

«ДЕГРАДАЦИЯ» И КРИЗИСНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЛАНДШАФТОВ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Работа посвящена анализу и современному состоянию экосистем дельты Волги. С позиций теории самоорганизации и кризиса рассмотрена стадийность протекания кризисных процессов и проведен анализ кризисных явлений в ландшафтах дельты Волги. Разработана системная модель протекания кризисных процессов в дельте Волги.

Функционирование ландшафта обеспечивается интегрирующими процессами, способствующими сопряжению фаций и урочищ. Устойчивость ландшафта связана со способностью его компонентов сохранять свою структуру и функционирование при внешних воздействиях. Например, в основе обеспечения устойчивости фитоценозов экотонных зон лежит триггерный механизм, со специфическим поведением системы – гистерезисом [7, 10, 12]. Устойчивость существования экосистем дельтовых равнин следует рассматривать как пространственно-временную континуальность, поддерживаемую экотонной структурой ландшафтов [5]. Каждый ландшафт как природная система обладает важными свойствами: самоорганизацией, саморегуляцией, самовозобновлением, посредством которых обеспечивается устойчивое развитие экосистемы и способность противостоять деградации и кризисным процессам.

Для выявления степени деградации и предельно допустимых нагрузок на экосистемы необходимо создание информационной базы для осуществления экологического мониторинга, в которую входят показатели динамики абиотических факторов и объектов индикации [9].

Деградация (трансформация) ландшафта отличается следующими признаками: 1) упрощение пространственной структуры и видового состава урочищ; 2) разрушение биогеохимических барьеров (прежде всего в почвах) и, как следствие, нарушение циклов миграции веществ в экосистемах; 3) высвобождение и накопление токсичных веществ; 4) разрушение функциональных связей в ландшафтах, появление новых антропогенных форм ландшафта [15]. Для практического выявления деградационных процессов в ландшафтах необ-

ходимо знание не только признаков, но и механизмов и симптомов этих процессов.

Кризис – неотъемлемое условие существования любой системы. А.Д. Арманд [1] отмечает, что «...недалеко время, когда мы научимся контролировать протекание кризисов таким образом, чтобы получить максимальную отдачу в форме полезных нововведений при минимальных разрушениях и минимальном ущербе».

Кризисы являются естественным, закономерным этапом развития систем любой природы, в том числе экосистем. Положительная роль кризисов подтверждается тем, что именно в критические моменты развития возможны перестройка структуры и появление новаций, которые в обычном, стабильном состоянии нивелируются действием механизмов поддержания устойчивости. Кризисные процессы в системах различной природы имеют ряд общих закономерностей. В критических точках происходит смена программ поведения систем и их элементов, однако закономерности этих изменений основываются на универсальных процессах самоорганизации. Знание этих процессов может позволить провести анализ причин возникновения кризисных явлений, осуществить диагностику состояния системы, определить этап кризиса. Это позволит осуществлять прогнозирование динамики кризисных явлений и определять характер необходимых управляющих воздействий. Развитие кризиса происходит по определенным закономерностям. Различными могут быть пути развития кризиса, которые определяются степенью глубины кризиса, характером внешних воздействий и спецификой организации рассматриваемой системы. В зависимости от степени глубины кризиса экосистема может претерпевать различные изменения: от незначительных структурных изменений до полного

разрушения системы. Динамику кризиса можно описать как последовательный процесс, протекающий от фазы к фазе, где каждый предыдущий этап кризиса подготавливает (но не предопределяет) следующий, влияет на характер, темпы, направленность дальнейшей динамики, обуславливает саму возможность ее продолжения [14].

Нарушения природной среды вызывают быстрые перестройки и часто резкую деградацию природных систем – экосистем и ландшафтов. Нарушения в составе и структурной организации экосистем и в межсистемных связях разрушает эргодичность ландшафтов – функциональную общность группы генетически связанных ландшафтов. На основе этого формируется вторичный эндогенный механизм саморазрушения системы взаимодействий ландшафтов и экосистем. Это вызывает перманентные перегруппировки видов в биотических сообществах, что служит основой возникновения явления пространственно-саморасширения очага нарушений [2].

