

РГБ ОД

- 4 MAR 2000

на правах рукописи

САЛЬНИКОВ
Алексей Львович

ДИНАМИКА И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
ФИТОЦЕНОЗОВ БУФЕРНЫХ ЗОН ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Специальность 11.00.11. - Охрана окружающей среды
и рациональное использование природных ресурсов

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Астрахань - 2000

Работа выполнена на кафедре ботаники Астраханского государственного педагогического университета.

Научный руководитель: кандидат биологических наук,
доцент В.Н. Пилипенко

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор М.С. Чуйков
кандидат геолого-минералогических
наук Г.В. Кутлусурина

Ведущая организация: Калмыцкий государственный
университет

Защита диссертации состоится « 7 » марта 2000
года в 12 часов на заседании специализированного
совета Д.117.07.02 при Астраханском государственном
техническом университете по адресу: 414 056, г.
Астрахань, ул. Татищева, 16

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Астраханского технического университета по адресу:
г. Астрахань, ул. Татищева, 16

Автореферат разослан « ___ » _____ 2000 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат биологических наук,
доцент



Мелякина Э.И.

Е 585.9(2P355.7)/1,0
Е 082.51(2)1 Волга, 0

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Изучение функционирования природных экосистем в экстремальных условиях приобрело в настоящее время не только теоретическое, но и практическое значение. Для практики рационального использования актуально исследование природных механизмов, обеспечивающих устойчивость экосистем, определение степени близости конкретных экосистем к критическому переходу и прогнозирование возможности структурных изменений, т.е. выпадение из экосистемы видов, или изменение их роли в биогеоценозе и соответствующего перераспределения биомассы между компонентами в фитоценозе.

Между тем для сохранения здоровья человека и созданного им общества возникает кардинальная необходимость поддерживать в безопасности и стабильности экологические системы разного уровня иерархии (Хмелёв, 1999).

Особенности растительных сообществ во многом определяются параметрами ландшафтнообразующих компонентов: климатических и геолого-геоморфологических, играющих ведущую роль в обособлении геосистем. Изучение функционального аспекта фитоценозов отстает по сравнению с изучением структурного. Функциональные аспекты биосистем описываются на уровне экосистемы. Основное отличие биогеоценоза от экосистемы состоит в пространственной определённости первого. Следовательно, границы фитоценоза определяются с позиций структурного подхода, а функциональный подход требует иной размерности. Таким образом, изучение функциональности в рамках системного подхода, можно проводить лишь на уровне ландшафта (Боряков, 1999).

В дельте Волги основными геоморфологическими структурами являются бэзовские бугры и пойменные равнины. На бэзовских буграх формируются зональные типы почв и растительности, а на пойменных равнинах - аazonальные. Такое сочетание приводит к формированию уникальных экотопов, представленных как зональными, так и аazonальными типами растительности. Данные экотопы формируются в буферных (переходных) зонах между буграми Бэра и пойменными участками. Растительность, как биотический компонент любой природной экосистемы, играет решающую роль в структурно-функциональной организации экосистемы. Понимание механизмов функционирования фитоценозов буферных зон дельты Волги, реакция которых на изменения внешних условий имеет триггерный характер и обладает буферностью, внесет вклад в построение общей модели экосистемы дельты реки Волги.

В связи с этим необходимо построение и исследование модели конкретной экосистемы, что даст возможность прогнозирования состояния геосистемы при изменении условий окружающей среды и сохранения природных ресурсов на высокопродуктивном уровне, который может быть использован в течение неопределенно продолжительного времени.

Цель и задачи исследования

Основная цель настоящей работы – выявить особенности динамики фитоценозов буферных зон дельты реки Волги и механизмов их функционирования.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

1. Выявить и исследовать механизм функционирования буферных зон экосистемы дельты Волги, реакция которых на изменение внешних условий имеет триггерный характер;

2. Определить зависимость надземной продуктивности фитоценозов лугов дельты Волги от различных факторов внешней среды;
3. Выявить особенности динамики фитоценозов буферных зон дельты реки Волги, т.е. оценить наличие или отсутствие сукцессии в растительности;
4. Составить прогноз динамики фитоценозов с предложением мер по охране и рациональному использованию растительных сообществ дельты реки Волги;
5. Необходимо определить индикационные виды растений буферных зон;

Научная новизна

Впервые для буферных зон дельты реки Волги сформулирован механизм взаимодействия зонального и аazonального факторов через триггерную систему.

Определены буферные зоны дельты Волги, фитоценозы которых обладают наибольшим видовым разнообразием.

Выявлены триггерные растительные сообщества дельты Волги.

Предложены меры по охране естественных фитоценозов дельты Волги.

Теоретическая и практическая значимость. Материалы диссертации могут быть положены:

В систему общих закономерностей и тенденций развития дельты Волги, т.е. внесут вклад в построение общей модели экосистемы дельты реки Волги;

Флористические списки исследуемой территории станут отправной точкой для разработки критериев построения экологических коридоров экологической сети;

Обосновать оптимальные режимы использования растительности и разработать на этой основе научную систему охраны растительного покрова; например, краткосрочные национальные и местные программы по охране водно-болотных угодий дельты реки Волги;

Материалы исследования используются при чтении курсов ботаники, экологии, естествознания в Астраханском государственном педагогическом университете;

Апробация работы.

Материалы исследования докладывались на ежегодных научных конференциях преподавателей Астраханского государственного педагогического университета (Астрахань, 1996; 1997; 1998, 1999); на региональной конференции "Экологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия" (Астрахань, 1996); на всероссийском совещании заведующих кафедрами ботаники университетов и педагогических университетов (Барнаул, 1997); на всероссийской научной конференции "Астраханский край: история и современность (к 280-ю образования Астраханской губернии)" (Астрахань, 1997); на российской научной конференции "Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия" (Астрахань, 1998); 2 Всероссийской научной конференция "Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия" (Астрахань, 1999);

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, практических рекомендаций, списка цитируемой литературы и 11 приложений. Список литературы включает 134 наименований. Общий объем работы 179 страниц машинописного текста, из них 125 основного текста. Работа иллюстрирована 11 рисунками и 7 таблицами.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 работ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Эдафо-климатические условия

По данным литературы рассматриваются географическое положение, геология (Рачковская, 1961; Николаев, 1962), геоморфология (Белевич, 1963; Красножон и др.; 1979; Аристархова, 1980), гидрография и гидрология (Тарасов, Бесчетнова, 1987; Грин, 1971; Мусатов, Катунин, 1977), климат (Ишерская, 1953), почвы (Летунов, 1942; Владычевский, 1953; Большев, 1962; Попов и др., 1963; Егоров и др., 1962; Животов, 1997).

Глава 2. Объекты и методика исследований

Объектами исследований являются флора и растительность дельты реки Волги, так как растения – естественные индикаторы состояния окружающей среды. Изучение динамики фитоценозов проводилось прямыми (многократные наблюдения за ходом смен на фиксированных участках и геоботанические описания) и косвенными методами (изучение почвенных образцов на стационарных участках). Для обобщения полученных результатов использовался перспективный путь исследования - математическое моделирование.

С целью репрезентативной оценки изменений состава и динамики растительности велись наблюдения на трёх стационарных участках, расположенных в средней части дельты Волги, представляющие растительные сообщества буферных зон дельты.

