствий, т.е. быть значимым или незначительным (пренебрежительно малозначимым в данный момент времени с точки зрения наблюдателя). При этом степень воздействия может измениться – малозначимые воздействия превратятся в значимые. Следовательно, отсутствие контролируемого техногенеза какого-то участка среды все в большей степени можно рассматривать как возникновение ситуации, способствующей развитию в нем процессов неконтролируемого техногенеза и деградации. Для иллюстрации можно сравнить состояние малых городских водных объектов: городского пруда с функционирующей системой инженерно-экологического обустройства, с прудом, который таковой не обладает, и, подвергаясь интенсивному загрязнению и засорению, последовательно проходит все рассмотренные в разделе 5.4 этапы экологической деградации. Очевидно, что данный пример представляет собой крайний случай, но сама по себе эта закономерность носит общий характер.

➢Во многих случаях эффект от человеческой деятельности является совокупным проявлением как негативных, так и позитивных воздействий. Первые из них приводят к значимому ухудшению качества окружающей среды, вторые – способствуют его сохранению или улучшению. Баланс этих факторов может быть целенаправленно изменен путем экологической оптимизации техногенных объектов, которые мы рассматриваем в качестве потенциальных регуляторов состояния окружающей среды (или экологических регуляторов).

Таким образом, для того, чтобы разрешить основное противоречие во взглядах на роль современного техногенеза, необходимо еще раз вернуться к анализу его возможных механизмов (см. раздел 2.1). В определенной мере все пять выделенных нами основных видов можно рассматривать как

стадии перехода между двумя крайними формами – «деградационным экологическим механизмом» и «управляющим». Первый – представляет собой случай заведомо «негативного техногенеза», второй – может рассматриваться как «позитивный техногенез», позволяющий реализовывать на практике широко декларируемую ныне концепцию «устойчивого развития», т.е. обеспечивать в течение неограниченно длительного срока (жизни «будущих поколений») бесконфликтное комплексное решение экологических, экономических и социальных проблем в условиях роста производства и народонаселения.

Таким образом, необходимо признать следующие факты:

- Процесс техногенеза постепенно охватывает все пространство, пригодное для существования органического мира планеты, и значимость этого фактора в обозримой перспективе будет возрастать.
- Процесс техногенеза может быть управляемым.
- Управляемый техногенез в современных условиях является единственным фактором, способным обеспечить благоприятную среду обитания для человека и сохранить разнообразие земной биоты, а также воспрепятствовать повсеместному развитию экологической деградации и других аспектов данного процесса.

6.2. Общие принципы управляемого техногенеза водных объектов

Суждения, касающиеся общих черт процесса современного техногенеза, рассмотренные в предшествующем разделе, справедливы и в отношении водных объектов. Анализ типовых вариантов техногенеза, проведенный в III и IV главах, позволяет сформулировать ряд общетеоретических (концептуальных) принципов, характеризующих общие закономерности управляемого техногенеза водных объектов, а также методологических принципов, создающих основу для разработки механизмов управления данным процессом.

6.2.1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ (ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЕ) ПРИНЦИПЫ

❖Само по себе существование процесса управляемого техногенеза возможно только при обязательном выполнении одного базового условия, которое мы обозначили как **«принцип целенаправленного формирования управляемых ПТС»**, заключающийся в том, что управляемая ПТС может образоваться только как продукт целенаправленной человеческой деятельности. Это является основным отличием «управляемых ПТС» или, в более общем смысле, «управляемого техногенеза» от «потенциально управляемых ПТС» и, тем более, от «неуправляемых ПТС». Управляемые ПТС, примером которых являются водоемы-охладители и антиреки (табл. 6.1), изначально проектируются как системы с целенаправленно регулируемыми параметрами. Так, в водоемах-охладителях происходит постоянная коррекция уровня воды и температурного режима. Эти регуляторные функции выполняются АЭС или ТЭС в чисто эксплуатационных целях. Придание им задач, связанных с регулированием состояния окружающей среды, может быть осуществлено путем разработки мер по экологической оптимизации. Но сама регулирующая система в данном случае уже существует. Потенциально-управляемые ПТС могут выполнять эти функции, но для этого необходима разработка специальных мер по изменению их структурно-функциональной организации, главным образом, внесением изменений в конструкцию или режим работы входящих в их состав технических компонентов, способных выполнять регуляторные или средозащитные функции. Например, ГЭС может целенаправленно регулировать уровень воды в нижнем бьефе, а может быть и не обременена постоянным выполнением этой задачи. Следует отметить, что существует большая категория «неуправляемых ПТС», которые не обладают компонентами, наделенными регуляторными функциями. По сути, ПТС в той или иной форме возникает в любом случае, когда в окружающую среду вводится (возводится, размещается) какой-либо техногенный объект. Между ним и компонентами среды возникают различные связи,

благодаря которым и происходит процесс неуправляемого техногенеза[140]. Таким образом, ПТС закономерно возникает и в подобной ситуации. Неуправляемый техногенез, согласно общему принципу, гласящему, что все самопроизвольные процессы приводят к увеличению энтропии среды (т.е. разрушению ее структуры), вызывают деградацию. Вместе с тем, структурно-функциональная организация «неуправляемых ПТС», в том числе структура ее биотических компонентов, может быть достаточно сложна. Примером служат ПТС, формирующиеся на базе городских свалок, богатство фауны которых может быть достаточно высоко. Экологическая целесообразность ликвидации подобных объектов иногда становится предметом дискуссии, как в случае с Люблинскими полями фильтрации в Москве, превратившимися в рефугиум для многих видов городской биоты (Еремкин, 1997). Большинство неуправляемых ПТС теоретически может быть превращено в управляемые, для чего необходимо искусственное введение в них компонента, обладающего регуляторными функциями. Однако подобная деятельность, которую также можно рассматривать как разновидность экологической оптимизации «неуправляемых ПТС», потребует значительных финансовых затрат.

❖Второй концептуальный принцип – **«принцип экологической оптимизации управляемого техногенеза»** – можно сформулировать следующим образом: «любой техногенный объект, воздействие которого на окружающую среду является потенциально управляемым, может быть подвергнут экологической оптимизации, что приведет к принципиальному изменению характера и уровня оказываемого им воздействия». Все без исключения рассмотренные нами виды деятельности могут не только разрушать окружающую среду, но, напротив, обеспечивать ее сохранность и даже улучшение условий, изменных в результате деградации водных объектов.

Для иллюстрации рассмотрим управляемость и возможность изменения характера воздействия на окружающую среду, то

[140]Ранее в разделе 2.1 мы обозначали данную категорию явлений как «форму неконтролируемого прямого техногенеза».

есть возможность экологической оптимизации типовых вариантов (табл. 6.1). Если согласиться с приведенными выше заключениями о роли современного техногенеза, то данный концептуальный принцип можно распространить практически на любые формы эксплуатации ресурсов гидросферы, не вступающие в явное противоречие с действующими российским и международным законодательствами[141]. В том числе и те, анализу которых в монографии не нашлось места в силу ограниченности ее объема.

Суть **«принципа экологических регуляторов»** состоит в том, что управление техногенезом может осуществляться только с помощью работы различных технических объектов (или инженерно-технических систем), способных регулировать состояние окружающей среды (табл. 6.1). На практике данный принцип реализуется в виде выделения техногенных объектов, на которых концентрируются усилия по экологической оптимизации. Несмотря на кажущуюся простоту, решение данной задачи зачастую представляет собой значительную сложность. В некоторых управляемых ПТС, например, водоемах-охладителях АЭС, роль регулятора очевидна.

[141]Категорически запрещающим реализацию любых проектов, экологические последствия которых непредсказуемы и/или приведут к однозначно негативным необратимым изменениям окружающей среды.

Таблица 6.1. **Возможность создания управляемых ПТС на базе типовых вариантов техногенеза водных объектов, рассмотренных в III и IV главах**

Типовые варианты	Тип ПТС [142]	Регулятор ПТС	Возможность[143]	Зона техногенеза	Роль в иерархической структуре ПТС
1	2	3	4	5	6
Зарегулированные речные системы	потенциально управляемая	ГЭС (регулирующие ГТС)	имеется	региональная меж-региональная	Координация управления на региональном (межрегиональном) уровне
Водоемы-охладители АЭС и ТЭС	управляемая	АЭС(ТЭС)	имеется	локальная	Первичное звено
Антиреки	управляемая	ИТС, обеспечивающая переброску вод	имеется	меж-бассейновая меж-зональная	Координация управления на межбассейновом (межзональном) уровне

[142] Тип ПТС, формирующийся в современных условиях
[143] Возможность к экологической оптимизации и переходу к позитивному техногенезу

Окончание таблицы 6.1.

1	2	3	4	5	6
Малые городские водные объекты	потенциально управляемая; управляемая	ИТС инженерно-экологического обустройства МГВО	имеется	точечная локальная	Первичное звено, координация управления в пределах урбосистемы
Прибрежно-морские рекреационные зоны	потенциально управляемая	1-й уровень ИТС инженерно-экологического обустройства резортов; 2-й уровень ИТС инженерно-экологического обустройства ПМРЗ	имеется	локальная региональная	Двухуровневая (многоуровневая) иерархическая структура ПТС
Бассейны приливных электростанций	потенциально управляемая	ПЭС	имеется	локальная региональная	Первичное звено

Но в других случаях необходим их обоснованный выбор и наделение определенными правами. Примером может служить экологическая оптимизация прибрежно-морских рекреационных зон (см. раздел 4.2.1). В отличие от водоемов-охладителей АЭС, где управляемая ПТС возникает исходя из самой сути проекта, такую систему необходимо создавать из самостоятельно функционирующих объектов (резортов и т.п.), руководство которых может и не осознавать себя «стейкхолдером», входящим в какую-то ПТС. Но эти действия будут рассмотрены ниже при формулировании методологических принципов.

❖Концептуальный принцип **«комплексного учета всех аспектов деградации»** (см. раздел 5.1) в объяснении не нуждается, поскольку его сущность в полной мере отражена в названии. Необходимость формулирования данного принципа обусловлена прежде всего тем, что его игнорирование является наиболее распространенной причиной неудачного решения проблем водопользования: приспосабливая водный объект к одному из его видов, всем остальным уделяется второстепенное значение. Любой исполнитель (проектировщик, строитель, специалист, осуществляющий эксплуатацию ГТС или их реконструкцию) на практике всегда выполняет только поставленную перед ним конкретную задачу. Решение по собственной инициативе каких-либо сопутствующих проблем не поощряется. На них обращается внимание исключительно в том случае, когда это требуют законодательно-нормативные акты. Наглядным примером является проблема затопления объектов культурно-исторического наследия (культурно-историческая деградация) при организации водохранилищ, как в середине прошлого века, так и в настоящее время. Следовательно, данный принцип необходимо реализовать в форме его включения сначала в инструктивно-методические документы, а затем и в нормативные акты. Высказанное выше пожелание не следует рассматривать как требование к ужесточению контроля за деятельностью в области водопользования. Как показывает опыт нашей практической работы, учет данного принципа был бы полезен не только экологам и лицам, заинтересованным в сохранении культурно-исторического наследия. Приведем только два примера. Многие

виды биопомех, затрудняющих работу АЭС, на которых проводились наши исследования, были обусловлены экологической деградацией водоемов-охладителей (Горюнова и др., 2002; Суздалева и др., 2004). Серьезное внимание этим вопросам начинали уделять только тогда, когда эти процессы уже развились до такой степени, что меры по их предотвращению потребовали весьма значительных финансовых затрат. Этого бы не произошло, если данному аспекту деградации (и его причинам) достаточное внимание уделялось бы при проектировании и на начальных этапах эксплуатации АЭС. Другим примером может послужить возведение или реконструкция малых городских водных объектов с целью улучшения видеоэкологического потенциала городской территории. Игнорирование вопроса инженерно-экологического обустройства этих водоемов, способного поддерживать благополучное состояние после сдачи объектов, практически всегда приводило не только к экологической, но и видеоэкологической деградации в последующий период. Таким образом, поставленная задача не только не была решена, но, напротив, в результате этой деятельности возникли водные объекты, снижающие социальную привлекательность данного участка застройки. Экологическая реабилитация таких водоемов потребовала значительных финансовых затрат.

❖В сколько-нибудь значительных масштабах управляемый техногенез окружающей среды (например, управляемый техногенез на уровне водных бассейнов или на межбассейновом уровне) невозможен без соблюдения **«принципа иерархии управляемых ПТС»**, который можно сформулировать следующим образом: «управляемые ПТС меньшего масштаба в целом должны рассматриваться как компоненты управляемых ПТС большего масштаба». То есть точечные и локальные[144] ПТС могут (и должны) включаться в качестве отдельных компонентов управляемых ПТС регионального масштаба, а те, в свою очередь, в качестве компонентов управляемых ПТС межрегионального масштаба и т.д., вплоть до уровня

[144]Градация масштабов техногенеза рассматривается при описании его видов в разделе 1.4.

биотехносферы. Данный принцип начинает уже реализовываться на практике. Например, любая плотинная ГЭС формирует точечную или локальную ПТС, которая может являться частью ПТС, возникшей на базе гидроэнергетического каскада, в состав которого она входит. Формирование управляемой ПТС на базе антиреки позволяет регулировать состояние окружающей среды в межрегиональном масштабе (табл. 6.1). На современном этапе «принцип иерархии управляемых ПТС» в значительной мере носит гипотетический характер. Большинство существующих управляемых и потенциально управляемых ПТС функционируют как обособленные системы. Вместе с тем, реализация данного принципа уже в обозримом будущем настоятельно необходима для сохранения благоприятных условий на Земле. Отсутствие иерархического принципа при организации охраны окружающей среды на основе управляемого техногенеза (Федоров, Суздалева, 2014) приведет к несогласованности функций отдельных управляемых ПТС. Кроме того, неминуемо возникновение участков неуправляемого техногенеза, заполняющих образующиеся между ними промежутки. Как мы уже указывали ранее, неуправляемый техногенез неминуемо вызывает деградацию среды. Ряд последствий деградации (например, высокий уровень загрязненности вод, их санитарно-эпидемиологическое состояние, представляющее угрозу для здоровья человека) имеет тенденцию к распространению в пространстве. Следовательно, мозаично распределенные управляемые ПТС будут всегда подвергаться деградационному воздействию извне. При этом формирующаяся биотехносфера в любом случае будет существовать как единая ПТС. Вопрос только в том, может ли она стать управляемой или нет. В последнем случае процессы атмосферного переноса и другие биогеохимические процессы глобального уровня в условиях прогнозируемого роста народонаселения и объемов производства будут усиливать неконтролируемый техногенез, и следовательно, деградацию окружающей среды на всей поверхности планеты.