В.С. Залетаев [2] выделяет ряд событий трансформации природных систем:

1) изменения среды обитания (почвы, целостности земной поверхности, условий увлажненности территории, гидрологического режима водоемов и качества вод и т.п.);

2) изменения в составе биотических сообществ, элиминация некоторых видов, в том числе пенообразователей, и нарушение или ослабление биопродукционного процесса;

3) развитие эрозионных процессов и усиление транспорта веществ, изменение и активизация геохимических потоков;

4) активизация расселений биоты и существенные изменения соотношений видов в сообществах, развитие быстро протекающих сукцессий;

5) разрушение структуры зональных ландшафтов и возникновение на время хаотических перемещений организмов и случайных взаимодействий;

6) появление участков, где возникают условия «оптимума жизни второго порядка» – оптимума для немногих специфических видов, и на этих территориях формируются локальные малочленные сообщества растений, способные создавать вспышки числен-

ности некоторых видов и всплеск активизации биопродукционного процесса;

7) резко возрастает мозаичность экологических условий, возникает повышенная дробность и контрастность биотического покрова;

8) в этих условиях происходит формирование новой структуры изменившихся по составу биотических сообществ, которая качественно отличается от исходной более упрощенной схемой внутренних связей и несформированностью, случайным характером внешних взаимодействий. Сочетание и территориальное соседство новых, активно функционирующих микрогруппировок и сообществ организмов с быстро повторяющимся репродуктивным циклом (например, растения-однолетники и двулетники – *Salicomyia europaea*, *Suaeda altissima*) и реликтовых, деградировавших прежних сообществ или их фрагментов, а также участков, территорий, фактически лишенных организованного биотического покрова, создают экотонную систему, свойственную быстро изменяющимся условиям экологически дестабилизированной среды [3, 4].

Таким образом, В.С. Залетаевым [2] выявлены основные характеристики дестабилизированной природной среды. Трансформация охватывает различные уровни организации: функциональной и структурной, ландшафтных связей и механизмов стабилизации систем. Показаны изменения динамических характеристик, качественные изменения экосистем и тенденции развития биокомплексов.

Д.А. Славинским [14] разработана универсальная этапность протекания кризисных процессов, включающая в себя наиболее общие фазы и процессы кризиса: 1. Предкризис. 2. Разрушение структуры. 3. Хаос. 4. Ядра кристаллизации. 5. Становление первичной структуры. 6. Вторичный кризис. 7. Построение вторичной структуры.

На основе разработанной Д.А. Славинским [14] системной модели протекания кризисных процессов проведен анализ кризисных явлений, имеющих место в ландшафтах дельты Волги.

Индикаторы (показатели) кризисных процессов наземных экосистем дельты Вол-

ги в условиях постоянно изменяющегося гидрологического режима (рис. 1):

1. Уровень предкризиса (возникновение конфликта)

Внешними факторами, спровоцировавшими предкризис, являются изменение гидрологического режима и пастбищная дигрессия.

На стадии предкризиса выделяются три процесса: изменение структурных особенностей подсистем; нарушение в системе управления и «расшатывание» структуры. Каждый процесс характеризуется симптомами с определенным набором индикаторов:

1. Изменение соотношения возрастных групп и фитомассы видов.

2. Изменение численности, соотношения и динамики популяций (например, *Gagea*, *Allium*, *Tulipa*).

3. Стабилизация повышенного уровня грунтовых вод (УГВ) приводит к флуктуационным замещениям эдификаторов в фитоценозах. Например, замещение *Elytrigia repens* на *Eleocharis palustris* на лугах среднего уровня.

4. Изменение микроклиматических характеристик биотопов.

5. Изменение интенсивности поступления биогенных элементов (аллювиальности).

6. Ослабление средообразующей роли эдификаторов (*Elytrigia repens*, *Cynodon dactylon*, *Agropyron fragile*).

7. Изменение элементарных почвенных процессов (например, оглеения).

8. Эрозионные процессы (дефляция и водная эрозия).

9. Изменение структуры микробных сообществ [13].

10. Появление нехарактерных видов (рудералы, ценофобы, эксплеренты).

11. Нарушение пространственных взаимосвязей в биотопах за счет возникновения экотонов (разрушение бэровских бугров приводит к локальному образованию засоленных почв и солончаков).

12. Понижение целостности и устойчивости сообществ.

2. Уровень разрушения системы

На стадии разрушения системы выделяются следующие процессы: действие провоцирующего фактора(ов), элиминация доминанта, разрушение ценообразующих связей