Первый участок расположен в 4-х км к востоку от села Яблонька, Приволжского района Астраханской области на равнинной низкой поверхности с высотой над меженью 1,2 м и представлен асс. *Sagittaria-Sparganietum* (Golub, 1986). Второй стационарный участок находится в 2-х км северо-восточнее с. Мешково Володарского района Астраханской области. Расположен на южном склоне бэровского бугра с высотой над меженью 2,5 м и представлен сообществом *Lepidio-Cynodontetum* (Golub, 1986). Третий стационарный участок заложен в 4-х км к северу-востоку от с. Ямное Володарского района Астраханской области на шлейфе бэровского бугра с высотой над меженью 2,6 м, представлен асс. *Suaedo-Petrosimoniatum* (Golub, 1995).

Использовались следующие методы:

1. Определение длительности затопления и глубины воды на участках во время весенне-летних искусственно регулируемых половодий - проводилось с использованием данных водомерного поста с. Б.Могой гидрометеослужбы, к которому были привязаны участки.

2. Определение величины надземной массы и видового состава травостоя – ежегодное скашивание надземной массы в период максимального развития травостоя на площадках 50x50 см в 6-10 кратной повторности;

3. Определение ионного состава водной вытяжки образцов почвы – в 4-6 кратной повторности в соответствии с общепринятыми методиками (ОСТ 46-52-76) с расчетом "суммарного эффекта токсичных ионов" в эквивалентах хлора (Базилевич, Панкова, 1968) производилось в гидрогеологомелиоративной партии г. Астрахани;

4. Фенологические наблюдения в течение 4 лет;

5. Для изучения связей между продуктивностью фитоценозов от различных внешних факторов: объем годового стока (GS), объем половодий (POL), длительность затопления дельты (ZAT), засоления (NaCl , NaSO_4), ионов (HCO_3^- , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-}) и токсичность почв (TOX), максимальный уровень подъема воды (MAX), дата начала затопления использовался корреляционный анализ.

6. Для выявления зависимости между многомерными переменными и построения модели, а также оценки ее адекватности использовалась множественная регрессия. Аналитическим выражением многофакторных связей являются уравнения множественной регрессии.

7. Для построения сложной иерархической классификации данных и выделения в них кластеров использовался кластерный анализ.

8. Латинские названия растений приведены в соответствии со сводкой С.К. Черепанова (1996).

Глава 3. Особенности проявления зональности в дельте реки Волги

Географическая зональность - один из общих законов развития Земли, требует более конкретного анализа как в отношении интегрированного проявления на уровне глобальных закономерностей, так и применительно к отдельным компонентам географической среды.

Один из традиционных методических приёмов организации биологических и географических объектов является анализ соотношений ядра (центра) и периферии. Хорошо известна экологическая триада, которая включает некоторый оптимум (центр) значений фактора для существования вида, популяции, сообщества и два крайних пессимума (min и max значения фактора), характеризующих критические состояния объекта и пределы его толерантности к данному фактору (Одум, 1975).

Чтобы ответить на вопрос, что является ядром геосистемы дельты реки Волги, бэзовские бугры, с пустынным типом растительности или поёмные местоположения с мезофитной флорой, проводились экспедиционные работы в восточной части дельты реки Волги, где рассматривались растительные сообщества, являющимися устойчивыми индикаторами проявления зональности. Исследования проводились на стационарных участках, расположенных между бэзовскими буграми и поёмными местоположениями, которые названы буферными зонами (Пилипенко, Сальников, 1997). Тесная связь растительного покрова дельты Волги с высотным положением побудила И.А.Цаценкина (1962) разделить луга на низкие, средние, высокие. Буферные зоны – это луга высокого уровня, с относительной отметкой выше 2,5 м над уровнем воды в водотоке. Луга высокого уровня во время весенне-летних половодий затопляются 1-2 раза в десятилетие на короткий срок (до двух недель).

Длительные наблюдения на стационарных участках и анализ полученных результатов говорят об объекте нашего исследования как о системе, состоящую из двух подсистем (бэзовские бугры и поёмные местоположения) которые между собой равнозначны и в целом представляют систему в виде триггера, обладающего гистерезисными свойствами.

Триггер представляет собой систему двух альтернативных конкурирующих подсистем находящихся в состоянии неустойчивого равновесия. Переход из одного в другое совершается только при участии внешних сил. Поскольку здесь все переключения случайны по отношению к собственной динамике системы, ритмичность в сменах состояний не типична для этого класса триггеров. В роли блока, ответственного за принятие решения о переходе в альтернативное состояние в природе выступают флуктуации одного из постоянных факторов среды: увлажнения, температур, объемов половодья, длительность половодья. Переключение должно произойти в том случае, если величина отклонений окажется достаточной, чтобы переместить систему через потенциальный барьер, за критическую точку в новую область притяжения.

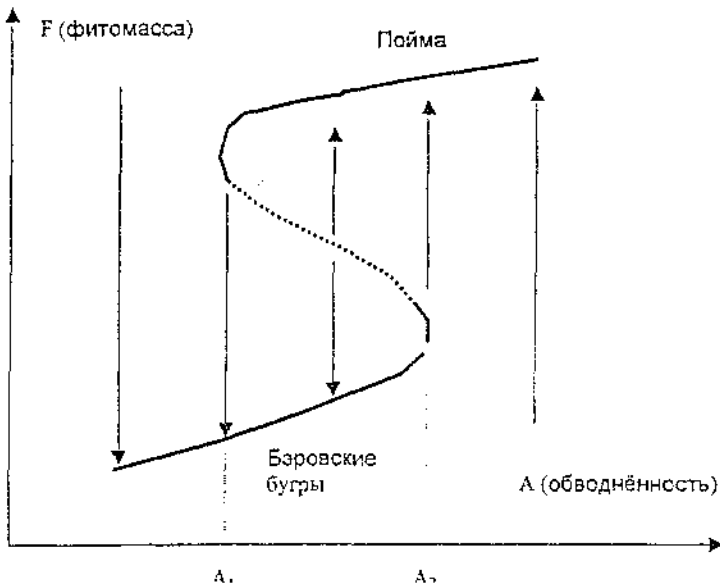
В случае быстрых структурных перестроек реакция триггерной системы на изменение условий имеет буферный характер – её состояние сохраняется почти

без изменений до тех пор, пока внешние воздействия не превысят некоторой пороговой величины.

Поведение триггерной системы можно показать на модели "складки" из теории катастроф Р.Тома (Постон, Стюарт, 1980). На графике (рис.1) горизонтальная ось - значение фактора A , определяющего переход системы из одного состояния в другое, например, обводнённости. Вертикальная ось характеризует состояния системы с помощью показателя F продуктивности. Тогда равновесные состояния системы бугор-пойма изобразятся в форме S-образной кривой. Верхняя горизонтальная часть кривой соответствует ксерофитному состоянию фитоценоза, нижняя - мезофитному. Промежуток A_1A_2 , ограниченный абсциссами перегибов кривой равновесных состояний, отвечает условиям, в которых система стабильна в любом из двух состояний, т.е. представляет собой триггер. Участок кривой между двумя перегибами соответствует состояниям неустойчивого равновесия, границе. По разные стороны от неё система самопроизвольно смещается в сторону ксерофитной или мезофитной растительности.