6.2.2. Методологические принципы

Очевидно, целенаправленное создание управляемых ПТС, позволяющее на практике сделать управляемым процесс техногенеза окружающей среды, – дело будущего, хотя, надеемся, не столь отдаленного. Поэтому излагаемые в настоящем разделе методологические принципы во многом носят гипотетический характер. Скорее всего, по мере реализации планов создания управляемых ПТС они будут существенно дополнены и отчасти пересмотрены.

С одной стороны, они отражают сформулированные в предшествующем разделе общетеоретические основы структурно-функциональной организации управляемых ПТС, с другой стороны, призваны служить руководящими указаниями при их создании в реальных условиях. Рассмотрение методологических принципов осуществляется в последовательности, которая в целом, исходя из нашего опыта, соответствует основным этапам действий по экологической оптимизации техногенизированных водных объектов.

❖Первый принцип мы обозначим как **«принцип обоснования механизма управления ПТС»**. Его можно сформулировать следующим образом: обязательным условием создания управляемой ПТС является установление технического объекта (или ИТС), способного регулировать состояние окружающей среды, и обоснование возможности его использования для обеспечения благоприятных условий существования биоты и жизнедеятельности человека.

При создании ПТС локального масштаба и больше подобный объект практически всегда предназначен для выполнения иных целей. Следовательно, обоснованный выбор потенциального экологического регулятора в обязательном порядке включает оценку возможностей его экологической оптимизации. В соответствии с этим возникающие в результате таких действий ПТС были ранее обозначены как «оптимизированные управляемые ПТС» (см. раздел 1.5). Таким образом, данный методологический принцип можно рассматривать как отражение концептуальных принципов «экологических регуляторов» и «экологической оптимизации управляемого техногенеза». В ряде случаев выбор потенциального экологического регулятора очевиден. Например, регулирование

состояния водоемов-охладителей технически может осуществляться только работой системы технического водоснабжения тепловой или атомной электростанции. Аналогичный вывод можно сделать относительно приливной электростанции, а также гидротехнических сооружений, обеспечивающих функционирование антирек. В других случаях выбор «экологического регулятора» требует серьезного анализа регулирующих и средозащитных функций подобных объектов. Особую сложность представляют собой случаи, когда в качестве потенциального регулятора может рассматриваться группа объектов, разделенных значительным расстоянием. Примерами могут служить гидроузел, включающий систему взаимосвязанных гидротехнческих сооружений и выступающий в роли единого регулятора (Федоров, Масликов, 2013), а также система искусственных рифов и связанные с ней гидротехнические сооружения различного назначения, в совокупности обеспечивающие благоприятные условия в акватории прибрежно-морских рекреационных зон.

Для «специальных управляемых ПТС» реализация «принципа обоснования механизма управления ПТС» осуществляется в форме обосновывающей проектной документации, разрабатываемой при создании непосредственно предназначенных для этой цели технических устройств (ИТС).

Следует обратить внимание на то, что во всех случаях обоснование механизма управления ПТС проходит этапы; проектирования (планирования), реализации проекта (плана мероприятий по экологической оптимизации, строительства, реконструкции) и эксплуатации. Реальное существование управляемой ПТС во многом зависит от того, насколько контролируется связь между этими этапами ее жизненного цикла и предусматривается ли это проектом создания управляемой ПТС. На практике именно утрата контроля за деятельностью, обеспечивающей экологическую оптимизацию (в «оптимизированных управляемых ПТС»), или за функционированием экологического регулятора (в «специальных управляемых ПТС») часто сводит на нет все предпринимаемые усилия. В подобной ситуации ПТС превращается в неуправляемую или возвращается в состояние

«потенциально управляемой»[145], что обуславливает развитие процессов деградации водного объекта.

❖Следующий методологический принцип **«идентификации аспектов техногенеза»** подразумевает полный и непредвзятый анализ всех видов и форм техногенных воздействий в границах создаваемой ПТС, включая выделение среди них позитивных и негативных, значимых и незначимых. Отчасти он может рассматриваться как практическая реализация концептуального принципа «комплексного учета всех аспектов деградации», т.е. последствий техногенеза. В значительной мере «идентификация аспектов техногенеза» выполняется еще на этапе выбора (проектирования) и экологической оптимизации регулятора управляемой ПТС. Однако сфера действия данного принципа значительно шире. Данный принцип распространяется на все без исключения источники техногенеза, проявления которых отмечаются (или с высокой вероятностью возможны) на участке данной ПТС. Сюда входят и все проявления дистанционных форм техногенеза (см. раздел 2.1). Следовательно, данный принцип, помимо прочего, подразумевает и установление всех источников техногенеза, включая и расположеные за пределами ПТС. Кроме того, процесс идентификации должен включать анализ действенности регуляторных функций управляемой ПТС, направленных против всех отмечаемых (и прогнозируемых) значимых негативных аспектов техногенеза и/или их последствий. Рассматривая данный принцип, следует также обратить внимание на принципиальное различие понятий «аспект техногенеза» (его определение приведено в разделе 1.1) и «экологический аспект». Первое из этих понятий описывает изменение, происходящее в окружающей среде, а второе, использующееся в сфере экологического менеджмента организаций, определяется как элемент человеческой деятельности, способный вызвать такое изменение.

❖**«Принцип идентификации стейкхолдеров»**[146], т.е. определение круга юридических и физических лиц, для которых

---

[145]Например, ГЭС после прекращения на ней деятельности по экологической оптимизации не утрачивает части своих средозащитных функций.

[146]Определение понятия «стейкхолдер» и описание их основных групп приведены в разделе 1.5.

состояние участка управляемой ПТС представляет непосредственный[147] интерес (производственного, коммерческого, социального или любого другого характера) и установление степени их зависимости от регулятора ПТС. Основной интерес в данном случае представляют территориальные, социальные и административные стейкхолдеры. Результатами выполнения данного принципа являются:

- обоснование состава компонентов[148] ПТС и уточнение ее границ (зоны управляемого техногенеза);
- получение данных, необходимых для установления правовых и экономических взаимоотношений между регулятором управляемой ПТС и стейкхолдерами.

❖Необходимость формулирования **«принципа правовой обоснованности»** и **«принципа экономической обоснованности»** обусловлена тем, что без практического решения данных проблем устойчивое функционирование управляемой ПТС нереально, как и любой другой системы, создаваемой в человеческом обществе. Первый из этих принципов реализуется как установление взаимоотношений между регулятором ПТС и входящими в нее стейкхолдерами, которые регулируются официальными документами, имеющими юридическую силу. При этом представляется целесообразным на первых этапах формирования подобных систем не придавать таким документам статуса нормативных актов. Взаимоотношения между регулятором и стейкхолдерами должны быть отрегулированы постепенно в процессе их совместного противостояния негативным воздействиям и деградации окружающей среды. Подобная «правовая эволюция»

[147]Включать в состав идентифицируемых стейкхолдеров организации и лица, интересы которых носят косвенный характер, на наш взгляд, нецелесообразно, поскольку неоправданно усложнит эту процедуру. Вместе с тем, возможны и исключения, обусловленные экономической, социальной или политической значимостью косвенной связи. Например, перебои с поставками растительного сырья, связанные с наводнениями (засухой) в отсутствии регулирования водного режима.

[148]Следует отметить, что идентификация стейкхолдеров устанавливает не только зависимые от регулятора ПТС техногенные объекты, но также и состав природно-техногенных и даже природных объектов, поскольку у каждого из них имеется либо собственник, либо административный орган, отвечающий за их состояние, которые также являются стейкхолдерами.

возможна на основе заключения на первоначальных этапах формирования управляемой ПТС оформленных соглашений о взаимодействии и защите от подобных явлений. Эти документы могут носить как двусторонний, так и многосторонний характер (при участии в соглашениях нескольких стейкхолдеров). Они должны содержать конкретизированные задачи и способы их выполнения, отражающие специфику местных условий. Если же изначально для регулирования отношений между субъектами управляемой ПТС будут разрабатываться нормативные акты, содержащие лишь общие требования и/или указания, то это, скорее всего, на практике приведет к возникновению документов декларативного характера, в реальной жизни не играющих никакой позитивной роли, но, вместе с тем, создающих трудности в работе.

Однако в ходе дальнейшей «эволюции» управляемых ПТС, когда разовьются механизмы их работы, возможна и разработка соответствующих законодательных основ данных общественных отношений. Рассматривая «принцип правовой обоснованности», следует остановиться на такой проблеме, как регулирование отношений между групповым регулятором и стейкхолдерами, когда в качестве регулятора управляемой ПТС одновременно выступает несколько технических объектов, каждый из которых имеет свое руководство. Примером может служить неоднократно уже упоминавшийся гидроэнергетический каскад, регулирующий речную систему. Но могут существовать и значительно более сложные случаи, когда отдельные части группового регулятора не входят в единую систему (например, совокупность регулирующих гидротехнических сооружений и инженерно-технических систем, отводящих избыточный сток). Тогда целесообразно создание специального представительного органа как единого субъекта правовых отношений со стороны группового регулятора управляемой ПТС.

Непременным условием существования управляемой ПТС является ее экономическая обоснованность, то есть определение финансовых источников, покрывающих затраты. Мы включили данную проблему в состав методологических принципов даже не столько для того, чтобы показать важность ее решения,

сколько для того, чтобы подчеркнуть неотвратимость подобного шага. Любая, даже самая простая управляемая ПТС без постоянных источников финансирования деградирует, превращаясь в неуправляемую. Примером могут служить оставшиеся без финансовой поддержки системы инженерно-экологического обустройства малых городских водных объектов (точнее – технический персонал, отвечающий за их работу).

Создание экономической структуры управляемых ПТС на основе введения дополнительного налога на стейкхолдеров (как бы он официально не назывался), взымаемого в пользу регулятора, на наш взгляд нежелательно, т.к. приведет к дискредитации самой идеи управляемого техногенеза. Более приемлемой формой решения данной проблемы представляется комплексное скоординированное использование государственного и добровольного (частного) экологического страхования стейкхолдеров, с отчислением части средств регулятору. В этой ситуации конкретный стейкхолдер сам может решать, необходима ли ему защита, оказываемая регулятором ПТС. Регулятор же, в свою очередь, заинтересован в развитии мер по своей экологической оптимизации. Вместе с тем, полный переход в финансировании управляемых ПТС на добровольное страхование нецелесообразен. Часть стейкхолдеров, прежде всего представляющих природные объекты, управляемые государственными органами, может строить свои экономические отношения с регулятором на основе предоставления налоговых льгот или иных финансово-экономических преференций. В качестве источника финансирования могут выступать и международные организации, занимающиеся охраной природы и объектов культурно-исторического наследия. Но для этого необходима разработка обоснования роли регулятора в решении данных проблем.

❖Выделяемый нами методологический **«принцип взаимосвязи управляемых ПТС»** отчасти отражает концептуальный «принцип иерархии управляемых ПТС», но трактуется более широко – как необходимость всемерного развития механизмов функциональной взаимосвязи между управляемыми ПТС. Причем данный процесс должен идти не

только по вертикали (т.е. создание многоуровневой иерархии ПТС, необходимость которой уже рассматривалась нами в конце предшествующего раздела), но и в горизонтальном направлении (в форме установления взаимодействия между соприкасающимися ПТС одного и того же уровня). Целесообразность подобных действий обусловлена, прежде всего, масштабами многих видов негативных воздействий, которые в настоящее время зачастую выходят за рамки региональных и даже межрегиональных. В оптимальном варианте меры по их предотвращению должны носить тот же масштаб или превышать его. Уже в наши дни многие объекты, попадающие в зону различных ЧС, координируют свою деятельность как на основе централизованного управления, так и непосредственных контактов между соседствующими хозяйствующими субъектами. Подобный двойственный механизм взаимодействия позволяет более оперативно реагировать на события и совместно противостоять негативным воздействиям. Следует отметить, что требование своевременного налаживания таких связей закреплено в действующих нормативных актах РФ[149]. Таким образом, реализация «принципа взаимосвязи управляемых ПТС» заключается в переходе от взаимодействия отдельных объектов (точнее – руководства и персонала хозяйствующих и иных субъектов) к взаимодействию между управляемыми ПТС (как в иерархическом, так в территориальном планах). При рассмотрении данного принципа закономерно возникает вопрос: в чем же тогда отличие между групповым регулятором и взаимодействующей группой управляемых ПТС одного уровня? Действительно, граница между ними достаточно условна и заключается в структурно-функциональной связи этих систем. Рассматривая отдельную ПТС, мы выделяем в ней постоянный набор компонентов (структурных элементов), единство которых (системность) обеспечивается наличием между ними функциональных связей. Как и любая система, ПТС обладает эмержентностью, то есть приобретает свойства, не присущие ее

[149]См. например, п. А4.7 ГОСТ Р ИСО 14001-2007 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению».

отдельным компонентам (Реймерс, 1990). В данном случае это, прежде всего, единый механизм регулирования ее общим состоянием, в т.ч. и осуществляющийся согласованной работой группы объектов-регуляторов, иногда пространственно разобщенных. Любой компонент управляемой ПТС, как правило, различным образом связан и с компонентами других ПТС (в т.ч. и неуправляемых), но их состояние регулируется различными механизмами. Помимо прочего, выделение регулятора ПТС (как обособленного, так и группового) из категории других подобных объектов может осуществляться как по характеру финансирования его регуляторных функций, так и по состоянию правового регулирования его взаимоотношений со стейкхолдерами, входящими в состав конкретной управляемой ПТС.

Рассматривая методологические принципы организации управляемых ПТС, нельзя обойти стороной связь этих проблем с правилами и формами проведения экологического менеджмента организаций. Правовая основа этой деятельности уже хорошо разработана как на государственном, так и на международном уровне. Ее основу составляют стандарты ISO серии 14000, большая часть которых включена в отечественную нормативную базу (ГОСТ Р ИСО 14001-2007 и др.).

В настоящее время стандартные методы организации экологического менеджмента внедряются во все типы организаций, включая органы, осуществляющие контроль за состоянием природных и природно-техногенных объектов. Следовательно, в идеальном варианте систему управления ПТС можно рассматривать как надсистему экологического менеджмента, точнее, как систему управления окружающей средой более высокого ранга, объединяющую системы экологического менеджмента (СЭМ), созданные во всех без исключения входящих в нее компонентах (в т.ч. и участках природной среды, т.к. орган, отвечающий за их состояния, также должен иметь свою СЭМ). Необходимыми условиями создания подобной управленческой структуры являются:

- усиление в структурно-функциональной организации СЭМ взаимосвязи всех объектов, входящих в ПТС, организацией-

регулятором (или представительным органом группы регуляторов);
- интеграция работы СЭМ стейкхолдеров в рамках системы управления ПТС (под этим мы подразумеваем усиление взаимосвязи между всеми компонентами ПТС в плане координации совместных усилий по предотвращению негативных внутренних[150] и внешних воздействий, а также и по снижению масштабов их последствий).