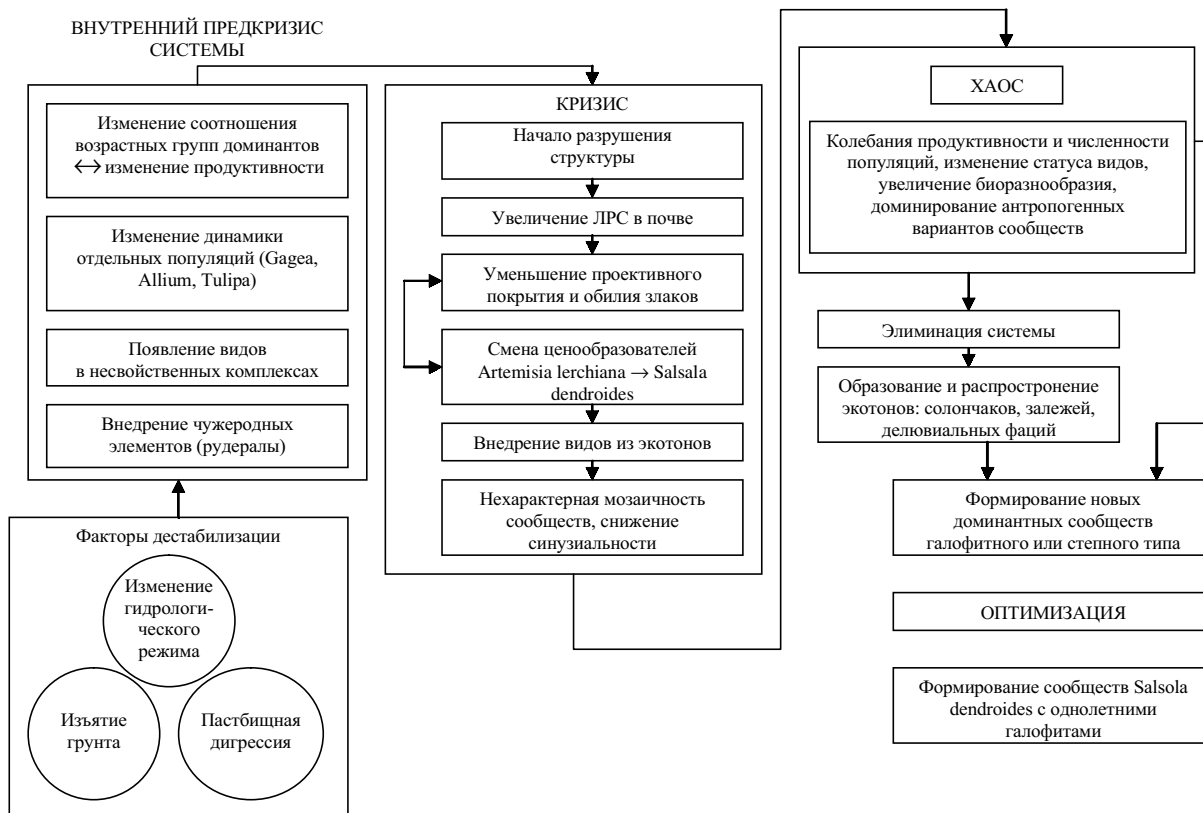


Рисунок 1. Системная модель протекания кризисных процессов в дельте Волги

и фрагментация системы. Каждый процесс характеризуется симптомами с определенным набором индикаторов:

1. Превышение порогового значения гидрологических показателей выше флуктуационного диапазона: уровня половодья, паводка, грунтовых вод или химических соединений в среде: ЛРС, отдельных ионов, биогенов, токсичности, засоления.

2. Изменение условий обитания видов за счет образования новых экотонов в результате обвалования территории и изъятия грунта.

3. Внедрение новых видов (массовое распространение *Xanthium strumarium* и *Alhagi pseudalhagi* на лугах дельты Волги).

4. Элиминация эдификаторов, доминантов, специалистов > цепная реакция разрушения (элиминация одной популяции приводит к структурным и функциональным изменениям в другой).

5. Изменение (снижение) продуктивности в старших возрастных группах в фитоценозах. Биомасса фитоценозов и отдельных популяций имеет циклический характер и подчиняется внутривидовой динамической структуре. Период колебаний биомассы строго специфичен, поэтому при оптимальных экологических условиях биомасса видов может быть на низком уровне. В луговых фитоценозах отмечается механизм замещения одного эдификатора другим [8].

6. Изменение фиторазнообразия. Этот индикатор имеет разноплановый характер. Для фитоценозов (особенно монодоминантных), достигших стадии климакса, низкие показатели биоразнообразия – показатель динамического равновесия в экосистеме [7].

7. Изменение скорости роста отдельных видов за счет дополнительного привноса веществ в биотоп и активизации почвенной микробиоты [13].

8. Изменение статуса вида. Отдельные виды меняют свой статус при структурных изменениях в экосистеме. Так, например, *Salsola dendroides* является эдификатором растительных сообществ бэровских бугров при пастбищной дигрессии, но в условиях ненарушенности почвенного покрова этот вид единичен и встречается на склонах и делювиальных отложениях.

9. Разрушение пространственной структуры и изменение временной динамики.