Характерной особенностью системы может считаться специфическое поведение, обозначаемое понятием "гистерезис". Гистерезис - замкнутая траектория системы в пространстве состояний между двумя устойчивыми состояниями. Движение по траектории в прямом и обратном направлениях проходит разными путями. Если изменять в одну сторону фактор A , т.е. увеличивать количество осадков, то переход системы из ксерофитного состояния в мезофитное, как правило, резкий, произойдет в точке A_2 . Если затем климат становится более аридным, то возврат к ксерофитное состояние будет уже отвечать точке A_1 . Таким образом, гистерезис - это несовпадение прямой и обратной траекторий точки, представляющей систему в пространстве координат. Гистерезисная зона ограничена критическими точками A_1 и A_2 . (Ведюшкин, 1989).

Рис. 1. «Складка» - положение равновесных состояний триггерной системы: A - фактор, F - характеристика системы, $A_1 - A_2$ - зона гистерезиса



При глобальных изменениях климата система будет функционировать за счет ее гистерезисных свойств, т.е. будет временное превалирование одной из подсистем с последующей ее сменой. Это теоретическое предположение подтверждается данными визуального исследования проективного покрытия фитоценозов. Оценка проективного покрытия проводилась на стационарном участке № 2 и выражалась в процентном соотношении ксерофитов и мезофитов. На основе полученных данных была проведена процедура корреляционного анализа. Количественная оценка проективного покрытия ксерофитов и мезофитов за двадцатилетний период соотносилась с данными хода половодья. В результате математического анализа была выявлена положительная корреляционная связь (0,83) между ходом половодья и проективного покрытия мезофитов. При увеличении попусков воды увеличивается процентное соотношение мезофитов в фитоценозе. Также выявлена отрицательная корреляционная связь (-0,78) между ходом половодья и проективного покрытия ксерофитов. При уменьшении попусков воды в половодье наблюдаются процессы ксерофитизации растительного сообщества.

В триггерной границе соседних подсистем гистерезисный характер выражается в том, что структурный элемент одной подсистемы появляется раньше, чем полностью исчезает, либо утрачивает свои структурные основные элементы, предыдущая подсистема (рис. 2). В переходной полосе между двумя подсистемами может существовать полоса (гистерезисная), где устойчивы элементы одной подсистемы, так и другой. Явление гистерезиса и служит причиной того, что природный рубеж имеет чаще всего характер диффузной или пятнистой полосы. Поэтому на склонах баровских бугров можно встретить растительные сообщества с видами как мезофитной, так и пустынной ориентации. Это будет происходить при равномерном давлении как увеличения аридизации, так и повышения водности.

Если один климатический градиент, например водность, будет превалировать значительно, то зональный элемент, как баровские бугры, будут находиться в подчиненном состоянии и наоборот (рис. 2) (Пилипенко, Сальников, 1996).

Чем устойчивее система, тем дольше она сохраняет свое прежнее качество и тем резче переход в новую область притяжения. Во времени это выражается в краткости переходного периода, в пространстве – в узости переходной полосы.

Таким образом, триггерные геосистемы находят свое пространственное выражение как комплекс соседствующих ландшафтных фаций или урочищ, а акт переключения от одного состояния к другому фиксируется в форме географических границ (Арманд, 1989).

Таким образом, впервые выявлено, что буферные зоны средней части дельты Волги представляют собой экосистемы, реакция которых на изменение внешних условий имеет триггерный характер и обладает гистерезисными свойствами.

Исследование механизма функционирования позволяет предсказать последствия, как самих процессов, так и воздействия на них человека.

Глава 4. Флора и растительность буферных зон дельты Волги

Флора буферных зон дельты реки Волги включает 208 видов, принадлежащих 47 семействам. К числу господствующих относятся 6 семейств: Asteraceae, Chenopodiaceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Boraginaceae. Они составляют 62,9 % от общего состава флоры буферных зон.

Видовой состав семейств, видовое богатство родов отражает своеобразие тех местообитаний, которые можно встретить в дельте реки Волги. При перепаде высот от 1,0 до 1,8 м относительно межени, можно встретить растения от

гидрофитной ориентации до ксерофитной, от гликофитной до галофитной. Общую картину осложняют виды переходных группировок (ксеромезофиты, мезоксерофиты и т.д.).

Важное значение имеет анализ флоры с точки зрения географического распространения входящих в нее видов.

В ботанико-географическом спектре флоры буферных зон дельты р. Волги преобладают виды с евроазиатским и ирано-туранским типом ареала. При анализе спектра "географических элементов" во флоре дельты реки Волги обращает на себя внимание средиземноморские и средиземноморско-ирано-туранские виды растений, которые приурочены к буферным зонам и представлены 30 видами (10 % от общего числа видов).

Несмотря на столь малое количество видов во флоре региона, средиземноморские растения определяют физиономику сообществ на склонах баровских бугров и внося определенный вклад в образовании продукции (от 21-40 % от общего веса растений).

В ресурсном отношении растения буферных зон представлены декоративными видами -36, лекарственными - 27, кормовыми - 76, ядовитыми - 11, техническими - 9, пищевыми - 20, медоносными - 41.

Зональные растительные сообщества в дельте реки Волги сформировались в условиях острого дефицита увлажнения на склонах, шлейфах и у подножий баровских бугров. В дельте реки Волги эти местобитания заняты ассоциациями классов: *Glycythizetea glabrae*, *Artemisietea lerchianaе*, *Salicornietea fruticosae* (Golub, 1995).

Большой интерес представляет выявление зависимости продуктивности (PR) фитоценозов от различных внешних факторов: объем годового стока (GS), объем паводков (POL), длительность затопления дельты, засоления (NaCl , NaSO_4), ионов (HCO_3^- , Mg^{++} , Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-}), токсичность почв (TOX), максимальный уровень подъема воды (MAX), даты начала затопления, температура и влажность воздуха.

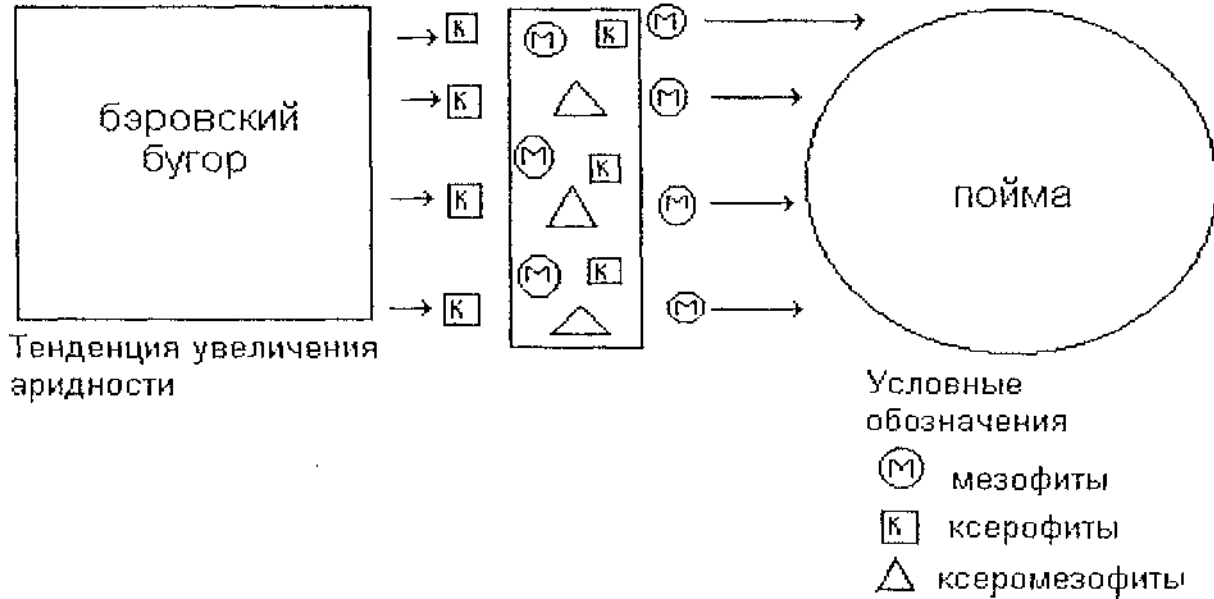
Почвы являются самым информационным компонентом гессистемы, где тесно переплетены все геосистемные связи и потоки, и может служить интегральным индикатором состояния гессистемы.