[150]Воздействия на окружающую среду, обусловленные функционированием самих компонентов ПТС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Попытаемся в краткой форме сформулировать основные идеи, высказанные в нашей работе. Без примеров и логических построений их окончательное формулирование позволяет лучше понять саму суть позиции, занимаемую авторами монографии по отношению к важнейшей проблеме современности – сохранению окружающей среды, благоприятной как для существования человека, так и для всех остальных форм земной жизни. В современных условиях необходимыми условиями ее практического решения являются:

1. Признание факта превращения биосферы, сложившейся в процессе естественного исторического развития жизни на Земле, в биотехносферу, **которая представляет собой глобальную природно-техническую систему (ПТС)**. Ее состояние определяется комплексом биогеохимических процессов, обуславливающих во все предшествующие эпохи системное единство слагающих ее компонентов под воздействием техногенных факторов. В состав компонентов (элементов) биотехносферы входит вся совокупность существующих природных, природно-техногенных и техногенных объектов. Все они функционально связаны, также как и существовавшие прежде компоненты естественной биосферы. Даже если мы представим себе абстрактный техногенный объект, абсолютно инертный по отношению к окружающей среде (не выделяющий в нее каких-либо химических, физических или биологических агентов), то его воздействие на окружающую среду будет заключаться в том, что он самим своим существованием приведет к изменению характера определенного участка земной поверхности (например, уничтожив почвенный покров на занимаемой им площади).

2. Если принять факт существования биотехносферы, то следствием этого должно стать признание глобализации процессов техногенеза. Благодаря развитию парникового эффекта и трансграничному переносу загрязнителей, сам факт

глобализации процессов техногенеза уже принят научным сообществом. Однако это не относится к некоторым суждениям, логически из него вытекающим. **В частности**, к приобретающей все большую значимость **тенденции, обозначенной** нами **как «техногенное детерминирование условий окружающей среды». Ее суть** можно сформулировать следующим образом**: если процессы техногенеза определяют условия среды, то только их использование и может сохранить или обеспечить ее благоприятное состояние.** Речь идет об управляемом техногенезе, который представляет собой ни что иное, как дальнейшее усиление значимости техногенных факторов (при условии позитивного эффекта их воздействия).

Из признания факта глобализации техногенеза вытекает также то, что если какой-то участок земной поверхности не подвержен управляемому техногенезу, он подвергается неуправляемому техногенезу, что создает в нем предпосылки для деградации окружающей среды. Следовательно, на современном этапе **для сохранения благоприятных условий** существования человека и представителей биоты **необходимо постепенное распространение управляемого техногенеза, вплоть до глобального масштаба**. Последнее также вытекает из глобализации процессов неуправляемого техногенеза. Альтернативой является глобализация процессов деградации окружающей среды.

3. Очевидно, что **управляемый техногенез**, как и любая другая целенаправленная деятельность, **не может возникнуть спонтанно**. **Для его реализации необходимо создание управляемых ПТС**, которые формируются из техногенного объекта, выступающего в роли регулятора состояния окружающей среды и объектов, функционирование которых зависит от работы объекта-регулятора. В состав этих зависимых компонентов ПТС, обозначаемых принятым в области экологического менеджмента термином «стейкхолдеры», входят и объекты, рассматривающиеся как «природные». Объект-регулятор может быть специально создан для выполнения природоохранных и средозащитных функций (формирующиеся на основе его работы ПТС мы назвали

«специализированными»). Однако для ПТС среднего и крупного масштабов более перспективным является придание этих функций уже существующим техническим объектам (сооружениям, ИТС). Экологическая оптимизация подобных объектов, позволяющая использовать их в качестве регуляторов, заключается в усилении роли свойственных им экологически позитивных воздействий (позитивных аспектов техногенеза) при одновременном снижении значимости экологически негативных воздействий (негативных аспектов техногенеза). Возникающие на их основе ПТС мы обозначили как «оптимизационные».

4. Как глобализация неуправляемого техногенеза, так и распространение управляемого техногенеза приводят к стиранию грани между «природной» и «преобразованной человеком окружающей средой». Под «природной средой» мы понимаем либо участок среды, подверженный неуправляемому техногенезу, где его проявления еще не достигли заметного уровня, либо управляемую ПТС, предназначенную для сохранения биологических объектов и их сообществ, а также других естественных образований (например, участков «природных ландшафтов»). В биотехносфере нет места собственно природной среде, не затронутой человеческой деятельностью.

Вместе с тем, человек не просто воспринимает, а хочет воспринимать окружающую среду, не носящую заметных следов техногенеза, как «природную». Более того, это его жизненная потребность. Даже на урбанизированных территориях основу видеоэкологического потенциала создают именно искусственно сохраняемые «природные компоненты».

Данная проблема нашла отражение и в действующем законодательстве РФ. Так, в статье 1 ФЗ «Об охране окружающей среды» (№7-ФЗ от 10.01.2002 г.) дается следующее определение: «Природная среда или природа – совокупность компонентов природной среды природных и природно-антропогенных объектов». Однако с экологической точки зрения – это ни что иное, как компромисс между реальным положением дел и желаемым их восприятием. Ведь по

определению, приводимому в этой же статье, «Природный объект – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства». Возникают закономерные вопросы: «Что в условиях глобального техногенеза считать «сохранением природных свойств»? До каких пор в этой ситуации «природные объекты» можно считать таковыми?»

Вместе с тем именно этот компромисс является одним из основных препятствий на пути поиска приемлемых решений. Единственным реальным путем предотвращения неуправляемого техногенеза (и сопутствующей ему деградации окружающей среды) является управляемый тезногенез. Любые попытки решать проблемы техногенеза окружающей среды и сохранения ее независимо друг от друга – бесперспективны. Однако даже у специалистов подобное видение решения экологических проблем в настоящее время продолжает оставаться преобладающим. Причем основная опасность заключается в том, что оно во многом носит характер неосознанной, но вместе с тем очень устойчивой психологической установки. Даже признавая факт глобального техногенеза, большинство специалистов, вырабатывая конкретные практические решения, пытается оградить «нетронутую природу» от «загрязненной и деградирующей окружающей среды». Подобного взгляда придерживается практически и все население.

Крушение иллюзий всегда вызывает негативную реакцию по отношению к тем, кто это совершает. Можно с уверенностью предполагать, что высказываемые нами идеи вызовут принципиальное неприятие и негативное отношение у многих специалистов. В связи с этим мы хотим попросить читателей не выносить окончательных суждений, руководствуясь эмоциями и накопленным багажом устоявшихся мнений. Попытайтесь обдумать выдвигаемые в монографии идеи непредвзято и найти в них не только суждения, с которыми вы не согласны, но и идеи, которые, возможно, заставят вас выйти за рамки традиционных представлений. Вспомните известную истину – новый взгляд на решение проблемы всегда полезен, даже в том случае, если его истинность и вызывает сомнения.

5. Развитие управляемого техногенеза принесет пользу в том случае, если этот процесс будет развиваться последовательно – от отдельных относительно небольших по масштабам управляемых ПТС до их объединения сначала в территориальные (бассейновые) группы, а в последствии – в иерархические структуры. Мы категорически против создания крупномасштабных ПТС «сверху» в виде проектов, подразумевающих единовременное развитие управляемого техногенеза на крупных участках, ранее не обладавших сетью локальных управляемых ПТС.

Предлагаемый нами «эволюционный» **путь развития «от простого к сложному» предполагает** накопление опыта, корректировку стратегий и тактик, используемых при формировании управляемых ПТС, и, **в конечном счете, построение управляемой биотехносферы, как управляемой ПТС глобального масштаба.** В каком-то смысле – это и будет лишенная излишней идеализированности ноосфера В.И. Вернадского. Так, по нашему мнению, развитие цивилизации никогда не будет происходить в отсутствии острых противоречий, решаемых силовыми методами. Это заложено в природе человека и свидетельством того является вся история его существования. Но сам характер конфликтов может измениться и уже принципиально изменился. Силовое воздействие все в большей степени переходит в сферу экономической борьбы, а средством могут быть и проблемы водопользования.

Вероятно, невозможной, а на наш взгляд контрпродуктивной, является и идея создания «мирового правительства». На практике это, скорее всего, выльется в усиление диктатуры узкой группы лиц и подавление плюралистического подхода к решению проблем. Конечно, это не отрицает необходимость глобальной координации деятельности, обеспечивающей реализацию принятой ООН концепции «устойчивого развития». Именно ее мы и рассматриваем не только как основную форму, но и руководящий принцип на пути организации отдельных частей биотехносферы в единую управляемую систему. Но эта идея носит гипотетический характер и, вероятно, будет воплощена не скоро. В реальности же, наиболее

крупномасштабные компоненты управляемых ПТС межрегионального уровня в обозримом будущем могут возникнуть либо на основе государственного управления, либо на основе межгосударственных соглашений, включающих строго определенное число участников. Примером последних в ближайшие годы могут стать антиреки, осуществляющие переброску речного стока между территориями различных стран.

ЛИТЕРАТУРА

Абакумов В.А. К истории контроля качества вод по гидробиологическим показателям. // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. С.46-74.

Абакумов В.А. Под ред. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.

Авакян А.Б. Наводнения. Концепция защиты // Изв. РАН. Сер. геогр. 2000. № 5. С. 40-46.

Авакян А.Б., Кочарян А.Г., Майрановский Ф.Г. Влияние водохранилищ на трансформацию химического стока рек // Водные ресурсы. 1994. Т. 21. №2. С. 144-153.

Авакян А.Б., Литвинов А.С., Ривьер И.К. Опыт 60-летней эксплуатации Рыбинского водохранилища // Водные ресурсы. 2002. Т 29. №1. С. 5-16.

Авакян А.Б., Подольский С.А. К вопросу о влиянии водохранилищ на животных // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. №2. С. 141-151.

Авилова И.В. Орнитокомплексы техногенных ландшафтов: техногенные рефугиумы // Экополис 2000: Экология и устойчивое развитие города. Мат. III междунар. конф. М,: Изд-во РАМН, 2000. С.31-41.

Авилова И.В., Корбут В.В., Фокин С.Ю. Урбанизированная популяция водоплавающих (Anas platyrhynchos) г. Москвы. М.: Изд. МГУ, 1994. 175 с.

Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря. Автореф. дисс. …. докт. биол. наук. Севастополь: Институт биологии южных морей НАН Украины, 2002. 36.с

Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря. Киев: Наукова думка, 2008. 344 с.

Алексеев А.С. Современное состояние проблемы вымирания // Современное состояние и основные направления изучения брахиопод. М.: Изд. ПИН РАН. 1995. С.21-50.

Антроповский В.И. О классификации и районировании русел преобразованных рек и каналов // Гидротехническое строительство. 1984. №11. С.28-34.

Антроповский В.И. Основные положения гидролого-морфологической теории руслового процесса при исследовании искусственных и преобразованных водотоков // Труды ЗапСибРег НИГМИ. 1985. Вып. 72. С. 85-98.

Антроповский В. И. Некоторые итоги исследования русловых процессов на зарегулированных реках и каналах // Труды Академии водохозяйственных наук. 1995. Вып. 1. С. 60–66.
Антроповский В.И., Барышников Н.Б., Саликов В.Г. Антропогенное воздействие на пойменные процессы // Девятнадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и краткие сообщения. Белгород, 2004. С. 33–40.
Арманд А.Д., Люри Д.И., Жерихин В.В., Раутиан А.С., Кайданова О.В., Козлова Е.В., Стрелецкий В.Н., Буданов В.Г. Анатомия кризисов. М.: Наука, 1999. 238 с.
Арсеньев Г.С. Основы управления гидрологическими процессами: водные ресурсы. СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. 231 с.
Асарин А.Е. Новое в водохозяйственном проектировании и современные требования к охране окружающей среды // Теория и методы управления ресурсами суши. М.: Наука, 1982. С.89-85.
Асарин А.Е., Бестужева К.Н. Водно-энергетические расчеты. М.: Энергоатомиздат, 1986. 224 с.
Ахмедов Р.Б. Возобновляемые горючие энергоресурсы океанов и морей // Технико-экономические и экологические аспекты использования энергии океана. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР. 1985. С.35-40.
Баландин Р.К. Геологическая деятельность человека: Техногенез. Минск, 1978. 302 с.
Баландин Р.К. Область деятельности человека. Техносфера. Минск: Высш. Школа., 1982, 240 с.
Баландин Р.К., Бондарев Л.Г. Природа и цивилизация. М.: Мысль, 1988. 393 с.
Безносов В.Н. Воздействие антропогенных нарушений гидрологической структуры на водные экосистемы и их возможное влияние на биогеохимический цикл углерода // Метеорология и гидрология. 1998а. №12. С.98-102.
Безносов В.Н. Нарушение гидрологической структуры морских водоемов как причина экологических катастроф в настоящем, будущем и ... в прошлом. // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 3. М.:1998б. С.55-59.
Безносов В.Н. Крупномасштабное нарушение гидрологической структуры океана как стартовое событие биотического кризиса // Докл. РАН. 1998в. Т.361. №4. С. 562-563.
Безносов В.Н. Рост фитопланктона и бактериопланктона в глубинной воде из аэробной зоны Черного моря // Океанология. 1999. Т. 39. №1. С.75-79.
Безносов В.Н. Рост макрофитов в воде искусственного апвеллинга из аэробной зоны Черного моря // Океанология. 2000а. Т.40. Т6. С.890-894.

Безносов В.Н. Экологические последствия нарушения стратификации моря // Дисс. … доктора биол. наук. М.: МГУ, 2000б. 449 с.

Безносов В.Н. Крупномасштабные нарушения гидрологической структуры океана, биотические кризисы и их фиксация в геологической летописи // Стратиграфия, геологическая корреляция. 2000в. Т.8. №3. С.3-13.

Безносов В.Н. Процесс детритообразования в условиях нарушения структуры водных масс в морских водоемах. // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы Вып.4. М.: Изд-во ПИН РАН, 2000г. С.154-159

Безносов В.Н., Васенко А.Г., Егоров Ю.А., Леонов С.В., Лунгу М.Л., Побединский Н.А., Румянцева Е.А., Старко Н.В., Суздалева А.Л., Чекалин Б.С. Ретроспективный анализ и характеристика современного состояния гидробиоценозов водоема-охладителя Курской АЭС и рек Сейм и Реут // Экология регионов атомных станций. 1995. Вып. 4. С.142-196.

Безносов В.Н., Горюнова С.В., Колесникова Е.Л., Суздалева А.А. Эволюция малых городских водных объектов и выбор историко-экологического прототипа для проектов их обустройства // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2006а. №2(14). С.36-42.

Безносов В.Н., Горюнова С.В., Кучкина М.А., Попов А.В., Седякин В.П., Суздалева А.А. Экологическая оптимизация гидротехнических сооружений: основные направления и концептуальные принципы // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2007а. №4. С.41-53.