3. Уровень хаоса

Для этой стадии характерны следующие процессы: дробление и разрушение системы, образование новых сообществ и связей. Каждый процесс характеризуется симптомами с определенным набором индикаторов:

1. Усиление факторов внешней среды (гидрологических, антропогенных) способствует дальнейшему разрушению.

2. Усиление конфликта между фитоценозами и разрыв взаимосвязей.

3. Резкие колебания биомассы и численности видов.

4. Массовая элиминация средообразующих флороэлементов семейств *Poaceae* и *Asteraceae* [11].

5. Вспышка обилия ранее малочисленных видов (реактивный банк семян, эксплеренты).

6. Образование новых экотонов и увеличение площади экотонов (буферных зон) и, как следствие, увеличение зоны «напряжения».

7. Изменение морфологических и экологических свойств видов (род *Artemisia*) [6].

8. Расширение экологического диапазона видов семейств *Chenopodiaceae* и *Brassicaceae*.

9. Кратковременная стабилизация внутренней среды за счет формирования новых неустойчивых растительных ассоциаций.

10. Преобладание жизненных форм с коротким жизненным циклом [11].

4. Уровень «ядра кристаллизации»

1. Активизация субдоминантов или новых жизненных форм *Artemisia lerchiana*.

2. Появление вокруг субдоминантов сопутствующих видов и образование ценозов.

3. Образование «центров кристаллизации».

4. Последовательная смена субдоминантов *Agropyron fragile* > *Artemisia lerchiana*; *Artemisia lerchiana* > *Salsola dendroides*.

5. Конфликт или интеграция локальных структур.

6. Появление новых доминантов *Salsola dendroides*, *Anabasis aphylla*, *Salsola australis*.

7. Появление сопутствующих видов *Climacoptera brachiata*, *Descurainia sophia*, *Goldbachia laevigata*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cardaria draba*, *Lepidium perfoliatum*.

Геоботанические исследования, проведенные в дельте Волги с 1996 по 2006 год, позволяют уточнить некоторые положения протекания кризиса:

1. *Притягивание кризиса:* Экосистемам свойственна упорядоченная во времени закономерная смена состояний. Каждая смена состояний характеризуется определенным набором активных и пассивных характеристик. В зависимости от их сочетания и стадильности образуются так называемые «входы» неупорядоченности (хаоса). Изменения в экосистеме возможны при: а) функционировании системы, обусловленном взаимодействием флуктуаций экологических условий; б) характере динамики за счет процессов создания, разрушения и аккумуляции вещества; в) общей эволюции ландшафта.

2. *Причина кризиса:* Когда система проходит в своем развитии начальные стадии, то основной причиной возникновения и распространения кризисных процессов часто является возмущающее воздействие (степень воздействия) экологического фактора. Системы, находящиеся в состоянии динамического равновесия, обладают высоким порогом устойчивости, и слабое возмущающее воздействие не всегда способно сыграть роль «спускового крючка», запустившего кризис.

3. *Эксперименты:* Для экосистем не характерна адекватная реакция на внешнее воздействие. Построение новой структуры будет зависеть от того, насколько глубоко нарушена структура системы, какие подсистемы затронуты «экспериментом». Если кризис затронул только одну из подсистем, то система будет стремиться к исходному состоянию за счет различных механизмов устойчивости, действующих, например, в рамках геохимической соподчиненности почв, памяти ландшафта, построения новых экологических рядов (экологическая секвентность), мозаичности или замещения.

Антропогенное воздействие часто носит каталитический характер и приводит к ускоренному прохождению этапов естественного сукцессионного развития экосистем.

Опустынивание экосистем дельтовых равнин – естественный процесс их развития, определяемый естественной эволюцией дельто-

вых ландшафтов в направлении формирования зональных комплексов. Он проходит путем сукцессионных смен одних экосистем другими в процессе гало-, ксеро- и псаммофитизации [5].

Для кризисных и стабильных этапов в экосистемах характерны одни и те же процессы: изменение внутренней среды и структуры, смена и элиминация элементов, распространение экотоннов. Если стабильный этап характеризуется длительностью и адаптацией, то кризисный этап – коротким временным интервалом и разрушением структур.

Экосистема в процессе своего развития и возмущающие факторы (через антропогенные воздействия) создают предпосылки для развития кризисных процессов, а на определенных этапах антропогенез ускоряет их протекание.

Отсутствие естественного обводнения гидроморфных экосистем (лугов, солончаков), системы пастбищеоборотов и разрушение ландшафтных структур (ядер) являются факторами риска для экосистемы, особенно в периоды пониженной ее устойчивости. Именно эти факторы могут послужить «спусковым крючком», запустившим масштабный кризис экосистемы дельты Волги.