Сопоставление результатов анализов солей водной вытяжки из образцов почвы говорит о их динамике (табл. 5). На первом участке уменьшилась концентрация как отдельных ионов Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , так и общего содержания водорастворимых солей. Что позволяет говорить о процессах рассоления почвы данного экотопы. На фоне общего снижения засоления с 18,6 (1978 г.) до 9,6 мг/экв (1998 г.), т.е. почти в два раза, наблюдается и значительное снижение токсичности (с 5,9 до 0,9).

Принимая во внимание, что за исследуемый период произошло снижение содержания ионов Cl^- с 5,86 до 0,58, более чем в 10 раз, а содержание ионов SO_4^{2-} незначительно возросло (с 3,1 до 3,7), можно говорить об изменении сульфатно-хлоридного типа засоления на сульфатный.

На втором стационарном участке наблюдаются процессы аналогичные таковым на первом стационарном участке. Но изменение общего содержания солей в сторону снижения незначительное с 3,4 в 1978 г. до 3,0 мг/экв в 1996 г. В 1998 году по сравнению с 1991-92 годами, когда засоление колебалось от 7,69 до 8,18 мг/экв произошло резкое снижение засоления, почти в 2,5 раза. Токсичность в тоже время снизилась с 0,40

Схема взаимодействия зонального и азонального факторов через триггерную систему



(1979 г.) до 0,28 (1996 г.), в 1,5 раза. Снижение токсичности обусловлено значительным снижением содержания Cl^- иона в 2,6 раза. Увеличение ионов SO_4^{2-} в 1,5 раза обуславливает смену хлоридно-сульфатного типа засоления на менее токсичный - сульфатный. Это связано, прежде всего, с общим увеличением обводнённости территории, и возможно с деятельностью Астраханского газоперерабатывающего завода.

На третьем стационарном участке наблюдается увеличение засоления с 70 (в 1979 г.) до 82 мг/экв (в 1998 г.) и токсичности с 12,8 до 15,5. Увеличение токсичности на данном участке связано с высоким содержанием токсичного иона Cl^- с 9,8 до 13,3 мг/экв и незначительным повышением содержания ионов SO_4^{2-} с 25,0 до 27,7. Таким образом, мы можем говорить об увеличении засоления данного экотопа. Смены хлоридно-сульфатного типа засоления не произошло. Принимая во внимание, что затопление данного участка во время весенне-летних половодий за последние 20 лет не происходило, мы можем предполагать, что увеличение общего засоления и токсичности почвы произошло за счет действия «выпотного режима» во время которого по почвенным капиллярам почвенный раствор, интенсивно испаряясь, оставляет в почвенном горизонте содержащиеся в нём водорастворимые соли.

Изучение многолетней динамики растительных сообществ показало, что существуют несколько факторов, которые определяют изменение продуктивности, но напрямую влияния этих факторов на снижение или увеличения продуктивности не обнаруживается.

При анализе многолетней динамики продуктивности асс. *Sagittario-Sparganietum* первого стационарного участка (рис. 3) выявляется слабая корреляционная связь (0,53) между околородными и луговыми растениями. То есть, они существуют независимо друг от друга и не вступают в конкурентные отношения между собой.

Это свидетельствует о том, что на продуктивность сообщества оказывают влияние различные сочетания факторов внешней среды. При одних условиях среды преобладает один тип растительности, при других – другой тип. Такая картина характерна для пограничных сообществ, то есть триггерных.

В настоящее время изменения в долгопойменных фитоценозах дельты р Волги приводит к формированию высокопродуктивных монодоминантных растительных сообществ с доминированием болотных видов *Typha angustifolia* и *Phragmites australis*. Существует возможность описать многолетнее изменение продуктивности функцией (рис 4).

Таким образом, на первом стационарном участке произошли структурные изменения следующих типов:

- выпадение из данной ассоциации луговых популяций;
- наблюдаются существенные изменения распределения наземной биомассы доминирующих видов в связи со сменой их роли в сообществе;

Все эти изменения носят флуктуационный характер, которые вызваны разногодичной ритмикой климатических и гидрологических показателей.

Динамика продуктивности околосодных и луговых сообществ на стационарном участке №1
асс. Sagittario-Sparganietum

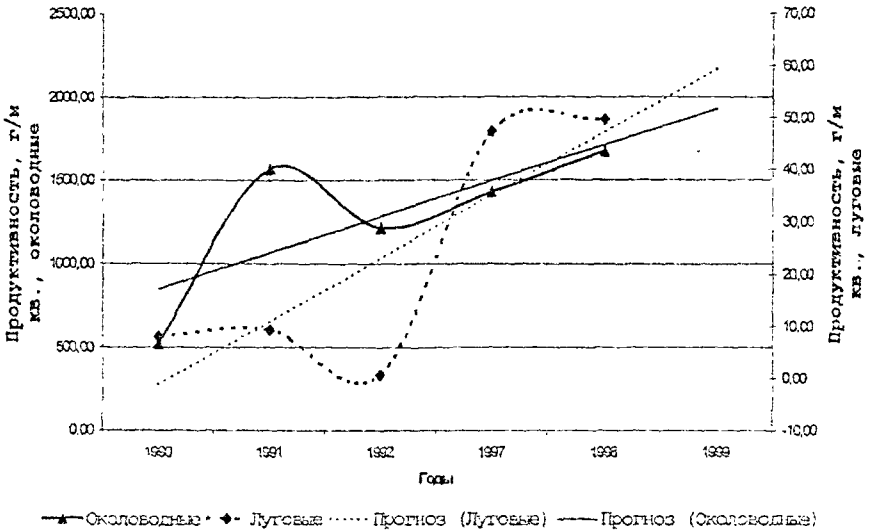
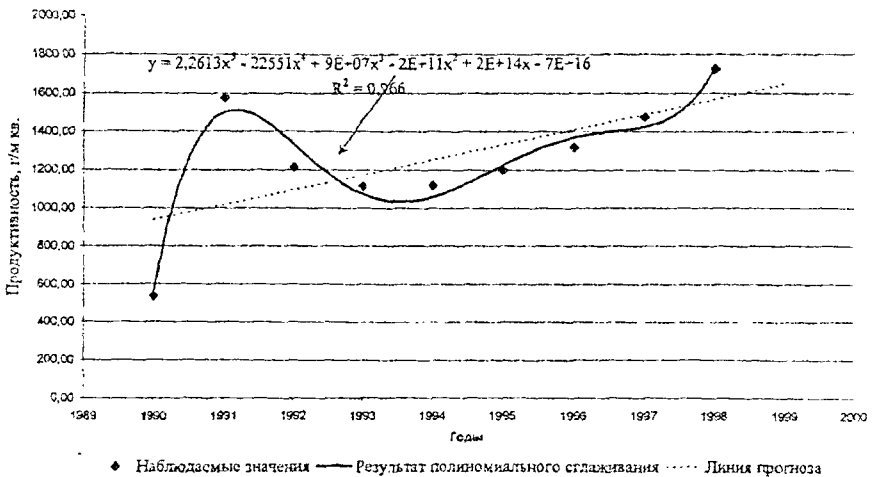