Безносов В.Н., Горюнова С.В., Кучкина М.А., Попов А.В., Суздалева А.А. Процесс вторичного загрязнения водоема: основные фазы и мероприятия по предотвращению нежелательных экологических последствий // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: «Естественные науки». Выпуск: «Химия и химическая экология». 2006б. №3. С.84-87.

Безносов В.Н., Демиденко Н.А., Кучкина М.А., Макаревич П.Р., Прищепа Б.Ф., Суздалева А.Л. Прогнозируемые экологические и социально-экологические последствия строительства Северной и Мезенской ПЭС // Гидротехническое строительство. 2009. №7. С.34-41.

Безносов В.Н., Железный Б.В. Критический объем нарушения стратификации океана способного вызвать крупномасштабное изменение баланса продукционно-деструкционных процессов и биогеохимического цикла углерода. // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 4. М.: Изд-во ПИН РАН, 2000. С. 87-92.

Безносов В.Н., Кучкина М.А., Суздалева А.Л. Исследование процесса термического евтрофирования в водоемах-охладителях АЭС // Водные ресурсы. 2002. Т.29. №5. С.610-615.

Безносов В.Н., Пшеничный Б.П., Побединский Н.А. Использование устройств искусственного апвеллинга для мелиорации водной среды // Природообустройство и экол. проблемы водн. хоз-ва и мелиорации. М.: Изд. Московск. гос. ун-та природообустройства, 1999. С.65-66.

Безносов В.Н., Родионов В.Б., Суздалева А.А. Инженерно-экологический мониторинг и реальные пути экологического обустройства малых рек // Безопасность энергетических сооружений. Вып. 14. М.: ОАО НИИЭС, 2004. С.206-220.

Безносов В.Н., Родионов Б.В., Суздалева А.Л. Формирование экологического имиджа промышленных объектов // Экология производства. 2007б. №1 (30). С.22-26.

Безносов В.Н., Родионов В.Б., Суздалева А.А., Колесникова Е.Л. Оценка состояния малых городских водных объектов и пути их инженерно-экологического обустройства // Безопасность энергетических сооружений. 2007в. Вып. 16. С.216-228.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Экологические последствия техногенных нарушений стратификации водоемов // Инженерная экология. 2000. №1. С.14-21.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Экзотические виды фитобентоса и зообентоса водоемов-охладителей АЭС как биоиндикаторы теплового загрязнения // Вестник МГУ. Серия 16 Биология. 2001а. №3. С.27-31.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Понижение температуры поверхностного слоя водоемов как вид термального загрязнения среды // Водные ресурсы. 2001б. Т.28. №4. С.438-440.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Изменение видового состава континентальных водоемов в условиях теплового загрязнения как модель возможных биотических изменений в периоды потепления климата // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 4. М.: Изд-во ПИН РАН, 2001в. С.142-146.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Возможные изменения водной биоты в период глобального потепления климата // Водные ресурсы. 2004. Т.31. №4. С.498-503.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Сукцессионное развитие экосистем техногенных водоемов // Антропогенные влияния на водные экосистемы. Сб статей, посвящ. 100-летию со дня рождения Н.С. Строганова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005а. С.120-129.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Методика оценки засорения водных объектов // Доклады Московск. об-ва испытателей природы. Т.36. М.: Изд-во ООО «Графикон-принт», 2005б. С.15-18.

Безносов В.Н., Суздалева А.А. Экологический имидж производства // Экология и развитие общества. №1(3). М.: Изд. МАНЭБ, 2012. С.8-12.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Дестратификационное загрязнение среды // Вестник Российского ун-та дружбы народов. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 1998/1999. №3. С.85-90.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л., Ковалев С.В., Кучкина М.А., Минин Д.В., Митяева Ю.Д., Суздалева А.А., Фомин Д.В. Предварительная оценка экологической безопасности строительства и эксплуатации Мезенской ПЭС // Малая энергетика. 2010а. №1-2. С.65-73.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л., Эль-Шаир Хаям И.А. Использование стандартов деятельности МФК для обоснования экологической безопасности и социальной значимости проектов альтернативной энергетики ПЭС // Малая энергетика. 2010б. №1-2. С.73-78.

Беловодова Н.Н. Реинтродукция ириса желтого // Мониторинг состояния природно-культурных комплексов Подмосковья. М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. С.127-132.

Березнер А.С. Предварительные соображения о создании объединенной водохозяйственной системы Европейской части СССР // Сборник научных трудов В/О Союзводпроект. 1978. №49 С.14-31.

Березнер А.С. Территориальное перераспределение речного стока европейской части РСФСР. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 160 с.

Березнер А.С., Гангардт Г.Г., Львович М.И., Саруханов Г.Л. Территориальное перераспределение речного стока Европейской части СССР // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1981, №2. С.26-39.

Бернштейн Л.Б., Силаков В.Н., Гельфер С.Л., Кузнецов Н.Н., Марфенин Н.Н., Микоц Л.М., Моносов М.Л., Моносов Л.М., Некрасов А.В., Супоницкий Л.И., Усачев И.Н., Эрлихман Б.Л. Приливные электростанции. М.: АО «Институт Гидропроект», 1994. Книга первая. 299 с.; Книга вторая 265 с.

Беэр С.А., Новосильцев Г.И., Мельникова Л.И. Роль водного фактора в рассеивании яиц Toxocora и распространении токсокороза в условиях мегаполиса // Паразитология. 1999. Т.33. Вып.2. С.129-135.

Богатова И.Б. Планктон водоема-охладителя ГРЭС им. Классона. // Симп. по влиянию подогретых вод теплоэлектростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: Изд-во ИБВВ, 1971. С.4-6.

Богданов Н.И. Биологическая реабилитация водоёмов. Пенза: РИО ПГСХА, 2008. 126 с.

Боголюбов С.А. Экологическое право.М.: Изд-во"Норма", 2001. 448 с.

Бойцов И.А., Гунова С.В., Кренке Н.А. Ландшафты средневековой Москвы: археолого-палинологические исследования // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1993. №4. С.60-75.

Болгов М.В., Фролова Н.Л. Водный режим реки Аргунь и озера Далайнор в условиях антропогенного воздействия // География и природные ресурсы. 2012. №4. С.21-29.

Большая Волга: проблемы и перспективы. М., Ульяновск: Мейкер, 1994. 215с.

Бондаренко Т.А., Васенко А.Г., Игнатенко Л.Г., Лунгу М.Л., Старко Н.В. Экологические аспекты функционирования водохозяйственного комплекса при Курской АЭС. // Экология

регионов атомных станций. Вып. 2. М.: ГНИПКИИ Атомэнергопроект, 1994. С. 141-147.
Бринчук М.М. Экологическое право. М.: Изд-во "Юристъ", 2000. 668с.
Будущее, которого мы хотим. Итоговый документ Конференции ООН. Рио-де-Жанейро. 19 июня 2012 // http://www.uncsd2012.org.
Будыко М.И. Эволюция биосферы. // Л.:Гидрометеоиздат, 1984. 488с.
Будыко М.И., Голицын Г.С., Израэль Ю.А. Глобальные климатические катастрофы. // М.: Гидрометеоиздат, 1986. 160 с.
Булашев А.Я., Лоскутов Н.Ф., Лошаков Ю.Т. Влияние подогретых вод на санитарный режим водоемов. // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: 1974. С.24-26.
Буров В.В., Гаврилов Ю.Ф., Колесников И.В., Галанкин Л.Н., Иванова И.П. Опасные морские животные и растения (основные представители, признаки поражений, первая медицинская помощь). СПб.: Изд-во ГМА им. адм. С.О.Макарова, 2012. 72 с.
Буторин Н.В. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах Волжского каскада. Л.: Наука, 1969. 322 с.
Ваулин Г.И., Зубарева Э.Л. Валлиснерия в Верхне-Тагильском водоеме-охладителе. // Структура и функции водных биоценозов, их рациональное использование и охрана на Урале. Свердловск: Уральск. отд. ГосНИОРХ, 1979. С.23-24
Веригин Б.В. Теплоэнергетика и рыбное хозяйство // Рыбное хозяйство. 1962. №9. С.14-18.
Веригин Б.Г. О явлении термического евтрофирования водоемов // Гидробиологический журнал. 1977. Т.13. №5. С.98-105.
Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи биологии. 1944. Т.18. Вып. 2. С 113-120.
Винберг Г.Г. Отчет санитарно-гидробиологического отряда Тропического института по исследованию прудов-холодильников. // Материалы по гидробиологии, гидрографии и водным силам СССР. Сер.3. 1935. Вып.29. С.60-70.
Виноградов М.Е. Современные тенденции изменения экосистемы Черного моря // Вестник АН СССР. 1987. №10. С.56-67.
Виноградская Т.А. Влияние подогрева на развитие фитопланктона водохранилища-охладителя Кураховской ГРЭС // Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей тепловых электростанций СССР. Киев: Наукова думка, 1971а. С.136-154.
Виноградская Т.А. Некоторые итоги изучения влияния подогрева на развитие фитопланктона в водохранилищах-охладителях ГРЭС юга Украины. // Симп. по влиянию подогретых вод теплоэлектростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: ИБВВ, 1971б. С.8-10.
Вирбицкас Ю.Б., Егоров Ю.А. Состояние экосистемы оз.Друкшяй после нескольких лет работы Игналинской АЭС // Экология регионов

атомных электростанций. Вып. 1. М.: Атомэнергопроект, 1994. С.238-254.
Владимиров В.В., Микулина Е.М., Ярытина З.Н. Город и ландшафт. М., 1986. 238 с.
Влияние водохранилищ лесной зоны на прилегающие территории. М.: Наука, 1970. 220 с.
Вода России. Социально-экологические водные проблемы / Под науч. ред. А.М. Черняева. Екатеринбург: Издательство «АКВА-ПРЕСС», 2000. 364 с.
Водохранилища и их воздействие на окружающую среду М: Наука, 1986, 367 с.
Волшаник В.В., Пешнин А.Г., Родионов В.Б., Юрченко А.Н., Амирова Н.Н., Доркина И.В. Инженерные пути решения проблемы улучшения экологического состояния прудов и малых рек // Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. Вып. 12. ОАО "НИИЭС". М.:2003. С.367-377.
Воропаев Г.В. Задачи и организация научных исследований в связи с проблемой перераспределения водных ресурсов // Водные ресурсы. 1976. № 3. С.3-12.
Временные методические рекомендации к изучению санитарных условий водопользования и жизни населения при территориальном перераспределении стока рек. Утверждены 01.09.1978 г. №1902-78/121-дт/193-4. 19 с.
Временные методические указания к изучению санитарных условий водопользования и жизни населения при территориальном перераспределении речного стока. Утверждены 31.03.1983 г. №2685-83. 22 с.
Гапочка М.Г. Экологические аспекты взаимодействия электромагнитных полей миллиметрового диапазона с биологическими объектами. Автореф. дисс. … докт. биол. наук. М.: МГУ, 2014. 49 с.
Гатилло П.Д., Прокудин Ф.Д. Вопросы оценки свободных эксплуатационных ресурсов воды для переброски в другие бассейны // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Комплексное использование водных ресурсов». Ч.1. Минск, 1975. С.68-71.
Геологический словарь. Т.2. М.: «Недра», 1978. 456 с.
Герарди И.А. О повышении водообеспеченности р. Волги и переброске части стока северных рек на юг // Гидротехника и мелиорация. 1973. №11. С.112-117.
Герарди И.А. Единая государственная система регулирования и межбассейнового перераспределения водных ресурсов // Гидротехника и мелиорация. 1975. № 7. С.22-28.
Герасимов И. П. Советская конструктивная география. Задачи, подходы, результаты. М.: Наука, 1976. 207 с.

Герасимов И.П., Кибальчич О.А., Коронкевич Н.И., Львович М.И. Географические прогнозы в проблеме межзональной переброски речного стока в СССР. Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1981. №2. С.13-25.

Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.

Глазовская М.А. Технобиогеомы – исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогноза // Вестн. МГУ. Сер.5. География. 1972. №6. С. 3-8.

Глазовская М. А. Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу // Биохимические циклы. М.: Наука, 1976. С.99-118.

Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1988. 328 с.

Говорушко С.М., Горбатенко Л.В. Трансграничное водопользование в бассейне р. Амур // Вестник ДВО РАН. 2013. №2. С.74-83.

Горшков В.Г. Устойчивость биогеохимических круговоротов. //Экология. 1985. №2. С.3-12.

Горшков В.Г. Современные глобальные изменения окружающей среды и возможности их предупреждения // Доклады РАН, 1993. Том 332. № 6. С. 802-806.

Горюнова С.В Закономерности процесса антропогенной деградации водных объектов. Автореф. дис …. докт. биол. наук. М.: МГУ, 2006. 50 с.

Горюнова С.В., Безносов В.Н. Основные этапы развития чрезвычайной экологической ситуации в прибрежной зоне морского курорта // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник научных трудов Российского университета дружбы народов. Вып.5. Ч.2. Экологические исследования природно-техногенных систем. М.: Изд. РУДН, 2004а. С.114-122.

Горюнова С.В., Безносов В.Н. Некоторые особенности экологической ситуации в прибрежной зоне морского курорта // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник научных трудов Российского университета дружбы народов. Вып.5. Ч.2. Экологические исследования природно-техногенных систем. М.: Изд. РУДН, 2004б. С.123-127.

Горюнова С.В., Попов А.В., Суздалева А.Л., Безносов В.Н. Чрезвычайные экологические и биологические ситуации в техногенных водных экосистемах // Вестник Российского ун-та дружбы народов. Сер. Сельскохозяйственные науки. 2002. №8. С.10-16.

Горюнова С.В., Суздалева А.А. Исследование экологического состояния р.Жужа на территории музея-заповедника «Коломенское» // Системная экология и экология человека. Вып.7. Сб. научн. трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования». М.: Изд-во РУДН, 2005. С.97-99.