Оптимальное решение по рациональному использованию природных ресурсов, а также по управлению обводнением дельт для решения этих вопросов и вопросов сохранения видового разнообразия возможно на фоне совместного рассмотрения и выявления закономерностей протекания процессов в экотонных ландшафтах [5]. Необходимы системные мониторинговые исследования и подбор универсальных показателей (индикаторов) протекания кризисных процессов для определения этапа кризиса, специфики его протекания и возможности прогнозирования состояния экосистемы.

Изменения, происходящие в ландшафтах дельты Волги, отражают концептуальные положения теории экологически дестабилизированной среды, разработанной В.С. Залетаевым [4], и подтверждают универсальность схемы кризисных этапов развития экосистем, разработанной Д.А. Славинским [14].

Уход от проблемно ориентированного подхода в науке и практике к превентивному подходу позволит избежать многих негативных

явлений в природопользовании. Теория кризиса и системный подход как методологическое обеспечение позволят с большой долей

вероятности прогнозировать изменения в экосистемах посредством набора (био)индикаторов и биоиндикаторов.

Список использованной литературы:

1. Арманд, А. Д. Случайны или закономерны кризисы в эволюции геосферы? / Теор. проблемы экологии и эволюции: Вторые Люблинские чтения; отв. ред. Г. С. Розенберг. – Тольятти: Интер-Волга, 1995. – С. 184.
2. Залетаев, В. С. Структурная организация экотонов в контексте управления / Экотоны в биосфере. – М.: РАСХН, 1997. – С. 24-25.
3. Залетаев, В. С. Концепция экологически дестабилизированной окружающей среды как основа изучения современного динамизма экосферы аридных зон / Экологические проблемы освоения пустынь и охрана природы. – Ашхабад: Ылым, 1986. – С. 19-21.
4. Залетаев, В. С. Экологически дестабилизированная среда (экосистемы аридных зон в изменяющемся гидрологическом режиме). – М.: Наука, 1989. – 150 с.
5. Новикова, Н. М. Экосистемы экотонных ландшафтов речных дельт аридного пояса Евразии и их современная динамика / Экотоны в биосфере. – М.: РАСХН, 1997. – С. 159.
6. Сальников, А. Л. Виды рода *Artemisia* во флоре Астраханской области / соавт. В. Н. Пилипенко // Естественные науки: журн. фундаментальных и прикладных исследований – Астрахань: Изд-во АГУ, 2002. – №5. – С. 17–20.
7. Сальников, А. Л. Динамика и особенности формирования растительности буферных зон дельты Волги: дисс.... канд. биол. наук / Сальников Алексей Львович – Астрахань, 2000. – 221 с.
8. Сальников, А. Л. Концептуальные подходы к оценке продуктивности растительных сообществ дельты Волги // Изв. вузов. Сев.-Кавказ. регион. Естественные науки, 2006. – №1. – С. 81–88.
9. Сальников, А. Л. Методологические подходы по регулированию рекреационной нагрузки и организации системы мониторинга на экосистему дельты Волги / В. Н. Пилипенко // Вестник Оренбургского гос. университета, 2005. – №9 (47). – С. 138–142.
10. Сальников, А. Л. Механизм формирования фитоценозов в экотонных системах дельты Волги / В. Н. Пилипенко // Актуальные проблемы геоботаники. Современные направления исследований в России: методология, методы и способы обработки. – Петрозаводск, 2001. – С. 159–160.
11. Сальников, А. Л. Современное состояние и динамика флоры бэровских бугров дельты Волги / В. Н. Пилипенко, Н. А. Сальникова // Южно-российский вестник геологии, географии, глобальной энергии. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2006. – №9. – С. 124–133.
12. Сальников, А. Л. Триггерный механизм формирования фитоценозов в экотонах дельты Волги // Естественные науки, №4. – Астрахань: Изд-во АГУ, 2002. – С. 33.
13. Сальникова, Н. А. Аммонифицирующие бактерии почв дельты Волги / А. Л. Сальников, М. А. Егоров // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем: мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф.. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2006. – С. 25.
14. Славинский, Д. А. Закономерности кризисных этапов развития экосистем на примере динамики структурно-функциональных изменений: дисс. ... канд. биол. наук / Славинский Дмитрий Анатольевич. – М., 2006. – 243 с.
15. Яшин, И. М. Почвенно-экологические исследования в ландшафтах / Л. Л. Шишов, В. А. Раскатов. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – С. 20–21.

Статья рекомендована к публикации 18.01.08