Рис. 4

Изменение общей продуктивности на стационарном участке №1
асс. Sagittario - Sparganietum



Второй стационарный участок находится на склоне бэровского бугра с высотой над меженью 2,5 м и представлен сообществом *Lepidio-Cynodontetum*. Здесь также наблюдается увеличение продуктивности (в 2 раза, по сравнению с 1979 г.) и увеличение разнообразия видового состава до 29 видов (в 1991 году отмечено 19 видов).

Третий стационарный участок расположен на шлейфе бэровского бугра с высотой над меженью 2,6 м, представлен асс. *Suaedo-Petrosimonietum*. На участке наблюдается уменьшение видового состава.

Учитывая то, что стационарные участки по отношению к урезу воды расположены не одинаково, определялись особенности взаимословленности различных показателей на каждом из них, для чего был проведен корреляционный анализ. Наибольшее влияние на продуктивность участка № 1 (асс. *Sagittario-Sparganietum*) оказывает максимальный уровень подъема воды (MAX) и содержание Na^+ в водном растворе; на участке № 2 (асс. *Lepidio-Cynodontetum*) – HCO_3^- (возможно HCO_3^- не оказывает влияния, а индицирует повышение продуктивности) и на участке № 3 (асс. *Suaedo-Petrosimonietum*) - SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Na^+ .

Таким образом, показатели, влияющие на продуктивность каждого из трех участков различны, но все они обусловлены непосредственно или опосредовано гидрологическими показателями.

При анализе корреляционных матриц связь между факторами оказалась в общем слабой. Более или менее целесообразным было бы искать лишь параметры уравнения, выражающего зависимость продуктивности от различных факторов.

Анализ множественных коэффициентов корреляции на стационарном участке № 1 выявил силу совокупной взаимосвязи трех признаков, когда измеряется совместное взаимодействие двух признаков с третьим. Выявлено совместное влияние на продуктивность половодья и максимального подъема воды ($R = 0,55$) и длительности затопления и максимального подъема воды ($R = 0,52$) на первом стационарном участке.

Для выявления формы связи продуктивности с другими показателями был проведен регрессионный анализ.

Уравнение множественной регрессии для асс. *Sagittario-Sparganietum* имеет вид:

$$PR = 68,98 + 141,84 \cdot \text{Na} - 106,61 \cdot \text{TOX}$$

Уравнение множественной регрессии для асс. *Lepidio-Cynodontetum* имеет вид:

$$PR = -48,86 + 63,34 \cdot \text{HCO}_3 + 0,35 \cdot \text{GS} + 26,29 \cdot \text{Na} - 19,38 \cdot \text{TOX} - 13,45 \cdot \text{Ca} + 12,21 \cdot \text{Mg} - 0,18 \cdot \text{POL}$$

Уравнение множественной регрессии для асс. *Suaedo-Petrosimonietum* имеет вид:

$$PR = 80,90 - 8,28 \cdot \text{Na} + 3,85 \cdot \text{SO}_4 - 61,57 \cdot \text{HCO}_3$$

На основании построенных регрессий (рис. № 5) с большой долей вероятности мы можем утверждать, что зависимость от удаленности от уреза воды может оказывать влияние на выраженность триггерных характеристик трех исследуемых сообществ.

Для уточнения этого предположения нами была использована процедура полиномиального сглаживания, которая отражена на рис. 5. Как видно из рисунка, наблюдаемые показатели продуктивности на участке № 2 располагаются в непосредственной близости от полиномиально сглаженной кривой продуктивности. При этом, коэффициенты аргументов малы, а показатель детерминации значителен (87 %), в то время как на участках № 1 и № 3 наблюдается большой разброс

эмпирических значений относительно функционально сглаженной кривой продуктивности.

Таким образом, участок № 2 является типичным триггерным сообществом, где наиболее полно выражены свойства систем подобного рода. В основе формирования триггерных фитоценозов лежат синергетические эффекты внешних факторов и геоморфологическая характеристика ядер геосистемы.

Для наглядной демонстрации влияния гидрологических показателей на формирование свойств триггерных систем осуществлен кластерный анализ. Решающими показателями формирования значений продуктивности являются гидрологические показатели. На стационарном участке № 1 – годовой сток и максимальный уровень воды, на участке № 2 – годовой сток, на участке № 3 – годовой сток (рис. 6).

Глава 5. Экологическое прогнозирование динамики фитоценозов буферных зон

Прогнозирование экологическое – предсказание возможного поведения систем, определяемого естественными процессами и воздействием на них человечества. (Реймерс, 1990, с. 409). Инструментом экологического прогнозирования является экологический

предиктор – модель, служащая для формирования экологического прогноза.

Для построения модели функционирования фитоценозов буферных зон дельты Волги использовалась функциональная парадигма. Теоретическое и математическое обеспечение говорит о том,

что буферные зоны дельты Волги представляет собой триггерную систему, обладающей гистерезисными свойствами. Одним из свойств экосистемы является ее инвариантность (Хмельёв, 1999). Именно триггерный механизм обуславливает инвариантность буферных зон дельты Волги. Флуктуационные процессы происходят в пределах инвариантной системы подобно маятнику, т.е. система использует свои возможности к саморегуляции.

Первые проявления разрушения устойчивости экосистемы будут обнаружены в буферных зонах, поскольку они за счёт пространственных взаимосвязей и синергетических эффектов будут источниками распространения неустойчивости. Здесь же наблюдается пространственно-временная вариабельность всех свойств экосистемы, с наличием эндемичных форм (например, дрёма астраханская), повышенным генетическим разнообразием, с резкими флуктуациями численности и волнами расселения.