Горюнова С.В., Суздалева А.А., Кучкина М.А. Антропогенная деградация водных объектов и возможные пути ее предотвращения // Экология и развитие общества. Материалы XII международной конференции. Спб.: МАНЭБ, 2009. С. 83-85.
Горюнова С.В., Суздалева А.А., Попов А.В., Кучкина М.А. Экологическое состояние техногенных водных объектов и обоснование необходимости их ликвидации // Сборник трудов I Международн. экологического конгресса «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ELPIT-2007. Тольятти: ТГУ, 2007. Т.1. С.220-224.
Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 году». М.: НИА-Природа, 2010. 288 с.
Григорьева Л.В. Санитарная бактериология и вирусология водоемов. М.: Медицина, 1975. 192 с.
Гринь В.Г., Гайдар Е.М., Ефремова Н.В. Фитомикробентос в районе р.Днепра в районе действия теплообменных вод Трипольской тепловой электростанции. // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: Изд-во ИБВВ, 1974. С.34-37.
Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Определитель сосудистых растений центра европейской России // М.: Аргус, 1995. 560 с.
Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. М.: Айрис-пресс, 2007. 560 с.
Гурьянова Е.Ф. Краткие результаты гидробиологических исследований Мезенского залива летом 1952 года // Материалы по комплексному изучению Белого моря. Вып. I. Изд-во АН СССР, М.-Л., 1957. С. 252-281.
Гусаров В.И., Семенков В.М., Калмыков А.Е., Фарберов В.Г. Экологический комплекс на Курской АЭС // Научное обоснование разработки энергобиологических комплексов. М.: 1986. с.9-14.
Гусева, К.А. «Цветение» воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним // Тр. ВГБО. Т.4. М., 1952. С.3-92.
Данилов-Данильян В.И., Арский Ю.М., Вяхирев Р.И., Залиханов М.Ч., Кондратьев К.Я., Лосев К.С. Экологический энциклопедический словарь. М.: Издательский дом «Ноосфера», 2002. 930 с.
Данилов-Данильян В.И., Горшков В.Г., Арский Ю.М., Лосев К.С Окружающая среда между прошлым и будущим: мир и Россия. М.: Космоинформ, 1994. 133 с.
Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: «Прогресс-Традиция», 2000. 416 с.
Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. М.: Наука, 2006. 221 с.

Даценко Ю.С. Оценка влияния каскада Волжских водохранилищ на среднемноголетний вынос фосфора в Каспий // Водные ресурсы. 2002. Т.29. С.636-638.
Девяткин В.Г. О влиянии Конаковской ГРЭС на микрофитобентос Иваньковского водохранилища // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: Изд-во ИБВВ, 1974. С.40-42.
Девяткин В.Г., Мордухай-Болтовской Ф.Д. О воздействии подогретых вод Конаковской ГРЭС на фитопланктон Иваньковского водохранилища // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: Изд-во НБВВ, 1974. С.42-46.
Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Гл. ред. Молд. сов. энцикл., 1990. 406 с.
Демин А.П. Тенденции использования и охраны водных ресурсов в России // Водные ресурсы. 2000. Т.27. №6. С.735-754.
Донченко Р.В. Изменение ледового и термического режима рек-доноров под влиянием переброски части стока // В кн.: Межзональное перераспределение водных ресурсов. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. С. 152-170.
Дроздов О.А., Сорочан О.Г., Григорьева А.С. Оценка возможных изменений климатических условий под влиянием переброски части стока северных и сибирских рек и непреднамеренных глобальных антропогенных воздействий // В кн.: Межзональное перераспределение водных ресурсов. Л., 1980. С.323-354.
Дэвис Л. Природные катастрофы. Том 2. Смоленск: Изд-во Русич, 1997. 414с.
Елохина С.Н. Горнорудный техногенез постэксплуатационной стадии на территории Урала // Литосфера. 2013. № 5. С. 151-164.
Еремкин Г.С. Очерк орнитологической фауны Люблинских полей фильтрации // Птицы техногенных водоемов Центральной России М.изд-во МГУ, 1997. С.7-24.
Ермаков В.В. Биогеохимическая эволюция таксонов биосферы в условиях техногенеза // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. Труды Биогеохим. лаб. Т. 24. М.: Наука, 2003. С. 5-22.
Железняков Г.В., Неговская Т.А., Овчаров Е.Е. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. М,: Колос, 1984. 205 с.
Журавель П.А. К экологии теплолюбивых гидробионтов в водоемах с теплыми водами ГРЭС Днепропетровской области. // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: ИБВВ, 1974. С.65-67.
Забелин И.Е. История города Москвы. М.: Столица, 1990. 688 с.
Завадский А.С., Зима Ю.В. Естественные и антропогенные изменения русла р. Аргунь (в свете ее пограничного положения) // Водн. хоз-во России. 2011. № 4. С. 4–16.

Зенкович В.П. Береговая зона Черного и Азовского морей. М.: Географгиз, 1958, 374 с.
Звягинцев А.Ю., Мощенко А.В. Морские техноэкосистемы энергетических станций. Владивосток: Дальнаука, 2010. 343 с.
Зубарева Э.Л. Высшая водная растительность и процессы зарастания в Егоршинском водохранилище-охладителе. // Симп. по влиянию подогретых вод теплоэлектростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: Изд-во ИБВВ, 1971. С.25-26.
Иванов А.Н., Неговская Т.А. Гидрология и регулирование стока. М.: Колос, 1979. 205 с.
Иванов Б.Г., Старобогатов Я.Н. Субтропическая пресноводная креветка Macrobrachium nipponense (de Haan) (Palaemonidae). // Экология. 1974. №6. С.83-85.
Искусственные рифы для рыбного хозяйства // Тр. Всесоюз. конф. (Москва, 2 - 4 дек. 1987). М.: ВНИРО, 1987. 131 с.
Искусственные рифы для рыбного хозяйства. Сб. науч. трудов ВНИРО. М.: ВНИРО, 1990. 237 с.
Итоги тридцатилетнего развития рыбоводства на теплых водах и перспективы на XXI век. Материалы международного симпозиума. Санкт-Петербург: 1998. 268 с.
Калабеков А.Л. Структурно-функциональная организация и экологический мониторинг урбосистемы мегаполиса // Автореф. дис. … докт. биол наук. М.: МГУ, 2003. 42 с.
Калугина-Гутник А.А. Основные тенденции развития донной растительности и пути улучшения качества прибрежных вод Черного моря // Материалы конф. «Совершенствование управления развитием рекреационных систем». Рукопись депонирована в ВИНИТИ. 1985. №7791-В85. С.326-335.
Каратаев А.Ю. Личиночная стадия развития Dreissena polymorpha в оз.Лукомском – водоеме-охладителе ТЭС // Вестн. Белорус. ун-та. 1981. Сер. 2. №3. С.54-59.
Каратаев А.Ю., Ляхнович В.П., Гурьянова Л.В., Митрахович П.А., Вежновец Г.Г., Самойленко В.М. Перестройка экосистемы эвтрофного озера вследствие превращения его в водоем-охладитель ТЭС // Экология. 1989. №5. С.18-24.
Карлович И.А. Геоэкология. М.: Академический Проект: Альма-Матер, 2005. 512 с.
Катанская В.М. Растительность водохранилищ-охладителей тепловых электростанций Советского Союза. Л.: Наука, 1979. 279 с.
Кафтанникова О.Г. Зообентос // Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. Киев: Наукова думка, 1991. С.93-110.
Кацман Е.А. Развитие высшей водной растительности в водоемах-охладителях АЭС. Автореф дис. … канд. биол наук. М.: МГУ, 2004, 23 с.

Кожевников Г.П. Промысловые рыбы Волжско-Камских водохранилищ // Изв. ГосНИОРХ. 1978. Т.138 Водохранилища Волжско-Камского каскада и их рыбохозяйственное значение. С. 30-45.
Колодин М.В. Вода и пустыни. М.: Мысль, 1981. 75 с.
Кондратьев И.К. Седая старина Москвы. Исторический обзор и полный указатель ее достопримечательностей. М.: Воениздат, 1997. 527 с.
Кондратьев К.Я., Донченко В.К. Экодинамика и геополитика. Т.1. Спб.: РФФИ, 1999. 1032 с.
Кондратьева Л.М. Вторичное загрязнение водных экосистем // Водные ресурсы. 2000. Т.27. №2. С.221-231.
Коненко А.Д., Абремская С.И., Кутовенко В.М. Характеристика гидрохимического режима водоемов-охладителей ГРЭС Украины. // Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей тепловых электростанций СССР. Киев: Наукова думка, 1971. С.57-73.
Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Изд-во «Высшая школа», 1972. 472 с.
Корнеев А.Н. Разведение карпа и других видов рыб на теплых водах. М: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 151 с.
Коткин К.С. Формирование ихтиофауны водоемов-охладителей АЭС // Автореф. дис. … канд. биол. наук. М.: РУДН, 2012. 24 с.
Кошелева С.И. Формирование гидрохимического режима. // Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. Киев: Наукова думка, 1991. С. 24-48.
Крыленко В.В., Крыленко М.В., Алейникова А.М. Искусственный пляж как элемент рекреационного ландшафта // Тез. докл. междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов». Новосибирск, 2009. С. 1-9.
Крючков В.В., Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Экология водоема-охладителя в условиях Заполярья. Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР, 1985. 131 с.
Кузьмин И.А., Викулова Л.И. Проблема русловых процессов при переброске стока // Водные ресурсы. 1974. № 2. С. 49–61.
Куприянов В.В. Гидрологические аспекты урбанизации. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 183 с.
Кучеренко Л.А., Кожухарь И.Ф., Михайловская Л.В. К вопросу о степени загрязнения водоемов садковыми хозяйствами // Итоги тридцатилетнего развития рыбоводства на теплых водах и перспектива на XXI век. Спб.: Гос НИОРХ, 1998. С. 208-214.
Кучкина М.А. Особенности процессов эвтрофирования в водоемах-охладителях АЭС. Автореф дис. … канд. биол наук. М.: РУДН, 2004, 25 с.
Кучкина М.А., Безносов В.Н. Исследование процессов загрязнения и самоочищения в природно-техногенной системе водоема-охладителя

АЭС // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2012. №3. С.48-52.
Лазарева Г.А. Изменения экологического состояния Горьковского и Чебоксарского водохранилищ по многолетним данным гидробиологического мониторинга // Автореф. дис. …. канд. биол. наук. М.: Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, 2005. 25 с.
Ленчина Л.Г. Бактериопланктон. // Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. Киев: Наукова думка, 1991. С.49-57.
Лисицына Л.И., Жукова Г.А. О растительности Мошковического залива Иваньковского водохранилища // Симп. по влиянию подогретых вод теплоэлектростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: Изд-во ИБВВ, 1971. С.39-40.
Лихачева Н.Е., Суздалева А.Л., Шидловская Н.А. Состав фитопланктона водоемов-охладителей АЭС и влияние сброса подогретых вод на уровень первичной продукции // Природообустройство сельскохозяйственных территорий. Сб. мат научн. конф. М.: Изд. Московск. гос. ун-та природообустройства, 2001. С.36-38.
Лукин А.А. Случайное вселение карпа Cyprinus carpio в субарктический водоем // Вопросы ихтиологии. 1999. Т.39. №3. С.431-433.
Лукина Е.В. Водная и прибрежно-водная растительность водохранилища-охладителя ГоГРЭС им. А.В. Винтера. // Биол. внутренних вод. Информ. бюлл. 1972. №15. С.17-21.
Лунгу М.Л. Высшая водная растительность как показатель экологического состояния водоема-охладителя. // Всесоюзн. конф. по методологии экологического нормирования. Тез. докл. Ч.2. Харьков: 1990. С.89-90.
Макаров К.Н. Искусственные островные сооружения на Черноморском побережье России // Тез. докл. междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов». Новосибирск, 2009. С.25-33.
Малик Л.К. Система наблюдений за состоянием подпорных гидротехнических сооружений // Водные ресурсы. 2003. Т. 30, № 6. С. 750-757.
Малиновский А.Ф. Обозрение Москвы. М.: Изд. Московский рабочий, 1992. 256 с.
Марфенин Н.Н., Малютин О.И., Пантюлин А.Н., Перцова Н.М., Усачев И.Н. Влияние приливных электростанций на окружающую среду. М.: Изд-во МГУ им. М.В.Ломоносова, 1995. 125 с.
Маслов Н.В. Градостроительная экология. М.: Высшая школа, 2002. 284 с.
Межзональное перераспределение водных ресурсов. Под редакцией А.А. Соколова и И.А. Шикломанова. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 375 с.

Милейковский С.А. Влияние прохождения через системы водяного охлаждения прибрежных электростанций и промышленных предприятий на воспроизводство и продуктивность морского и эстуарного планктона, бентоса и нектона. // Обрастание и биокоррозия в водной среде. М.: Наука, 1981. С.131-137.
Митяева Ю.Д. Гидрохимические и гидробиологические процессы во временных городских микроводоемах (лужах) // Автореф. дис. … канд. биол. наук. М.: РУДН, 2013. 27 с.
Михуринская Е.А., Шинкарчук С.А. Основы исследования социо-эколого-экономических систем в условиях техногенеза // Экономика и управление. 2013. №2. С. 70-76.
Моисеенко Т.И. Закисление вод; Факторы, механизмы и экологические последствия. М.: Наука, 2003. 276 с.
Молева Н.М. Московские были. Сто адресов русской истории и культуры. М.: Знание 1997. 288 с.
Мордухай-Болтовской Ф.Д. Процесс формирования донной фауны в Горьковском и Куйбышевском водохранилищах // Тр. ИБВ. 1961. Вып. 4(7). С. 49-177.
Мордухай-Болтовской Ф.Д. Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов. // Тр. Ин-та биол. внутр. вод. Вып. 27 (30). Экология организмов водохранилищ-охладителей. Л.: Наука, 1975. С. 7-69.
Морозов В.В., Волочнюк Е.Г., Морозов А.В., Козленко Е.В., Пичура В.И. Управление процессом формирования качества воды Ингулецкой оросительной системы // Мат. междунар. научно-практ. конф. «Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения». Часть II «Комплексное обустройство ландшафтов». М.: МГУП, 2011. С.63-67.
Морозов Н.В. Экологическая биотехнология: очистка природных и сточных вод макрофитами. Казань: Изд. КГПУ, 2001. 395 с.
МФК. Стандарты деятельности по обеспечению экологической и социальной устойчивости 1 января 2012 года 63 с. http://www.ifc.org
Набережный А.И., Есауленко В.А. Зоопланктон и его значение в биотическом круговороте // Биопродукционные процессы в водохранилищах-охладителях ТЭС. Кишинев: Штиинца, 1988. С.115-129.
Найдин Д.П., Похиалайнен В.П., Кац Ю.И., Красилов В.А. Меловой период. Палеогеография и палеоокеанология. М.: Наука, 1986. 262 с.
Некрасова И.И. Зоопланктон водоема-охладителя Экибастузской ГРЭС-1. // Сб. научн. трудов ГосНИОРХ. Вып. 309. Л.: 1990. С.32-36.
Несов Л.А. Планетарные смены климатов и биоса как последствия изменений вертикальной циркуляции в океане. //Тр. XXXVI сессии ВПО. 1995. С.14-20.
Никольский В.Д. Проблема регулирования Волги и ее питания стоком северных рек как основной фактор создания «Большой Волги» // В кн. Проблемы Волго-Каспия. Т.1. Л.:1934. С.216-228.

Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
О влиянии переброски стока северных рек в бассейн Каспия на народное хозяйство Коми АССР // Л.: Наука, 1967. 207 с.
Осипов В.И. Природные катастрофы в центе внимания ученых. // Вестник РАН, 1995. Т.65. №6. С.483-495.
Осипов В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России // Экология и жизнь. 2009. №11–12 (96–97). С.6-15.
Пальгунов П.П., Печников В.Г., Бойкова И.Г. Малые водные объекты на территории Москвы // Экология Москвы: решения, проблемы, перспективы. М.: Мэрия, Правительство Москвы, 1997. С.81-87.
Павлов Д.С., Лупандин А.И., Костин В.В. Покатная миграция рыб через плотины ГЭС. М.: Наука, 1999. 255 с.
Петров Г.Н. Развитие подтопления земель и его прогноз вблизи крупных водохранилищ // Вод. ресурсы. 1981. № 2. С. 98-108.
Пешков В.М., Есин Н.В.Некоторые проблемы защиты берегов Черного и Азовского морей // Наука Кубани. 200. №4. С.79-82.
Пилипенко В.Н., Федотова А.В., Перевалов С.Н., Сагалаев В.А. Экологические последствия влияния зарегулирования стока реки Волги на флору, растительность и почвенный покров дельты Волги // Вестник ОГУ. 2006. Т.2. №2. С.22-29.
Пилипчук М.Ф. Теоретические основы, методика и практика геоэкологического обеспечения разведочных и добычных работ на глубоководных месторождениях полиметаллических конкреций в Мировом океане. Автореф. дисс. … д-ра геол.-минерал. наук: М.: МГУ, 2003. 45 с.
Плотников Н.И. Техногенные изменения гидрогеологических условий. М.: Недра, 1989. 268 с.
Повестка дня на XXI век. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21.shtml
Пособие по применению Протокола ЕЭК ООН по стратегической экологической оценке. Заключительная версия (февраль 2011 г.) // http://www.unece.org/env/sea/
Пронин М.С. Решение экологических проблем при сжигании Канско-Ачинских углей // Экология в энергетике – 2006. Сборник докл. III Междунар. нучно-практ. конф. М: ОАО РАО «ЕЭС России». С.222-226.
Протасов А.А. Экологические и инженерные аспекты управления качеством воды в водоемах-охладителях и снижения отрицательного влияния внутриводоемных процессов на работу электростанций. // Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. Киев: Наукова думка, 1991. С.172-184.
Протасов А.А. Под. ред. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки. Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, 2011. 234 с.

Протасов А.А., Афанасьев С.А. Зооперифитон. // Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. Киев: Наукова думка, 1991. С.126-149.
Пшеничный Б.П. Искусственный апвеллинг и возможности повышения биологической продуктивности морских вод // Антропогенные воздействия на прибрежно-морские экосистемы. М.: Изд. ВНИРО, 1986. С.71-79.
Пшеничный Б.П., Безносов В.Н. Природные ресурсы глубинных вод океана и пути их рационального освоения, предотвращающие экологические последствия. М.: Типография Россельхозакадемии, 2006. 225 с.
Пшеничный Б.П., Фащук Д.Я. Возможность защиты прибрежных участков Черного моря от гипоксии. // Рыбное хозяйство. 1987. №2. С.15-18.
Пупышев, В. А. http://lib39.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=MAG_PRINT&P21DBN=MAG&S21STN=1&S21REF=&S21FMT=fullw_print&C21COM=S&S21CNR=&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=M=&S21STR=Искусственные рифы: рыбохозяйственные, экологические и природоохранные аспекты их сооружения // Рыбное хозяйство. 1998. №1. С. 42-43.
Разумовский В.М. Природопользование. Спб.: Санкт-петербургск. ун-т, 2003. 292.
Раткович Д.Я., Выручалкина Т.Ю., Соломонова И.В. О нерестовых попусках воды в нижний бьеф Волгоградской ГЭС // Водные ресурсы. 2003. Т 30. №4. С.426-442.
Рафиков С.А. Стратегия социально-экономического развития региона в условиях экологической доминанты. Автореф. дисс. … доктора эконом. наук. СПб.: Санкт-Петербургский университет экономики и финансов, 1994. 48 с.
Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы). М.: Изд. Журнал «Россия Молодая», 1994. 367 с.
Резниченко О.Г. Классификация и пространственно-масштабная характеристика биотопов обрастания // Биол. моря (Владивосток). 1978. №4. С. 3-15.
Резниченко О.Г., Солдатова И.Н., Цихон-Луканина Е.А. Обрастание Мировом океане. // Итоги науки и техники. Сер. Зоол. беспозвоночных. Т.4. М.: Изд. ВИНИТИ, 1976. 120 с.
Ривьер И.К. Зоопланктон Мошковического залива, подверженного влиянию подогретых вод Конаковской ГРЭС. // Симп. по влиянию подогретых вод теплоэлектростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: ИБВВ, 1971. С.52-54.

Родионов В.Б., Безносов В.Н., Волшаник В.В., Суздалева А.Л. Реальные пути решения проблем малых рек России // Наука Москвы и регионов. Инновации, разработки, производство. 2004. №3. С.56-61.
Романенко В.Д., Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Стольберг В.Ф., Лаврик В.И. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты. Киев: Наукова думка, 1990. 256 с.
Руководства Международной финансовой корпорации: Стандарты деятельности по обеспечению экологической и социальной устойчивости 1 января, 2012 года. 340 с. http://www.ifc.org
Рябкова О.И. Опыт создания искусственных пляжей на Калининградском побережье Балтийского моря // Тез. докл. междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов». Новосибирск, 2009. С. 42-48.
Рябов А.К., Сиренко Л.А. Искусственная аэрация природных вод. Киев: Наукова думка, 1982. 204 с.
Савичев О.Г., Краснощеков С.Ю., Наливайко Н.Г. Регулирование речного стока. Томск: Изд. Томск. политехнич. ун-та, 2009. 114 с.
Садырин В.М. Южные и северные виды беспозвоночных в водоемах-охладителях. // Экология. 1985. №1. С.49-54.
Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
Салохиддинов А.Т., Икрамов Р.К., Тимирова М.Н. Управление водными ресурсами.– Ташкент, ТИМИ, 2013. 2008 с.
Самарин А.В. Проекты переброски северных рек: ученые Коми против советской гигантомании // Новый исторический вестник. 2009. №4(22). С. 58-66.
Саруханов Г.Л. Гидротехнические сооружения в схеме переброски стока Печоры и Вычегды в Волгу // Гидротехническое строительство. 1961. №7. С.17-20.
Секурова З.А. Многофункциональный искусственный остров в прибрежной зоне г.Сочи // Тез. докл. междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов». Новосибирск, 2009. С.60-65.
Сергеева О.А. Зоопланктон. // Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. Киев: Наукова думка, 1991. С.80-92.
Сергеева О.А., Калиниченко Р.А., Кошелева С.И. Химический состав воды и планктон водоема-охладителя Южно-Украинской АЭС. // Гидробиологический журнал. 1988. Т.24. №6. С.8-14.
Сидоренко А.В. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в СССР // Общество и природная среда. М.: Знание, 1980. С.32-43.

Сиренко Л.А. Физиологические основы массового размножения синезеленых водорослей в водохранилищах. Киев: Наукова думка, 1972. 203 с.
Сиренко Л.А. Эвтрофирование континентальных водоемов и некоторые задачи по его контролю // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. С.137-153.
Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я. «Цветение» воды и евтрофирование. Киев: Наукова думка, 1978. 124 с.
Справка о проекте по перераспределению части стока реки Аргунь на территории Китайской Народной Республики. 2007. 19 с.
Стахеев В.А. Саяно-Шушинский заповедник в системе компенсирующих природоохранных мероприятий в зоне Саяно-Шушинской ГЭС // Гидротехн. стр-во. 1998. № 9. С. 93-95.
Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Городские почвы: генезис, классификация, функции //Почва, город, экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. С.15-88.
Суздалева А.А. Инженерно-экологическое обустройство и пути повышения рекреационного потенциала малых городских водных объектов // М.: МГСУ, 2005. 24 с.
Суздалева А.А. Инженерно-экологическое обустройство и пути повышения рекреационного потенциала малых городских водных объектов. Дисс. … канд. техн. наук. (03.00.16 – «Экология») М.: МГСУ, 2005б. 188 с.
Суздалева А.А., Безносов В.Н., Пшеничный Б.П. Проблема пейзажности индустриальных ландшафтов и использование устройств искусственного апвеллинга для мелиорации технических водоемов // Природообустройство и экологические проблемы водного хозяйства и мелиорации. М.: Изд-во МГУП, 1999. С.59.
Суздалева А.А., Горюнова С.В. Возможные пути решения экологических проблем малых городских рек // Системная экология. Вып.5-6. Сб. научн. трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования». М.: Изд-во РУДН, 2004. С.79-82.
Суздалева А.А., Горюнова С.В. Исследование экологического состояния р.Жужа на территории музея-заповедника «Коломенское» // Системная экология и экология человека. Вып.7. Сб. научн. трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования». М.: Изд-во РУДН, 2005. С.97-99.
Суздалева А.Л. Экспериментальное исследование термотолерантности бактериопланктона водоемов-охладителей АЭС // Водные ресурсы. 1998. Т.25. №6. С.744-746.
Суздалева А.Л. Особенности загрязнения водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций // Природообустройство и экол. проблемы водн. хоз-ва и мелиорации. М.: Изд. Московск. гос. ун-та природообустройства. 1999. С. 61-62.

Суздалева А.Л. Санитарно-микробиологические показатели в районе сброса Смоленской АЭС. // Проблемы экологии и физиологии микроорганизмов. М.: Изд-во Диалог-МГУ, 2000. С. 99.
Суздалева А.Л. Влияние циркуляционных водных масс АЭС на распределение бактериопланктона в водоемах-охладителях // Водные ресурсы. 2001а. Т.28. №3. С.349-355.
Суздалева А.Л. Воздействие сброса вод из систем охлаждения АЭС на планктон водоемов // Инженерная экология. 2001б. №4. С.51-57.
Суздалева А.Л. Развитие условно-патогенных микроорганизмов в районах сброса подогретых вод атомных электростанций // Гигиена и санитария. 2001в. №4. С. 15-17.
Суздалева А.Л. Структура и экологическое состояние природно-техногенных систем водоемов-охладителей АЭС // Автореф. дисс. … док. биол. наук. М.: МГУ, 2002. 53 с.
Суздалева А.Л., Безносов В.Н. Экологические последствия изменения режима стратификации озера Удомля (водоема-охладителя Калининской АЭС) // Пробл. региональной геоэкологии. Тверь: Изд. Тверск. гос. ун-та, 1999. С.46-47.
Суздалева А.Л., Безносов В.Н. Изменение гидрологической структуры водоемов и сукцессия водных биоценозов при их превращении в водоемы-охладители атомной (тепловой) электростанции // Инженерная экология. 2000. №2. С.47-55.
Суздалева А.Л., Безносов В.Н. Изменение жизненных циклов и пространственной локализации организмов континентальных водоемов при повышении температуры среды // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып.4. М.: 2001а. С.147-153.
Суздалева А.Л., Безносов В.Н. Изменение жизненных циклов и пространственной локализации организмов континентальных водоемов при повышении температуры среды // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып.4. М.: 2001б. С.147-153.
Суздалева А.Л., Безносов В.Н. Экстремальные техногенные воздействия на окружающую среду: классификация и критерии оценки // Доклады Московск. об-ва испытателей природы. Т.36. М.: Изд-во ООО «Графикон-принт», 2005. С.134-136.
Суздалева А.Л., Безносов В.Н. Резортология: предмет изучения, востребованность и основополагающие принципы // Экология и развитие общества. №1(3). М.: Изд. МАНЭБ, 2012. С.23-27.
Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Горюнова С.В., Пшеничный Б.П. Оценка влияния глубинных водозаборов электростанций на биологическую продуктивность морских экосистем // Вестник Российского ун-та дружбы народов. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 1998/1999. №3. С.52-57.
Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Егоров Ю.А. Дестратификационная эвтрофикация водоемов // Природобустройство – важная деятельность человека. М.: Изд. Московск. гос. ун-та природообустройства. 1998. С.84-85.

Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Кучкина М.А. Экологический мониторинг водных объектов и экоаудит водопользователей как основа борьбы с биопомехами в системах техводоснабжения // Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. Вып. 14. М.: Изд. ОАО «НИИЭС», 2004. С.189-206.

Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Кучкина М.А. Экологический механизм эвтрофирования водоема-охладителя АЭС // Безопасность энергетических сооружений. 2013. Вып. 18. С. 158-177.

Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Кучкина М.А., Суздалева А.А. Оценка экологической безопасности геотермальной электростанции на основе идентификации ее экологических аспектов // Малая энергетика. 2010. №1-2. С.59-65.

Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Лихачева Н.Е., Карташева Н.В. Экологические последствия изменения режима стратификации Десногорского водохранилища. // Водные экосистемы и организмы-2. Мат. научн. конф. Москва: МАКС Пресс, 2000. С.81.

Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Суздалева А.А. Экологический имидж компании // Национальный имидж, 2009. №01(06). С.50-55.

Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Суздалева А.А. Экологические и социально-экологические основы проектирования городских резортов // Экология урбанизированных территорий. №3. 2012. С. 29-34.

Суздалева А.Л., Безносов В.Н., Эль-Шаир Хаям И.А. Концепция экологической безопасности объектов гидроэнергетики // Гидротехника. №4(21)/2010-№1(22)/2011. С. 22-25.

Суздалева А.Л., Горюнова С.В., Безносов В.Н., Побединский Н.А. Проблема санитарно-микробиологического состояния термальных вод при использовании их в сельском хозяйстве // Вестник Росийского ун-та дружбы народов. Сер. Сельское хозяйство. 1999а. №5. С.34-38.

Суздалева А.Л., Кучкина М.А., Суздалева А.А. Оценка экологических и социально-экологических последствий реализации проекта Мезенской ПЭС // Экология и развитие общества. Материалы XII международной конференции. Спб.: МАНЭБ, 2009. С. 125-129.

Суздалева А.Л., Медведев В.Т. Влияние водной растительности на режим эксплуатации природно-техногенных водоемов и их экологическое состояние // Вестник МЭИ. 2004. №4. С. 18-24.

Суздалева А.Л., Попов А.В., Кучкина М.А., Фомин Д.В., Минин Д.В. Изменение химического состава воды и планктона при прохождении через систему технического водоснабжения АЭС // Безопасность энергетических сооружений. 2007. Вып. 16. С. 201-215.

Суздалева А.Л., Родионов В.Б., Безносов В.Н. Формирование экологического имиджа объектов гидроэнергетики // «Экология в энергетике – 2006» Сб. докл. III международн. научно-практической конф. М.: РАО «ЕЭС-России», 2006. С.49-52.

Сурков В.В. Динамика пойменных ландшафтов верхней и средней Оби. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. 256 с.

Сухоруких Ю.И. Под ред. Основы инженерной биологии с элементами ландшафтного планирования: Учебное пособие для студентов биологических и технических специальностей /. Майкоп - М.: Т-во научн. изданий КМК, 2006. 281 с.
Тимченко В.М., Оксиюк О.П. Кислородный режим речных участков днепровских водохранилищ в зимний период и его улучшение попусками ГЭС // Гидробиологический журнал. 2002.Т.38. № 6. С. 89-98.
Толстихин Д.О. Методика геоэкологического зонирования городов // Экополис 2000: Экология и устойчивое развитие города. Мат. III междунар. конф. М,: Изд-во РАМН, 2000. С.201-202.
Топачевский А.В., Пидгайко М.Л. Цели и задачи гидробиологического исследования водоемов-охладителей тепловых электростанций. // Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей тепловых электростанций СССР. Киев: Наукова думка, 1971. С.6-10.
Троицкий А.В. Природоохранные проблемы в гидроэнергетике // Энергия. 2003. №5. С. 29-34.
Троицкий А.В. Обеспечение экологической безопасности ГЭС // «Экология в энергетике -2006» Сб. докладов III Междунар. научно-практ. конф. М.: ОАО ВТИ, 2006. С. 24-27.
Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. М.: Наука, 1987. 335 с.
Усачев И.Н. Гидробиологический мониторинг выживаемости рыбного стада и планктона на низконапорных ГЭС и ПЭС // Безопасность энергетических сооружений. 2003. Вып. 12. С. 448-456.
Усачев И.Н., Марфенин Н.Н. Экологическая безопасность приливных электростанций // Гидротехническое строительство. 1998. №12. С. 19-24.
Усачев И. Н., Суздалева А.Л., Безносов В.Н. ПЭС и окружающая среда: пути экологической оптимизации // Гидротехническое строительство. 2009. №7. С.30-33.
Федоров В.Д. Проблема предельно допустимых воздействий антропрогенного фактора с позиции эколога // Изменения в природных биологических системах. М.: Изд. «РАГС», 2004а. С.230-250.
Федоров В.Д. Загрязнение водных экосистем (принципы изучения и оценка действия) // Изменения в природных биологических системах. М.: Изд. «РАГС», 2004б. С.284-301.
Федоров М.П., Масликов В.И. Снижение риска наводнений в речном бассейне регулированием паводков распределенными на водосборе гидроузлами // Известия Академии наук. Энергетика. 2013. №4. С.47-52.
Федоров М.П., Суздалева А.Л. Экологическая оптимизация гидроэнергетики как альтернативная стратегия охраны окружающей среды // Гидротехническое строительство. 2014. №3. С.10-15.
Федосюк Ю.А. Москва в кольце Садовых. М.: Изд. «Московский рабочий», 1983. 447 с.

Ферсман А.Е. Геохимия. Л. ОНТИ: Химтеорет, 1934. Т.2. 354 с.
Филин В.А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо. М.: МЦ «Видеоэкология», 1997. 320 с.
Хват В.М., Московкин В.М., Мануйлов М.Б., Роненко О.П. Об аэрозольном загрязнении поверхностного стока на урбанизированных территориях // Метеорология и гидрология.1991. № 2. С.54-57.
Хендерсон-Селлерс Б. Инженерная лимнология. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 335 с.
Цветков В.И., Ляшенко Л.И., Клепцова Е.А., Федоров В.М., Казаков В.Е., Акимова Н.В. Отчет о научно-исследовательской работе «Комплексная оценка фауны «Коломенского» в настоящий момент и в перспективе. М.: 2002. 49 с. (Архив ГУП ЦНРПМ Шифр 109, инв. №1575).
Чичев А.В. Флора малых рек г.Москвы. Экополис 2000: экология и устойчивое развитие города. Мат. III междунар. конф. М,: Изд-во РАМН, 2000, 320с.
Чумаков Н.М. Проблемы палеоклимата в исследованиях эволюции биосферы // Проблемы доантропогенной эволюции биосферы. М.: Наука, 1993. С.106-122.
Чумаков Н.М. Проблема теплой биосферы. //Стратиграфия. Геол. корреляция. 1995. Т.3. N3. С.3-14.
Чурбанова И.Н. Микробиология. М.: Высшая школа, 1987. 230 с.
Шадрина Л.А., Близнюк Н.А., Ковальчук Ю.Л. Зоопланктон – экотоксикологический индикатор системы защиты от обрастания // Биоповреждения, обрастание и защита от него: Климатические, биохимические и экотоксикологические факторы. М.: Наука, 1996. С.119-127.
Шамаро А.А. Действие происходит в Москве. М.: Изд. «Московский рабочий», 1988. 222 с.
Шанский Н.М. Под. ред. Этимологический словарь русского языка. М.: Изд-во МГУ. 1973. Т.1. Вып. 5. 304 с.
Шанцер И.А., Швецов А.Н., Иванов М.В. О расселении Eichornia crassipes и Pistia stratioides в водоемах Москвы и Московской области // Бюллетень Московск. общества испытателей природы. Отд. биол. 2003. Т.108. Вып.5. С.85-88.
Шарапов В.А. Охрана окружающей среды при создании и эксплуатации водохранилищ // Тр. Гидропроекта. 1979. Вып. 17. С.10-18.
Шахматова Р.А., Тухсанова Н.Г., Юлова Г.А. Биологическая характеристика термального водоема ГоГРЭС им А.В. Винтера. // Симп. по влиянию подогретых вод теплоэлектростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: ИБВВ, 1971. С.62-64.
Шидловская Н.А., Лихачева Н.Е., Кучкина М.А. Субтропические формы, обнаруженные в водоемах-охладителях Курской и Смоленской АЭС // Водные экосистемы и организмы-6. Мат. научной конф. М.: МГУ, 2004. С.102.

Шикломанов И.А., Маркова О.Л. Проблемы водообеспечения и переброски речного стока в мире. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 294 с.
Широков В.М., Лопух П.С. Формирование малых водохранилищ гидроэлектростанций. М.: Энергоатомиздат, 1986. 144 с.
Шкорбатов Г.Л., Васенко А.Г., Беспалов Ю.Г. К становлению гидробиологического режима водоемов-охладителей теплоэлектростанций. // III съезд ВГБО. Тез. докл. Т.2. Рига: 1976. С.53-55.
Эдельштейн К.К. Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. М.:ГЕОС, 1998. 277 с.
Экзерцев В.А., Лисицына Л.И. Растительность нижнего плеса Иваньковского водохранилища и влияние на нее подогретых вод Конаковской ГРЭС // Труды ИБВВ АН СССР. 1975. Вып. 27(30). С.198-210.
ЭКОПОЛИС 2000: Экология и устойчивое развитие города. Мат. III междунар. конф. М,: Изд-во РАМН, 2000, 320 с.
Эльпинер Л.И. Сценарий возможного влияния изменения гидрологической обстановки на медико-экологическую ситуацию (к проблеме глобальных гидроклиматических изменений) // Водные ресурсы. 2003. Т. 30. №4. С. 473-484.
Эльпинер Л.И. Водные ресурсы, климат и здоровье // Экология и жизнь. 2009. №1(86). С. 80- (http://www.ecolife.ru).
Энергетика Алтая. Течет вода… / Под общ. ред. О.З. Енгоян. Барнаул: Изд-во АКОФ «Алтай – 21 век», 2012. 112с.
Янин Е.П. Источники и пути поступления загрязняющих веществ в реки промышленно-урбанизированных регионов // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. Обзорная информация ВНИТИ, 2002. Вып. 6. С. 2-56.
Aagaard K., Coachman L. K. Diverting Soviet rivers to prevent flooding might defrost the Arctic – but what about the weather? // New Scientist. 1975. V.67, N957. P.13-17.
Anderson D.M., Andersen P., Bricelj V.M., Cullen J.J., Rensel J.E. // Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters. IOC UNESCO, Techn. Ser. 2001. 268 p.
Attayde J.L., Hansson L.-A. Fish-mediated nutrient recycling and the trophic cascade in lakes // Can. J. Fish. and Acuat. Sci. 2001. V.58. N10. P.1924-1931.
Berger V., Dahle S., Galaktionov K., Kosobokova X., Nauvov A., Ratkova T., Savinov V., Savinova T. White Sea. Ecology and environment. Derzavets Publisher. St. Petersburg - Tromse. 2001. 157 p.
Fedorov M.P., Usachev I.N., Suzdaleva A.L., Sultanova E.F., Demidenko N.A. Ecological aspects of tidal powerplants. Marine Energy Supplement to The International Journal on Hydropower & Dams, 2009. V.16. N6. P.32-35.

Fisher A.S. Some theoretical and measurement issues in economic assessment of interbasin water transfers //In: Interregional Water Transfers: Projects and Problems. IIASA RR-79-1. Laxenburg, June 1979. P.137-145.
Gere G., Andricivics S. Feeding of ducks and their effects on water quality // Hydrobiologia. 1994. V.279-280. N1-3. P.157-161.
Hallegraeff G.M. Harmful algal blooms: A global overview // Manual of harmful marine microalgae. Paris: UNESCO, 1995. P. 1.22.
Hartley S., Harriss R.C., Blanchard, T. Urban water demand and climate change // Natural Resources Forum. 1994. N18: P.55-62.
Howe C.W., Bower B.T. Policies for efficient regional water management // J. Irrig. and Drain. Div. Proc. ASCE. 1970. V.96. N4. P.387-393.
Kelly R.P. North American Water and Power Alliance. In: «Water production using nuclear energy». Tucson, The University of Arizona Press. 1966. P.29-37.
Lewandowski K., Ejsmont-Karabin J. Ecology of planctonic larvae of Dreissena polymorpha (Pa11.) in lakes with different degree of heating // Pol. arch. hydrobiol. 1983. V.30. N2. P.89-101.
Manny B.A., Johnson W.C., Wetzel R.G. Nutrient additions by waterfowl to lakes and reservoirs: Predicting their effects on productivity and water quality // Hydrobiologia. 1994. V.279-280. N1-3. P.121-132.
Marion L., Clergeau P., Brient L., Bertru G. The importance of avian-contributed nitrogen (N) and phosphorous (P) to lake Grand-Lieu, France // Hydrobiologia. 1994. V.279-280. N1-3. P.133-147.
Micklin P.P. A preliminary systems analysis of impact of proposed Soviet river diversion on Arctic Sea ice // EOS Transactions, Amer. Geophys. Union, May 1981. V.62. N19, P.489-493.
Russel D.A. The enigma of the extinction of the dinosaurs. // Annu. Rev. Earth and Planet. Sci. 1979. V.7. P.163-182.
Stommel H., Arons A.W., Blanchard D. An oceanographical curiosity: the perpentual salt fountain // Deep-Sea Res. 1956. N3(2). P.152-153.
Vorosmarty C.J., Green P., Salisbury J., Lammers R.B. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth // Science. 2000. V.289. N5477. P.284-288.
Wagner W.H. Problems with biotic invasives: A biologist's viewpoint // Biol. Pollut.: Contr. and impact invasive exotic species: Proc. Symp. Indianapolis: 1993. P.1-8.
Wilde P., Berry W.B.N. The role of oceanographic factors in the generation of global bioevents. //In: Global Bio-Events. - Lecture Notes in Earth Sciences. Springer-Verlag, 1986. V.8. P.75-91.
Zulling H. Waren unsere Seen fruher wirklich «rein»? Anzeichen von Frucheutrophierung gewisser Seen im Spiegel jahrtausendealter Seeablagerungen // «Gas-Wasser-Abwasser». 1988. V.68. N1. P.17-32.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Список сокращений

АЭС – атомная электростанция;
БГКП – бактерии группы кишечной палочки;
ВБР – водные биологические ресурсы;
ВКК – Волжско-Камский каскад (гидроэнергетический);
ВОВ – взвешенное органическое вещество;
ВХС – водохозяйственная система;
ГТС – гидротехническое сооружение;
ГЭС – гидроэлектростанция;
ИР – искусственный риф;
ИТС – инженерно-техническая система;
ОКК – Обь-Каспийский канал;
ПМРЗ – прибрежно-морская рекреационная зона;
ПТС – природно-техническая система;
ПЭС – приливная электростанция;
РОВ – растворенное органическое вещество;
РПС – рыбопропускные сооружения;
СТВ – система технического водоснабжения;
СЭМ – система экологического менеджмента;
СЭО – стратегическая экологическая оценка;
ТЭС – тепловая электростанция;
ТМ – тяжелые металлы;
ФЗ – Федеральный закон;
ЧС – чрезвычайная ситуация;
ЭБК – энергобиологический комплекс.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

СЛОВАРЬ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ[151]

Аспект деградации – проявление снижения качества окружающей среды, которое ухудшает возможность использования человеком ее ресурсов.

Аспект техногенеза – любой элемент процесса техногенеза, способный оказать значимое негативное или позитивное воздействие на состояние окружающей среды.

Примечания:

1.Баланс негативных и позитивных аспектов техногенеза может быть изменен путем осуществления мер по экологической оптимизации.

2.Указание на потенциальный характер воздействия обусловлено тем, что это воздействие может не носить постоянный характер, а проявляться только в определенной ситуации (например, средозащитная функция ГЭС в периоды экстремальных паводков).

Биогеохимический техногенез – вид техногенеза, заключающийся в изменении биогеохимических процессов (циклов), спровоцированных человеческой деятельностью. Примером может служить «парниковый эффект», в основе которого лежит техногенное нарушение биогеохимического цикла углерода.

Биотехносфера – состояние биосферы Земли, условия в которой формируются при значимом воздействии техногенных факторов.

Биотический техногенез – вид техногенеза, заключающийся в изменении состава биоты.

Примечание. К нему относятся не только случаи снижения уровня биоразнообразия или численности отдельных видов, но связанные с человеческой деятельностью биологические инвазии, приводящие к появлению чужеродных видов-вселенцев.

Вид техногенеза – элемент классификации процессов техногенеза, отражающий их характерную особенность наблюдаемого явления, конечный результат, масштаб или

[151]В словарь включены только термины, непосредственно касающиеся основного содержания монографии (процессов техногенеза и деградации). Содержание понятий, упоминаемых при обсуждении смежных проблем, поясняется в тексте.

любой другой параметр, позволяющий рассматривать его как отдельный феномен.

Видеоэкологическая деградация – аспект деградации, заключающийся в снижении социальной привлекательности территории в результате ухудшения впечатления от ее зрительного восприятия.

Водохозяйственная деградация – один из аспектов деградации водного объекта, заключающийся в утрате возможностей использования его водных ресурсов (т.е. в снижении его водохозяйственного потенциала). Данный аспект включает весьма широкий спектр явлений – от истощения водных объектов (сокращения стока и др.) до их загрязнения, ограничивающих возможность забора вод в системы питьевого и/или технического водоснабжения;

Военный техногенез – вид техногенеза, заключающийся в трансформации окружающей среды в результате военных действий и испытаний различных видов вооружений.

Вторичный техногенез – вид техногенеза, в процессе которого происходит трансформация окружающей среды, уже ранее подвергшейся значимым изменениям, обусловленным человеческой деятельностью.