Некоторая неопределенность будущего состояния подавляющего числа экосистем не может быть полностью снята силой современной науки. Существуют несколько причин неустранимости этой неопределенности:

- значительные ошибки и малочисленность измерений различных экологических параметров (длина экологических временных рядов редко превышает 20-30 наблюдений);

- неопределенность имеет место из-за наличия “лакун Свиричева” (Свиричев, 1981), обусловленных неполнотой наших знаний о функционировании экосистем. В настоящее время, по-видимому, наиболее существенными являются лакуны в информационной структуре сообществ;

- неопределенность будущего состояния может быть обусловлена внутренним свойством экосистем и связана с независимостью их динамики от начального состояния;

- один из основных итогов математизации экологии состоит в сознании принципиальной непредсказуемости состояния многих экосистем. Используя три основные характеристики прогноза, итог можно сформулировать острее: при задании двух любых характеристик существует такое значение третьей, достижение которого невозможно в принципе;

На основе полученных уравнений регрессий и полиномиально сглаженных ривых можно построить линию тренда (линию тенденции), которая позволит прогнозировать значение исследуемого показателя на несколько лет вперед (2-3 года при неизменном наборе показателей условий среды).

Для долгопойменного участка (участок № 1) уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 0,0038 x^5 - 0,2103 x^4 + 4,213 x^3 - 37,088 x^2 + 138,11 x - 60,919$$

Коэффициент детерминации равен 0,6309

Для участка № 2:

$$y = -4E-05 x^5 + 0,0013 x^4 + 0,0025 x^3 - 0,0282 x^2 - 3,2682 x + 68,722$$

Коэффициент детерминации равен 0,8707

Для участка № 3:

Уравнение регрессии не достоверно, т.к. коэффициент детерминации равен 0,1813

На основании динамики продуктивности фитоценозов и математической обработки полученных данных можно прогнозировать:

1. повышенную гомеостатическую устойчивость ландшафтов дельты Волги, что приведёт к резким и контрастным ландшафтным границам.
2. увеличение водного стока с одной стороны, и увеличение аридизации с другой (Будыко, 1991), приведёт к более чёткой дифференциации зональных группировок с уменьшением средиземноморского типа растительности (*Elytrogia repens*, *Glycyrrhiza glabra*, *Polygonum pulchellum*, *Camphorosma monspeliaca*, *Bassia hyssopifolia*, *B. sedoides*).
3. увеличение продуктивности фитоценозов и их сегрегации.
4. значительное сокращение видового состава, что приведёт к смене синтаксономического состояния фитоценозов дельты Волги.

Излагаемые в настоящей работе прогнозы можно отнести к вербальной и функциональной парадигмам. По масштабности – сублокальные (1-3 переменные), по сложности обработки информации – сложные системы, по информационной обеспеченности – ближе к системам "чёрного ящика", по детерминированности – мешанные.

Естественно, данные прогнозы – размытые, поисковые, положительные, апостериорные.

Глава 6. Охрана растительных сообществ буферных зон дельты Волги. Редкие виды буферных зон.

Значимость долгопойменных растительных сообществ дельты Волги широко известна. Более половины территории дельты являются официальным Рамсарским угодьем (800000 га). Эти водно-болотные угодья одни из самых сохранившихся в Европе. В 1975 г. в иранском городе Рамсаре была принята специальная международная конвенция по охране особо ценных водно-болотных угодий Земли. Гринадцать районов Земли, в том числе и дельта Волги, объявлены угодьями международного значения, играющие важную роль в круговороте воды и биогенных элементов, формирующих глобальный климат, поддерживающих видовое разнообразие Земли.

Водно-болотные угодья дельты Волги являются объектом стратегии природоохранных мероприятий. За последние десятилетия вследствие высоких антропогенных нагрузок в дельте Волги сложилась кризисная экологическая ситуация (Чуйков, 1996). В настоящий момент приходит осознание влияния последних десятилетий неразумного экономического развития всего бассейна на окружающую среду. Для охраны этого национального наследия необходима выработка стратегий и действий, уделяющих достойное внимание охране окружающей среде.

В результате исследований установлено, что на территории буферных зон произрастает 23 вида растений нуждающихся в охране и дальнейшем изучении. К категории редких и исчезающих относятся 17 видов, из которых 4 вида включены в Красную книгу РСФСР.

Сокращение численности видов растений может быть связано с естественными изменениями среды, однако в ряде случаев основная причина заключена в действии антропогенных факторов. Поэтому к охраняемым видам необходимо отнести *Sphaeranthus volgensis* Tzvel. – шароцветник волжский.

Сохранение флоры и растительности дельты Волги имеет общее научно-историческое значение. В дельте имеются типичные сообщества, которые могут служить эталонами коренной естественной растительности пойм рек пустынной зоны (например, асс. *Sagittaria-Sparganietum*). Наиболее важной с точки зрения разумного землепользования является информация о функциональном состоянии экосистемы. Такая информация может быть получена с использованием широкого набора индикаторов (Pearce, Freeman, 1992). Некоторые модельные виды могли бы служить для индикации состояния и пороговых нарушений природного сообщества. Требования к индикатору – зависимость процессов, определяющих видимые изменения индикатора, от процессов, протекающих в системе в целом, и возможность более легкого обнаружения этих изменений в индикаторе по сравнению с прямыми исследованиями системы.

Таким образом, можно предполагать, что удачный выбор видов-индикаторов позволит установить пороговые уровни нарушения системы, то есть те пределы отклонений, в которых сохраняется качество среды необходимое для функционирования системы как целостной самостоятельной единицы. При этом сохранение популяций видов, связанных с местообитаниями, характерными для зрелых сообществ, будет свидетельствовать о сохранении достаточной площади и разнообразия экосистемы в целом (Щипанов, 1998).

В буферных зонах таким видами-индикаторами могут выступать *Glycyrrhiza glabra*, *Elytrigia repens*, так как данные виды отвечают требованиям, которым должны удовлетворять вид-индикатор. Во-первых, данные виды зависят от большого числа характеристик сообщества. Это не значит, что эти виды обязательно должны быть жестко связаны с разнообразными участками сообщества топическими и трофическими связями. Достаточно, если для выживания популяции данных видов значим какой-либо фактор (например, увлажнение или засоление) возникающий в результате интегрированной деятельности системы.