Геологический техногенез – вид техногенеза, включающий любые случаи техногенного изменения недр (структуры литосферы и ее отдельных компонентов).

Примечания:

1. В качестве отдельного подвида можно выделить гидрогеологический техногенез, заключающийся в нарушении структуры подземных водоносных горизонтов и их истощении.

2. В некоторых случаях геологический техногенез неотделим от геоморфологического. Иногда разделение этих двух видов техногенеза отражает лишь различие в точках зрения, с которых рассматривается один и тот же процесс.

Геоморфологический техногенез – вид техногенеза, приводящий либо к непосредственному изменению рельефа в ходе какого-то вида деятельности, либо к созданию условий, стимулирующих и/или интенсифицирующих развитие естественных процессов, обусловливающих изменение рельефа (оползнеобразование и др.).

Гидрологический техногенез – вид техногенеза, включающий все случаи изменения гидрологического режима и структуры водных масс водных объектов.

Примечание. К нему относится не только зарегулирование стока рек, но и спровоцированное человеческой деятельностью нарушение режима стратификации водных объектов, а также изменение структуры гидрографических сетей (переброска и перераспределение речного стока и др.).

Гидротехнический техногенез – вид техногенеза, обусловленный строительством и функционированием гидротехнических сооружений.

Глобальный техногенез – вид техногенеза, при котором в качестве зоны его проявления рассматривается планета в целом, т.е. Земля, включая околоземное космическое пространство.

Примечание. Примерами глобального техногенеза могут служить «парниковый эффект», разрушение озонового слоя, изменение изотопного состава атмосферы.

Деградационный механизм техногенеза – экологический механизм техногенеза, вызывающий развитие процесса деградации окружающей среды.

Деградация объекта – утрата участком окружающей среды полезных для человека свойств, которыми он обладает, включая его экологическую и социальную значимость для населения.

Детерминированный техногенез – контролируемый техногенез, способный вызвать значимые изменения в окружающей среде, границы прямого воздействия которого строго определены.

Дистационный техногенез – форма техногенеза, заключающаяся в изменении состояния участка окружающей среды под воздействием факторов, источники которых (источники деградации) находятся на значительном удалении от него.

Зона техногенеза – участок территории и/или акватории, в котором последствия прямого воздействия вида или определенной совокупности видов человеческой деятельности (как негативного, так и позитивного характера) достигают значимого уровня.

Примечание. Для оценки значимости уровня воздействия в данном случае применимы две категории критериев: 1) соотношение уровня воздействия с принятыми нормативами, регламентирующими эти воздействия; 2) масштаб, характер и устойчивость изменений, вызванных данным воздействием.

Интенсивность деградации – скорость негативных изменений, обусловленных различными аспектами процесса деградации за определенный промежуток времени.

Катастрофический техногенез – вид техногенеза, обусловленный последствиями техногенных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций.

Климатический техногенез – вид техногенеза, заключающийся в изменении микро-, мезо и макроклимата, спровоцированном прямым воздействием технической деятельности (например, отепляющий эффект в крупных городах).

Примечание. Проявления «парникового эффекта» в качестве климатического техногенеза мы не рассматриваем, поскольку воздействие на климат носит косвенный характер, кроме того, данный процесс, исходя из его механизма, следует рассматривать как пример биогеохимического техногенеза.

Контролируемый техногенез – вид техногенеза, при котором неизбежные изменения окружающей среды, их характер и масштаб контролируются самими субъектами деятельности и/или надзорными органами власти.

Косвенный техногенез – вид техногенеза, наблюдающийся при воздействии на окружающую среду, происходящем в результате цепи событий, объединенных причинно-следственными связями, исходным из которых является воздействие, обусловленное прямым техногенезом.

Креативный техногенез – вид техногенеза, при котором в ходе целенаправленной человеческой деятельности возникает новый природно-техногенный объект.

Креативный механизм техногенеза – экологический механизм техногенеза, включающий всю систему инженерно-технических мероприятий и взаимосвязанных с ними природных процессов (биологических, геоморфологических и др.), в результате которых возникает новый природно-техногенный объект.

Примечание. В отличие от одноименного вида техногенеза, данный термин используется не для констатации факта возникновения нового природно-техногенного объекта, а для описания процесса его создания.

Критерий деградации – количественный или качественный показатель, характеризующий уровень одного из аспектов деградации.

Культурно-историческая деградация – аспект деградации, заключающийся в утрате объектов культурно-исторического

наследия, а также утрате исторического облика участка окружающей среды.

Ландшафтный техногенез – вид техногенеза, заключающийся либо в изменении характера отдельных ландшафтов, либо в изменении ландшафтной структуры территории (изменении соотношения площадей, занятых ландшафтами определенных видов).

Локальная техногенез – вид техногенеза, зона которого охватывает определенную, ограниченную и относительно небольшую по своим масштабам территорию или акваторию (до нескольких десятков км).

Межрегиональный техногенез – вид техногенеза, зона которого одновременно охватывает территории (акватории), входящие в состав нескольких административных и/или географических регионов.

Модифицирующий механизм техногенеза – экологический механизм техногенеза, при котором происходит искусственное создание условий, благоприятных для развития определенных групп организмов или даже обусловливающих саму возможность их существования. В результате в составе биоты происходят значимые изменения, но явления деградации отсутствуют.

Примечание. Модификация среды путем развития в ней новых видов биоты может происходить как путем биологических инвазий (спонтанное вселение видов в сформировавшиеся в процессе техногенеза биотопы), так и путем целенаправленной интродукции новых видов (биотического техногенеза), предназначенных для выполнения определенных функций (например, для борьбы с биопомехами).

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-техногенных объектов, а также техногенных объектов.

Примечание. Определение является адаптацией этого термина, данного в ст. 1 ФЗ «Об охране окружающей среды», с заменой словосочетаний «природно-антропогенный объект» и «антропогенный объект» на, соответственно, на «природно-техногенный объект» и «техногенный объект».

Первичный техногенез – вид техногенеза, отличающийся тем, что в результате его происходит трансформация ранее не подвергавшейся техногенным изменениям природной среды.

Поддерживающий механизм техногенеза – экологический механизм техногенеза, основанный на создании и работе

системы инженерно-экологического обустройства, позволяющей сохранять (поддерживать) благополучное экологическое состояние природно-техногенного объекта (или его отдельных компонентов) в существующих условиях.

Примечание. Поддерживающий механизм техногенеза не предполагает создание управляемой ПТС, а лишь осуществление мер, направленных против определенных негативных воздействий, создающих в данный момент угрозу деградации.

Посттехногенез – вид техногенеза, при котором процессы трансформации среды происходят после окончания деятельности, послужившей их первопричиной.

Почвенный техногенез – вид техногенеза, включающий все виды искусственного изменения структуры почвенного покрова.

Примечание. Это не только различные случаи деградации почвенного покрова, но и запечатывание почв, отсыпка грунтов при проведении рекультивации, а даже создание искусственных почв полного профиля – так называемых «культуроземов».

Природно-техническая система (ПТС) – любая совокупность природных, природно-техногенных и техногенных объектов, состояние и функционирование которых взаимосвязаны и/или взаимозависимы.

Примечания:

1. ПТС могут быть управляемыми, потенциально управляемыми и неуправляемыми. В первом случае их состояние постоянно регулируется функционированием специального объекта, выполняющего функцию экологического регулятора. Потенциально-регулируемые ПТС имеют в своем составе объект, который может быть превращен в регулятор данной системы путем его экологической оптимизации.

2. Управляемые ПТС состоят из экологического регулятора и стейкхолдеров.

Природно-техногенный объект – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение.

Примечание. По своему содержанию термин идентичен понятию «природно-антропогенный объект», определение которого дано в ст. 1 ФЗ «Об охране окружающей среды».

Природный объект – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства

Природообустройственный техногенез – вид техногенеза, включающий в себя любые изменения окружающей среды, возникающие непосредственно в результате осуществления целенаправленных мероприятий по природообустройству и охране природы.

Промышленный техногенез – вид техногенеза, включающий все случаи трансформации окружающей среды в результате строительства и функционирования промышленных предприятий (их групп и комплексов, в т.ч. региональных).

Прямой неконтролируемый техногенез – форма техногенеза, проявляющаяся как совокупность различных видов стихийных (спонтанных) техногенных воздействий, оказывающих непосредственное влияние на состояние данного участка окружающей среды.

Прямой техногенез – вид техногенеза, при котором воздействие на окружающую среду происходит в результате непосредственного контакта материальных продуктов производственной деятельности (в т.ч. и побочными – отходами, сбросами, выбросами) с ее компонентами (водными объектами, почвой и др.).

Региональный техногенез – вид техногенеза, при котором границы его зоны в той иной мере соответствуют административному делению территории/акватории на отдельные регионы, либо ограничиваются пределами конкретного географического (биогеографического, ландшафтно-географического) региона.

Рекреационная деградация – аспект деградации, заключающийся в снижении (утрате) рекреационного потенциала, т.е. возможности использования данного участка окружающей среды для массового отдыха.

Рекреационный техногенез – вид техногенеза, заключающийся в преобразовании окружающей среды с целью использования ее в качестве мест организованного массового отдыха.

Рыбохозяйственная деградация – один из аспектов деградации водных объектов, заключающийся в снижении запасов водных биологических ресурсов (а не только промысловых рыб).

Санационный техногенез – вид техногенеза, заключающийся в улучшении экологической ситуации на деградировавших

участках окружающей среды путем целенаправленного технического воздействия.

Сопутствующий техногенез – форма техногенеза, при которой контролируемая трансформация участка окружающей среды, происходящая в ходе осуществляемой в нем деятельности, в ее непосредственные цели не входит.

Стейкхолдер – от англ. *stákeholder* – заинтересованная сторона, причастная сторона – физическое лицо или организация, имеющие права, долю, требования или интересы относительно системы или ее свойств, удовлетворяющих их потребностям и ожиданиям. Стейкхолдеры обеспечивают возможности для системы и являются источником требований для системы

Каждая система имеет свои собственные стадии жизненного цикла (проектирование, разработку, производство, внедрение, эксплуатацию и ликвидацию). Для каждой стадии определяется список всех стейкхолдеров, имеющих интерес (отношение) к будущей системе. Целью этого действия является рассмотрение точки зрения каждого стейкхолдера на всех стадиях жизненного цикла системы для утверждения полного набора потребностей стейкхолдеров, которые могут быть приоритезированы и преобразованы в требования стейкхолдеров

Стихийный (спонтанный) техногенез – вид техногенеза, происходящий без какой-либо цели, в виде явлений и процессов (с экологической точки зрения, в подавляющем большинстве случаев – негативных), которые сопутствуют какой-то деятельности, без осуществления контроля за изменением окружающей среды.

Техногенез – процесс трансформации окружающей среды, обусловленный прямыми и косвенными воздействиями различного характера, связанными с функционированием отдельных хозяйствующих субъектов и их комплексов, а также с существованием бесхозных, недействующих техногенных объектов.

*Примечания**:***

1.Процессы техногенеза различаются по виду, форме и экологическому механизму.

2.Техногенез может иметь как негативные, так и позитивные аспекты.

Точечный техногенез – вид техногенеза, зона которого ограничивается участком вокруг единичного объекта.

Транспортный техногенез – вид техногенеза, обусловленный строительством и функционированием транспортных коммуникаций.

Управляемый техногенез – вид техногенеза, при котором осуществляется согласованное манипулирование позитивными и негативными аспектами данного процесса, что позволяет обеспечить сохранение благополучного состояния окружающей среды и/или оперативно предотвращать ее экологическую деградацию в результате воздействия различных факторов.

Примечание. Управляемый техногенез реализуется путем целенаправленного формирования управляемых природно-технических систем (ПТС).

Управляющий механизм техногенеза – экологический механизм техногенеза, при котором формируется управляемая ПТС и процесс техногенеза становится управляемым.

Урбанизационный техногенез – вид техногенеза, заключающийся в трансформации окружающей среды в ходе ее урбанизации.

Физико-химический техногенез – вид техногенеза, который проявляется в виде изменения физических и/или химических параметров окружающей среды. К нему следует относить любые последствия, обусловленные различными видами химического и физического (в т.ч. радиоактивного и радиационного) загрязнения.

Форма техногенеза – общая картина внешнего проявления процесса техногенеза (в то время как вид техногенеза характеризует одну из сторон данного процесса).

Целенаправленный техногенез – вид техногенеза, при котором процесс изменения окружающей среды, проводимый человеком с помощью технических средств, осуществляется с определенной целью.

Целенаправленный техногенез – форма техногенеза, подразумевающая преднамеренную трансформацию участка окружающей среды, осуществляемая по определенному плану (проекту, программе) с целью использования его ресурсов.

Примечание. В отличие от одноименного вида техногенеза, термин «форма целенаправленного техногенеза» употребляется в ином контексте, отражающем не характерную особенность процесса техногенеза, а общий характер осуществляемой деятельности.

Экологическая деградация – аспект деградации, проявляющийся в разрушении экосистем (а также ПТС) и снижении их биоразнообразия;

Экологическая оптимизация – модернизация режима работы технических объектов и инженерно-технических систем, а также и их конструктивно-компоновочных особенностей, усиливающих значимость позитивных аспектов техногенеза при одновременном снижении негативных.

Примечание. Экологическая оптимизация осуществляется с целью создания экологического регулятора и управляемой ПТС, формирующейся на его основе.

Экологический механизм техногенеза – система техногенных воздействий, а также совокупность спровоцированных ими физических, химических и биологических процессов, определяющих направленность (характер) и динамику трансформации окружающей среды в процессе ее техногенеза.

Примечание. В отличие от понятия «форма техногенеза», отражающего внешнее проявление происходящего процесса техногенеза, данный термин характеризуют его внутреннюю суть.

Экологический регулятор (регулятор ПТС) – технический объект (или инженерно-техническая система), функционирование которого обеспечивает в зоне его значимого действия сохранение благоприятного состояния окружающей среды при возникновении внешних и внутренних факторов, создающих угрозу ее негативного изменения.

Примечания:

1. Экологический регулятор является основой управляемой ПТС, а границы его значимого действия являются ее границами.

2. Экологический регулятор может быть создан специально для формирования ПТС (специальной управляемой ПТС) или приспособлен для выполнения данной функции путем его экологической оптимизации (формирования оптимизированной управляемой ПТС).

Научное издание

Суздалева Антонина Львовна,
Горюнова Светлана Васильевна

ТЕХНОГЕНЕЗ И ДЕГРАДАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Подписано в печать 30.07.2014г.
Формат 60x80 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная.
Печ.л. 28,5. Тираж 500 экз.
Отпечатано в ООО ИД ЭНЕРГИЯ.
Адрес редакции: 125009, Москва,
Дегтярный пер., д.9
E-mail: Iaz-energy@yandex.ru
Web-site: www.energypublish.ru