Продуктивность растительных сообществ на различных участках поймы

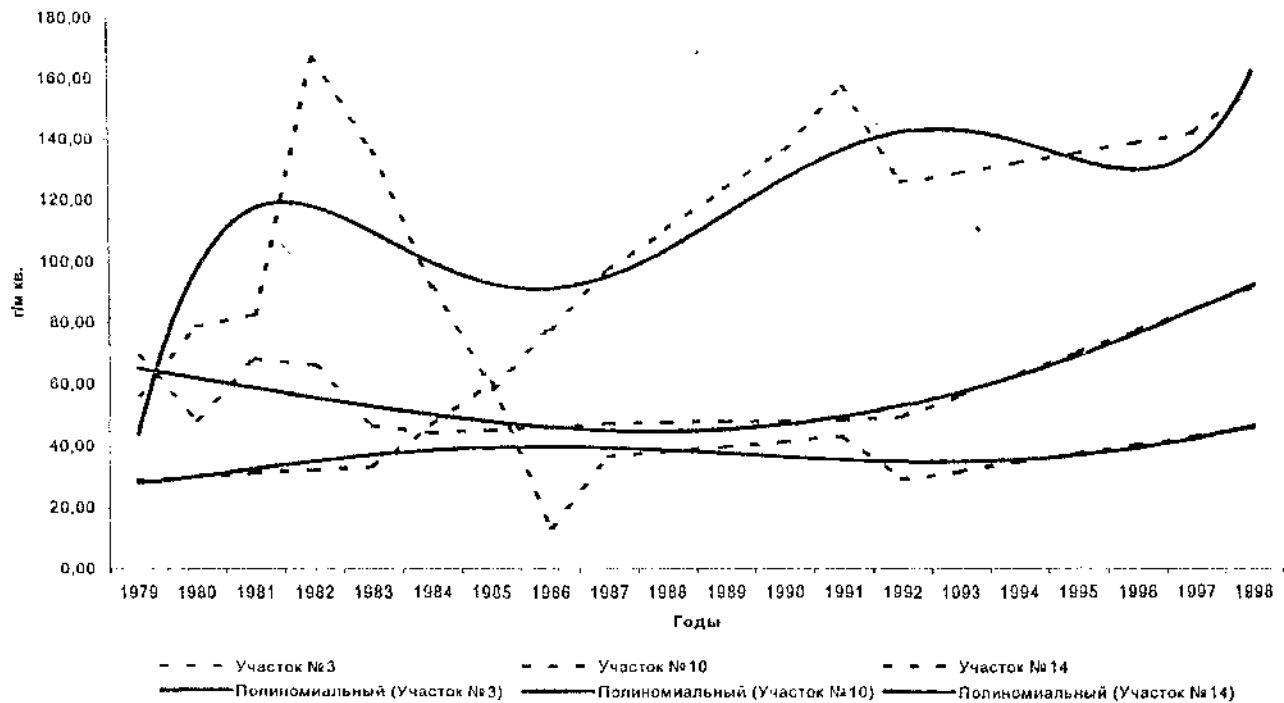


Диаграмма «дерева» для переменных связи (участок 1).

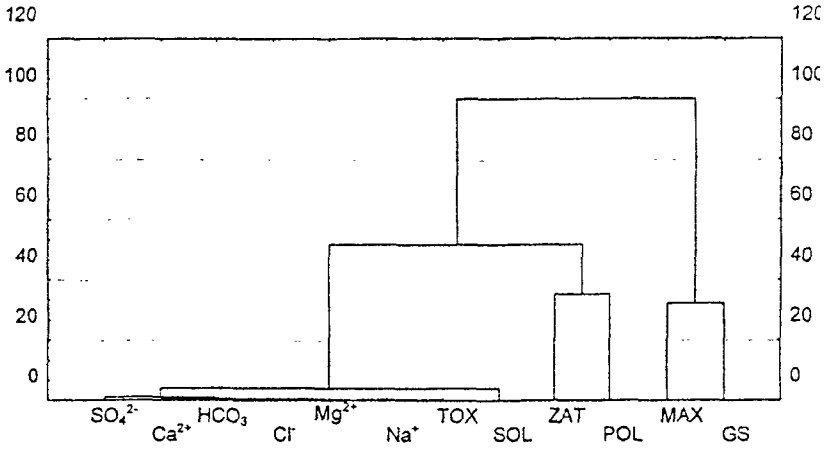


Диаграмма «дерева» для переменных связи (участок 3).

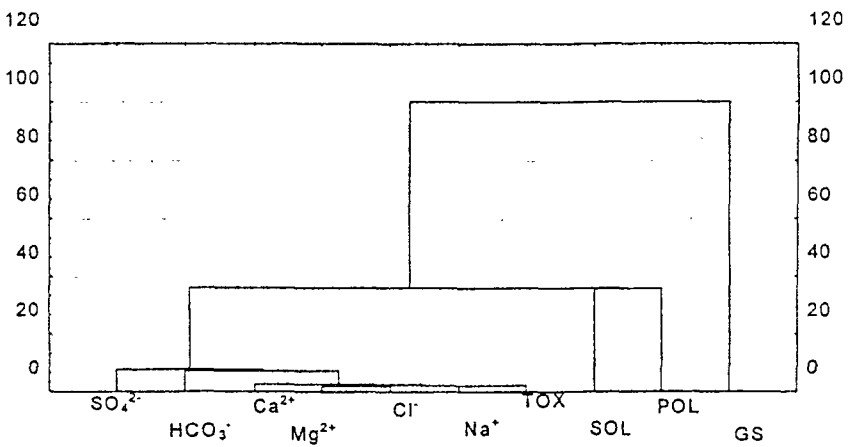
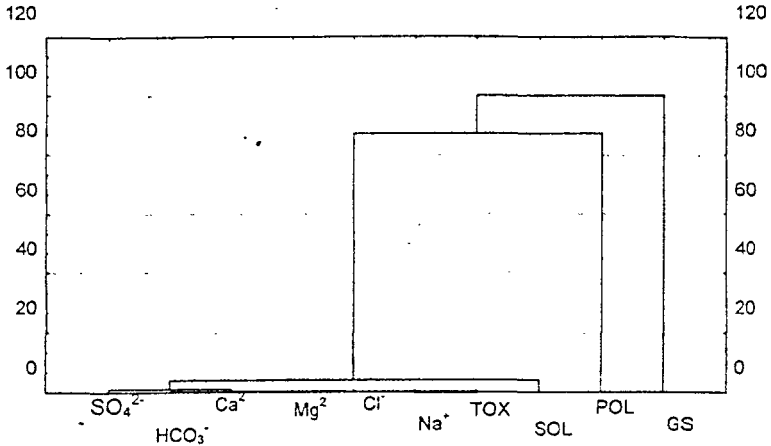


Диаграмма «дерева» для переменных связи (участок 2).



Во вторых, выявленные виды-индикаторы легко доступны для наблюдений и достаточно многочисленны, что позволит получать массивы данных, характеризующие состояние их популяций.

Таким образом, *Glycythiza glabra* и *Elytrigia repens* могут выполнять «контролирующую» функцию.

В связи с актуальными вопросами рационального научно-обоснованного природопользования, которые приобретают характер практической значимости необходимо внести предложения по охране и рациональному использованию одно-болотных угодий:

Существенную роль в снижении негативного воздействия неблагоприятных факторов на состояние окружающей среды призваны сыграть особо охраняемые природные территории (Чуйков, 1996). Многолетние мониторинговые исследования на стационарных участках, анализ видового состава флоры и список редких видов позволяет расширить границы охраняемой территории и придать статус государственного заказника.

Государственными природными заказниками являются территории (кватории), имеющие особое значение для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса приказ № 20 от 16.01.96 г. «Об утверждении Примерных положений о государственных заказниках и памятниках природы). Территория, предполагаемая под заказник, соответствует всем основным положениям статуса заказника, а именно наличием:

- участков живописной местности
- эталонных участков нетронутой природы (участок № 2 и № 3)
- мест произрастания и обитания ценных (солодка голая, пырей ползучий), реликтовых (сальвиния плавающая), малочисленных (лютик языколистный,

4. ворсянка Гмелина), редких и исчезающих (марсилия египетская, шароцветник волжский, луки, тюльпаны) видов
5. уникальных форм рельефа – бэровские бугры (Большой Барфон, Долгий)
6. участков рек и водно-болотных комплексов (Лебяжинка, Ильмень Долгий с системой рыбопропускных каналов и ериков)
7. имеет минимальный набор местообитания и занимать достаточную площадь, для того, чтобы сохранить те особенности, ради которых она сохраняется.

Государственный природный заказник имеет региональное значение. Комплексный (ландшафтный) профиль заказника предполагает сохранение и восстановление природных комплексов, численности редких (исчезающих) видов растений, а также водных объектов и экологических систем.

Таким образом, территория обладает всеми признаками и характеристиками государственного природного заказника и может быть предложена в качестве территории, нуждающиеся в строгой охране.

Предложения по охране и рациональному использованию водно-болотных угодий:

Связать гидрологическое планирование с экологической обстановкой в дельте Волги;

Сдвинуть северную границу Рамсарского угодья, чтобы она включала водно-болотные угодья средней части дельты Волги

Использовать буферные зоны исследуемой территории для разработки критериев построения экологических коридоров и ядер экологической сети дельты Волги;

Расширение сети мониторинговых площадок в средней части дельты Волги;

Провести уточнение границ мест обитания редких и исчезающих растений;

Создание заповедной эталонной зоны (природного заказника), в восточной части дельты Волги, в которую вошли бы основные геоморфологические структуры дельты Волги (бэровские бугры и поёмные понижения) (например, район урочища Большой Барфон);

ВЫВОДЫ

1. Выявлен механизм формирования фитоценозов буферных зон дельты Волги, реакция которых на изменение внешних условий имеет триггерный характер и обладает гистерезисными свойствами. В основе формирования триггерных фитоценозов лежат синергетические эффекты внешних факторов и геоморфологическая характеристика ядер геосистемы.

Предпринята попытка объяснения текущих экологических процессов в буферных зонах, что позволит предсказать последствия, как самих процессов, так и воздействия на них человека. Познание механизма актуально для практики рационального природопользования и охраны природных ресурсов, а также внесёт вклад в общую систему представлений о функционирование экосистемы дельты Волги.

2. Выявлены триггерные растительные сообщества дельты Волги. Определены виды растений, которые могут быть использованы как индикационные. Флористический список видов буферных зон может быть положен в разработку критериев построения ядер и коридоров экологической сети.

3. В буферных зонах дельты Волги на лугах низкого уровня к настоящему времени тип засоления сменился с сульфатно-хлоридного на менее токсичный - сульфатный. Это связано с увеличившимся водным стоком, за 1979-1998 г.г.,

который в дельте Волги привёл к вымыванию солей из почв лугов низкого уровня. Из почвенного раствора были вымыты токсичные для растений ионы Na^+ и Cl^- . На незасолённых лугах высокого уровня произошла смена хлоридно-сульфатного типа засоления на сульфатный. На засолённых лугах

высокого уровня смена хлоридно-сульфатного типа засоления не произошло.

4. Впервые прямого влияния отдельных факторов внешней среды на продуктивность растительных сообществ лугов среднего уровня не обнаружено. На изменение продуктивности оказывают влияние пространственные взаимодействия и синергетические эффекты внешних факторов. Выявлено влияние длительности затопления на продуктивность фитоценозов долгопойменных лугов, хотя непосредственного влияния на продуктивность, годового стока и половодья не обнаружено. На лугах высокого уровня выявлена обратная корреляционная связь между продуктивностью и анионом SO_4^{2-} , катионами Mg^{2+} , Na^+ . Результаты кластерного анализа показывают, что основной вклад в изменение продуктивности фитоценозов дельты Волги вносят гидрологические показатели.

5. Наблюдаются депрессионно-демутационные флуктуации, и их результат пока не меняет синтаксономического положения рассматриваемых сообществ. Аллогенные сукцессии в результате изменения водного режима дельты выражены в незначительной степени. В настоящее время долгопойменные растительные сообщества могут рассматриваться как климаксовые. Наблюдается тенденция возникновения циклической сукцессии и сегрегации на долгопойменных местообитаниях. Поэтому стационарные участки, на которых проводились наблюдения, рекомендовано принимать как эталонные. Только в сравнении с состоянием эталонных растительных сообществ изменение качественных и количественных параметров экосистемы могут быть объективно интерпретированы.

6. На основании многолетней динамики околоводных и луговых растений впервые установлено, что между ними нет конкуренции, а существуют они независимо друг от друга. Ранее предполагалось, что между болотными и луговыми растениями существует конкуренция

7. Установлены с помощью регрессионного анализа показатели (засоления и обводнённости), используя которые можно достоверно выразить значение продуктивности. Полученные данные позволяют на основании математически выведенных полиномиально сглаженных кривых, уравнений регрессии и линий тренда, прогнозировать значение продуктивности на несколько лет вперёд;

8. В связи с актуальностью вопросов рационального научно-обоснованного природопользования, которые приобретают характер практической значимости, необходимо создать на территории восточной части дельты государственный природный заказник, ограниченным протоком Лебяжинка, Чурка, Прорва и ильменём Долгий, с включением специфических урочищ бэровских бугров (Крутой, Большой Барфон, Змеиный).

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Пилипенко В.Н., Быстрова И.В., Сальников А.Л. Особенности формирования пустынного типа растительности в дельте реки Волги // Тез. докл. итог. науч. конф. АГПИ им. С.М. Кирова. /Ботаника. Генетика, селекция и микробиология. Физиология растений и сельскохозяйственное производство. - Астрахань, 1996. - С.17.

2. Пилипенко В.Н., Сальников А.Л. Растительность буферных зон дельты реки Волги // Тез. докл. итог. науч. конф. АГПУ /Ботаника. Генетика, селекция и микробиология. Зоология. Физиология растений и сельскохозяйственное производство. - Астрахань, 1997. - С.18.
3. Пилипенко В.Н., Сальников А.Л. Состояние растительности и её динамики в буферных зонах дельты реки Волги // Астраханский край: история и современность (к 280-летию образования Астраханской губернии): Материалы Всероссийской науч.- практ. конф. 26-27 ноября 1997. - Астрахань: Изд. Астраханского гос. пед. ун-та, 1997. - 19.
4. Пилипенко В.Н., Сальников А.Л. Динамика растительности буферных зон дельты реки Волги. // Материалы к всероссийскому совещанию заведующих кафедрами ботаники университетов и педагогических университетов: Краткие сообщения. - Барнаул: Изд-во АГУ, 1997. С.50
5. Пилипенко В.Н., Сальников А.Л. Долгопойменные фитоценозы буферных зон в сукцессионной динамике растительного покрова дельты реки Волги //Тез. докл. итог. науч. конф. АГПУ/ Ботаника. - Астрахань: Изд-во Астраханского гос. пед. ун-та, 1998. - С. 30
6. Пилипенко В.Н., Сальников А.Л. Динамика состава и продуктивности фитоценозов лугов высокого уровня дельты реки Волги // Тез. докл. российской научной конференции "Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия" 19-20 октября 1998. – Астрахань: Изд. Астраханского гос. пед. ун-та, 1998. С.35.
7. Сальников А.Л., Пилипенко В.Н. Современное состояние и динамика фитоценозов буферных зон дельты р. Волги // Тез. докл. российской научной конференции "Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия" 20-22 октября 1999. – Астрахань: Изд. Астраханского гос. пед. ун-та, 1999. – С. 132-134.
8. V. Pilipenko, A. Salnikov. Succession dynamics of composition and efficiency of phytocenoses of buffer zones of the delta Volga // Ecological congress, Hutchinson, Kansas, USA. Volume 3, Number 2. - 1999. p. 17